

SOUS LE HAUT-PATRONAGE DE SA MAJESTÉ LE ROI MOHAMED VI



Actes du 2ème **Congrès** **International de** **l'Arganier**

Agadir, 9 - 11 Décembre 2013



La recherche scientifique :
Un atout pour le développement durable de l'Arganeraie

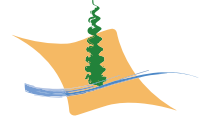
SOUS LE HAUT-PATRONAGE DE SA MAJESTÉ LE ROI MOHAMED VI



وزارة الفلاحة والصيد البحري
Ministère de l'Agriculture
et de la Pêche Maritime



المملكة المغربية
Royaume du Maroc



المندوبية السامية للمياه والغابات ومحاربة التصحر
Haut Commissariat aux Eaux et Forêts
et à la lutte contre la Désertification

Actes du 2ème Congrès International de l'Arganier

Agadir, 9 -11 décembre 2013



المعهد الوطني للبحث الزراعي
Institut National de la Recherche Agronomique



الوكالة الوطنية لتنمية مناطق الواحات وشجر الأركان
ANDZOA
Agence Nationale pour le Développement
des Zones Oasiennes et de l'Arganier

SOMMAIRE

7	Préface
9	Synthèses des communications orales
10	Structure et fonctionnement de l'écosystème arganeraie <i>Ecologie de l'écosystème arganeraie</i> <i>Gestion de de l'écosystème et système d'informations géographiques</i> <i>Sol et organismes associés</i>
13	Agroforesterie, Phytotechnie et biotechnologie <i>Génétique de l'arganier</i> <i>Agroforesterie, physiologie de l'arganier et usage fourrager</i>
17	Valorisation, Economie et commercialisation des produits de l'arganeraie <i>Innovations technologiques des produits de l'arganier</i> <i>Santé et huile d'argan</i> <i>Qualité de l'huile d'argan</i> <i>Economie de la filière</i> <i>Organisation de la filière et ses usagers</i>
23	Changements sociaux et aspects juridiques
25	Recommandations
27	Axe 1 : Structure et fonctionnement de l'écosystème arganeraie <i>Communications orales & Communications affichées</i>
123	Axe 2 : Agroforesterie, Phytotechnie et biotechnologie <i>Communications orales & Communications affichées</i>
219	Axe 3 : Valorisation, Economie et commercialisation des produits de l'arganeraie <i>Communications orales & Communications affichées</i>
383	Axe 4 : Changements sociaux et aspects juridiques <i>Communications orales & Communications affichées</i>
400	Comité d'organisation
401	Comité scientifique

PREFACE

L'Arganeraie est un écosystème naturel endémique du Sud atlantique marocain couvrant une superficie de plus de 830.000 ha de domaine forestier avec environ 21 millions d'arganiers. Cet arganier, arbre emblématique et pilier de cet écosystème, est considéré vital par ses particularités d'adaptation indispensables pour le maintien de l'équilibre écologique, la lutte contre la désertification et la sauvegarde de la biodiversité.

Il assure aussi une fonction socio-économique en permettant à une population majoritairement rurale, de plus de 3 millions d'habitants, d'en tirer profit à travers des activités principalement agro-sylvo-pastorales. Par ailleurs, l'huile d'argane, de par la particularité de sa composition chimique, a des vertus sanitaires, alimentaires et cosmétiques reconnues, lui permettant de jouir d'une notoriété commerciale et internationale aux innombrables retombées économiques positives.

C'est la première Réserve de Biosphère du Maroc reconnue par l'UNESCO en 1998 en vue de promouvoir une gestion raisonnée et durable des ressources et satisfaire les besoins des communautés locales. En effet, au regard de ces multiples dimensions, la préservation et le développement de l'arganeraie est une priorité nationale. Cette priorité a été concrétisée par l'Etat sous forme d'un "Contrat Programme Arganier" pour le développement des zones de

l'arganier à l'horizon 2020, signé entre l'Etat et la Fédération Interprofessionnelle Marocaine de l'Argane (FIMARGANE). Ce contrat programme vise en plus de préserver l'arganier, d'augmenter sa productivité, de valoriser ses produits et pour encourager la recherche scientifique.

En effet, la recherche scientifique sur l'arganier et son écosystème, est une composante primordiale dans ce processus de développement. Elle permettra d'étudier et d'éclairer les aspects encore inconnus, d'innover et de développer des options techniques, institutionnelles, politiques et organisationnelles pour une gestion durable de l'écosystème. En vue de capitaliser et de tracer des perspectives en matière de recherche scientifique, le congrès international sur l'arganier est organisé tous les deux ans depuis 2011. C'est un rendez-vous de rencontre et d'échange entre les membres de la communauté scientifique et un lieu de communication et de valorisation des travaux de recherche effectués sur l'arganeraie.

La 2ème édition du Congrès International sur l'Arganier, tenue en décembre 2013 à Agadir, a connu un grand succès par la qualité et le nombre des communications présentées et le nombre de participants nationaux et internationaux. C'est une occasion qui a mis en exergue une grande richesse de la production scientifique sur le sujet ainsi que l'engagement des chercheurs pour innover et traiter les différentes questions

qui se posent. La contribution au débat des professionnels a prouvé que les travaux entamés répondent aux besoins de développement de l'arganier.

En mettant l'accent sur les atouts de l'arganier dans son écosystème naturel, les contributions scientifiques ont aussi traité la grande variabilité qui caractérise cet écosystème et la dégradation observée sous l'effet de différents facteurs naturels et des pressions humaines. Les discussions ont focalisé l'attention sur l'importance de générer des résultats appliqués pour réussir les programmes de réhabilitation et de création de plantations sous forme de vergers (arganiculture). Les participants à ce 2^{ème} congrès ont recommandé de promouvoir une dynamique d'innovation en matière

de valorisation des coproduits, des procédés de transformation et la valeur santé de l'huile d'argane. Ils ont également recommandé de renforcer la recherche en sciences sociales et en économie pour mieux orienter les professionnels et les décideurs.

Le congrès international de l'arganier, associé à d'autres manifestations et appuis scientifiques que le Maroc et ses partenaires mettent en œuvre, constituent des voies prometteuses pour la promotion d'une recherche scientifique de qualité sur l'arganeraie et l'arganier.

Enfin, nous tenons à adresser nos vifs remerciements à tous nos partenaires, aux intervenants, participants et aux membres des comités scientifique et d'organisation.

Dr. Mohammed Badraoui

*Directeur de l'INRA
Président du comité scientifique*

Dr. Brahim Hafidi

*Directeur Général de l'ANDZOA
Président du comité d'Organisation*



Synthèses des communications orales et recommandations

Structure et fonctionnement de l'écosystème arganeraie

1- Ecologie de l'écosystème Arganeraie

Les plantes aromatiques et médicinales éléments de biodiversité et de développement de l'arganeraie: cas de massif des Ida ou Tanane : Les PAM sont des ressources phytogénétiques importantes de l'arganeraie peu et mal exploitées. Elles jouent un rôle écologique et socioculturel en association avec l'arganier. La communication a montré d'autres vertus médicinales nouvelles. Leur exploitation rationnelle constituera un avantage économique et un allègement pour l'arganier.

L'arganeraie et les changements climatiques : impacts et adaptation : L'arganeraie méditerranéenne par sa situation subit les enjeux des changements climatiques. La pluviométrie et la température sont déterminantes dans la répartition de l'aire de l'arganeraie mais les réseaux hydrographique et les précipitations occultes le sort aussi, et difficilement prévisible. D'une manière générale, l'aire de l'arganier est limitée à un froid hivernal $>0.5^{\circ}\text{C}$, la somme de degré jour >5500 degrés, les précipitations $>200\text{mm}$ et le déficit hydrique $< 1250\text{mm}$. Ces conditions nous questionnent sur la présence de l'arganier dans les Hamadas de Tindouf. Les scénarios des changements climatiques montrent probablement, que l'aire de l'arganeraie va être plus réduit. En conclusion, l'arganeraie est un cas d'école bioécologique mondial.

Recherche sur quelques aspects de réaction de défense de l'arganier à l'attaque par *Ceratitis capitata* : La cératite est une mouche polyphage qui attaque les fruits d'arganier. Ce ravageur perturbe le métabolisme de sucre et des protéines des fruits. La forme des fruits ainsi que la continentalité répondent différemment à l'attaque de la cératite. De manière générale, les sucres diminuent et les protéines augmentent. L'augmentation des protéines est un aspect de défense de l'arganier.

Caractérisation des peuplements d'*Argania Spinosa* du massif des Béni-snassén : L'arganeraie de Beni-snassén est différente du reste de l'arganeraie du sud-ouest

du Maroc. Cette arganeraie est caractérisée par une organisation phyto-sociologique des peuplements à base de la sous-association *arganietosum* de l'association périplocolavigate *Tetraclimetum articulatae*. La richesse floristique de peuplement de cette arganeraie est marquée par la présence de 60 espèces et 32 familles, avec une dominance des *lamiaceae*, les *poaceae* et les *fabeaceae*.

Phytomasse et valeur fourragère de l'arganier : En plus de la production de l'huile de l'argan, l'arganier est une plante fourragère. La biomasse foliaire est variable selon les conditions climatiques et l'altitude. La production totale des futaies adultes d'arganier est de 1.35T/ha de Ms. L'analyse chimique des feuilles d'arganier montre que c'est un fourrage de qualité, riche en phosphore et en calcium et apporte environ 0.75 UF/MS .

Nouvelles données sur l'état actuel, la biogéographie et la restauration naturelle d'écosystème de l'arganier: Vu les risques qu'encourt l'arganier en terme de dégradation et surtout les risques d'incendies, l'auteur a apporté des précisions sur la régénération de l'arganeraie à travers la restauration de l'écosystème avec divers associations. Il a précisé que sans l'habitat naturel de l'arganier (diversité floristique et faunistiques), il serait difficile de réussir des programmes de régénération. Il préconise d'abandonner les approches de reboisement agronomique et se concentrer sur la restauration de l'écosystème.

Ecologie et conservation des habitats de l'arganeraie de Tindouf (Algérie) : L'arganeraie de Tindouf renferme plusieurs types d'habitat avec une richesse remarquable par rapport au contexte hyperaride de la région. L'étude a montré que cet écosystème est composé globalement de vingt espèces végétales, 26 espèces d'oiseaux et 16 espèces de mammifères. Cette étude a révélé que l'arganeraie de Tindouf est dégradée avec un commencement d'une gestion conservatrice.

L'arganeraie Algérienne, caractéristiques écologiques et structurales : L'arganeraie de Tindouf est constituée de petites populations occupant les lits de quelques oueds dans les Hamada. Les arbres d'arganier sont caractérisés par des tailles réduites (1 à 4 m), des diamètres à la base de 5 à 25 cm et une surface houppier de 10.7m² en moyenne, 80% de cette arganeraie subit des perturbations et 20% sûr exploitation.

2- Gestion de l'écosystème et système d'informations géographiques

Lors de cette session, on peut distinguer deux groupes d'interventions selon les thématiques, un premier groupe qui a traité la problématique de la gestion et la préservation des systèmes Agro-forestiers, et un deuxième groupe d'interventions ayant exposé sur la thématique de la cartographie et son utilisation dans la gestion des ressources naturelles.

Concernant les premières interventions, les groupes de conférenciers ont souligné l'importance de disposer de données spatio-temporelles à un niveau plus fin pour pouvoir déceler les interactions entre milieu socio-économique et patrimoine environnemental. Cependant, il est à noter que les données dont on peut disposer peuvent différer quant à l'échelle d'espace et de temps, et il s'avère nécessaire de procéder à une démarche scientifique pour remplir les vides au niveau des bases de données, d'où le recours à un «Générateur de données» de nature prévisionnelle standardisant. Ainsi, en ayant recours à une base de données numérique géo référencée, intégrant les données socio-économiques et physiques, toute décision prise en matière de gestion des ressources et de leur développement ne sera point loin de la rectitude.

Quant aux deuxième interventions, plusieurs recommandations ont été soulevées lors des trois interventions dont :

- Les facteurs déterminants dans la pression sur la forêt sont : le surpâturage, la disparition de l'organisation traditionnelle et l'exploitation abusive des produits forestiers de l'arganier;
- La modélisation spatiale de ces facteurs constitue un outil de base pour rationaliser la gestion de l'arganeraie ;

- L'analyse multicritère est d'une utilité importante en matière de hiérarchisation des facteurs anthropiques et leur combinaison pour l'élaboration de la carte potentielle de pression ;

- La carte potentielle de pression représente un important outil d'aide à la décision pour la priorisation des actions.

Lors de cet atelier, les 10 participants ayant intervenus lors des débats ont soulevé un certain nombre de remarques qu'on a jugé important de les mettre dans les recommandations.

- Assurer une coordination et une collaboration entre les unités de recherche en charge de l'Arganier,
- Assurer une collaboration verticale entre les acteurs de la filière de l'Arganier,
- Recentrer les actions autour des usagers de l'Arganeraie sous forme de partenariat pour la préservation de l'Arganeraie.
- Promouvoir le savoir-faire local dans l'exploitation de l'espace de l'Arganier,
- Prendre en compte des facteurs de pression les plus déterminants et les identifier par des études spécifiques dans tous les projets de développement et de conservation de l'Arganeraie.

3- Sol et organismes associés

Les approches du séquençage massif qui révèlent une diversité insoupçonnée parmi la communauté mycorhizienne de l'arganier : l'auteur a mis l'accent sur la nécessité de tenir compte de la diversité pédoclimatique dans tout le travail au niveau de l'arganeraie. Cette diversité est estimée par deux méthodes : l'une est traditionnelle et s'appuie sur le tri de spores et leur caractérisation, l'autre est une nouvelle méthode qui s'appuie sur la technologie de séquençage. Pour l'arganier, la 1ère méthode a mis en évidence uniquement deux ordres tandis que la deuxième a montré une diversité plus importante. La diversité interspécifique est très importante ce qui permet d'avoir une base de données de mycorhizes associés à l'arganier. L'auteur a recommandé de compléter cette étude par une extension des sites.

La caractérisation des sols d'un site d'intérêt biologique et écologique (Amisstene) à Essaouira : Les outils utilisés dans cette étude sont les cartes géologiques,

les cartes pédologiques et les cartes d'occupation du sol avec utilisation des photos aériennes et leur interprétation. On a aussi utilisé les méthodes d'analyses physicochimiques sur des profils réalisés au niveau du site. Plusieurs grandes catégories ont été déterminées : les argiles, les calcaires, les conglomérats, les alluvions et les dolomies. Les sols ont été quantifiés de neutre à alcalin, avec une salinité favorable et un taux de matière organique favorable, ces conditions favorisent la réhabilitation de l'arganeraie.

Communauté des nématodes phytoparasites dans la réserve de biosphère de l'arganeraie marocaine:

L'auteur a comparé les systèmes agricoles et les systèmes naturels à organiser pour répondre à trois questions : L'existence des nématodes dans l'arganeraie naturelle ; Les facteurs impliqués dans la structuration de leur communauté ; et la réponse de ces communautés aux changements de l'usage des sols. Les résultats de ce travail montrent qu'il y a plus de 70 espèces de nématodes. Il n'y a pas de différence significative concernant l'abondance entre le nord et le sud mais il y a une diminution du cortège spécifique. On a conclu que l'origine des nématodes vient de l'arganier, et que l'intensification de la culture permet le développement des taxons pathogènes.

L'efficacité de l'inoculation mycorhizienne et de l'addition du biocompost sur le développement d'arganier dans le champ : L'inoculation mycorhizienne des plants d'arganier en pépinière améliore leur taux de survie et le gain en matière

végétale et en croissance ainsi que la composition en élément minéraux après transplantation. Cette inoculation s'est avérée être plus bénéfique que l'ajout du biocompost au moment de la transplantation.

Effets de l'arganier sur la qualité des sols, activité biologique, matière organique et phosphore : Des résultats obtenus sur les cultures par semi-bouturage et culture in vitro ont montré que l'arganier est très dépendant de mycorhization pour l'absorption du phosphore et des oligo-éléments. Pour le milieu, l'arganier génère des facteurs de fertilité sans l'arbre dans toute l'arganeraie avec plus de phosphore, NPK et de la matière organique. La richesse en champignons mycorhiziens a permis aussi de fabriquer un inoculum mycorhizien.

Aterme de cette session, la discussion a porté sur quelques point :

- Les écosystèmes naturels déploient beaucoup de moyens pour rétablir les équilibres naturels. L'exemple de l'intensification des cultures sous l'arganier favorise les nématodes pathogènes en est témoin ;
- Un système expérimental de type verger pourra être installé pour tester l'ineffectivité de l'arganier vis à vis des nématodes pathogènes ;
- Les possibilités d'utiliser des techniques de mycorhization dans les pépinières forestières et d'investir dans les coûts ;
- L'effet nématocide des produits et des sous-produits de l'arganier sous les cultures maraichères.

Agroforesterie, phytotechnie et biotechnologie

1- Génétique de l'Arganier

L'arganier est une essence forestière à usage multiple, largement adaptée au climat aride et semi-aride du sud-ouest marocain. C'est un arbre d'une importance capitale vu son rôle socio-économique et écologique dans des zones fragiles, et son rôle environnemental contre la désertification et le maintien de la biodiversité. L'arganier se présente sous-forme d'arbres et d'arbustes avec différents aspects architecturaux allant de la forme pleureuse à la forme dressée, d'une ramification moins épineuse à très épineuse, et de vieux arbres avec la peau de serpent et d'autres rajeunis après recepage. La productivité et la fructification des arbres montrent une grande disparité dans l'espace et dans le temps. Sa situation est alarmante et connaît différentes formes de dégradation de l'écosystème arganeraie sous l'effet combiné de l'homme et des conditions naturelles.

Diversité génétique de l'arganier (*Argania Spinosa*) au sein des populations locales du Nord-oriental du Maroc : Approches morphologiques et pomologiques : L'intervenant a signalé que la présence de l'arganier sur 600 Ha dans le nord et dans l'Oriental date d'un siècle. L'arbre est connu chez la population locale sous le Nom de l'Aryana. Cette zone offre des caractéristiques pédoclimatiques favorables au développement de l'arganier. Une comparaison entre la situation de l'arganier au niveau du Nord et celle du Sud du Maroc a été favorable à celui du Nord qui profite de la protection de la population locale et son développement par semis ce qui renforce la capacité des arbres à se régénérer. Le repérage des génotypes s'est basé sur les entretiens avec les populations locales, la vigueur, la frondaison de l'arbre, l'intensité et la régularité de production. L'étude s'est basée sur le coté des Caractères pomologiques. Les résultats au niveau de la région montrent que la variabilité génétique très importante permet une forte possibilité de variabilité pour transmettre le caractère. Au niveau du Nord on parle d'une niche génétique parce que le développement se fait de

manière intrinsèque et la pollinisation chez l'arganier est œnophile avec l'intervention des insectes.

Evaluation de la diversité génétique chez six peuplements d'Arganier échantillonnés dans l'Anti-Atlas et au Nord du Sahara : L'étude ayant pour objectif la caractérisation de la diversité génétique de 24 provenances à l'échelle de la distribution naturelle de l'espèce. A savoir ; Analyse de la diversité génétique, par des marqueurs nucléaires de type ISSR révélés en masse, de six provenances de l'arganier réparties dans l'Anti-Atlas et Nord du Sahara et Des peuplements dégradés et éparpillés à l'ouest de de Guelmim et au Sud-Est de Guelmim. Cette étude apporte de nouvelles données sur l'organisation génétique des peuplements dans la région de l'Anti-Atlas et dans le Nord du Sahara. L'ensemble des résultats obtenus constitue un apport pointu pour la gestion des ressources génétiques de l'arganier.

Apport des marqueurs biométriques et génétiques pour la caractérisation et la sélection des arbres élites chez l'arganier : L'étude a porté sur l'analyse de la variabilité des ressources génétiques à base d'arganier au niveau des traits adaptatifs et moléculaires pour un éventuel programme de domestication sur deux aspects à savoir : La variabilité morphométrique des arbres, fruits, graines et amandes aux niveaux intra et inter-provenances et l'analyse de la variabilité génétique à l'aide des marqueurs moléculaires ISSR et relation avec les descripteurs morphologiques de 5 provenances. En guise de conclusion, l'étude a montré que :

- La caractérisation à l'aide des marqueurs ISSR a montré une forte diversité génétique au sein et entre les provenances ;
- Les analyses de la structure génétique spatiale ont permis de ressortir trois sous-groupes, mettant en jeu l'importance de l'effet origine géographique et le mode de reproduction de l'arganier à tendance entomophile;
- Concernant, l'existence d'une éventuelle relation entre les profils ISSR et les caractères agro-

morphologiques, on peut retenir que toutes les combinaisons sont possibles avec des proportions différentes;

- La combinaison entre les marqueurs morphométriques et moléculaires (génétiques) pourrait être exploitée dans des programmes de sélection et de croisements dirigés pour vérifier la légitimité des fécondations artificielles et l'identification variétale et l'étude de la ségrégation entre parents et descendants.

Genetic Inferences in Gene Flow study in *Argania spinosa* : L'étude ayant comme objectifs d'étudier l'amélioration génétique, échanges génétiques - évolution des fréquences alléliques dans les peuplements de Romani et Beni Iznassen tout en mettant l'accent sur l'impact de la dispersion sur l'extension et l'extinction des espèces et l'impact de la dispersion sur l'évolution des systèmes de reproduction. Les résultats ont été obtenus en utilisant la Méthode dite indirecte se basant sur l'analyse de la distribution spatiale de la diversité génétique. Cette étude permet l'analyse de la corrélation entre la phylogénétique et la structure génétique. En guise de conclusion, on a fait constat des : (i) Echanges génétiques dans l'Arganeraie du sud et mouvement continu à travers la distance ; (ii) La structuration génétique des populations issues des îlots semble être indépendante de la distance géographique (iii) Le flux génétique est assuré par la dispersion des graines et la dispersion du pollen

Généralement, trois conclusions concernant l'arganier à retenir de l'ensemble des interventions sous ce thème :

- Grande disparité dans l'espace et dans le temps de sa productivité et de sa fructification;
- Les reboisements conduits par différents acteurs locaux ne répondent à aucun critère de sélection. Le plus souvent, on ignore l'origine des plants utilisés en reboisement et les bons plants ne sont pas reproduits;
- Les études portant sur la diversité génétique au niveau des marqueurs moléculaires et des caractères biométriques confirment l'existence d'une grande diversité à l'intérieur et entre les populations de l'arganier, mais restent limitées au stade descriptif.

A l'issu des présentations, le débat a porté sur les principaux points ci-après :

- Paramètre de biométrie des populations,
- Isolation des sites au Maroc implique une forte chance de cosanguinité,
- Biodiversité inter et intra-spécifiques ;
- Migration, mutation, sélection et la dérive génétique ;
- Obtention de variété homogène qui permet l'amélioration de la production ;
- Nécessité de procéder à une caractérisation de l'Arganier pour passer au stade du choix variétal ;
- Possibilité de passer à la multiplication *in vitro* ;

Les **réponses apportées** sont résumées comme suit :

- Risques minimes de la consanguinité vu la génétique des peuplements et la biodiversité de l'espèce Arganier; Chez l'arganier on parle beaucoup plus du rapprochement que de la cosanguinité ;
- Taux élevé de l'auto pollinisation ;
- Plusieurs études ont été menées sur la définition des caractéristiques de l'Arganier ce qui permet aujourd'hui de passer au stade de la production d'une variété ;
- Vu la diversité de l'espace et l'espèce, il faut procéder à la régionalisation de la sélection du matériel génétique pour le maintien des mêmes caractéristiques.

2- Arganiculture, physiologie de l'arganeraie

Eléments de conduite des arganiers en culture intensive, la Taille des arbres : L'amélioration de la production fruitière chez l'arganier est aujourd'hui un besoin nécessaire en raison d'une part des faibles rendements et d'autre part de la forte demande exprimée par les utilisateurs du fruit. Le passage en mode d'exploitation extensive constitue une nécessité pour remédier à cette problématique et la taille est l'une des techniques de production importante qui permet d'augmenter la production et le maintien des plants. L'étude a montré que la taille permet d'augmenter le rendement des plants d'arganier et augmenter la hauteur du tronc et ainsi augmenter la densité des plants par hectare.

Diversité de la réponse physiologique et phénotypique au sein d'une population d'arganier soumise à

une contrainte hydrique : L'arganier est un arbre particulièrement adapté aux conditions arides de la région, il présente une diversité importante. La présente étude vise à contribuer à l'étude de la diversité de l'arganier, via une caractérisation morphologique et phénotypique ainsi qu'une évaluation primaire du comportement de cet arbre face à un stress hydrique de la collection d'arganier de la réserve naturelle d'Admine. Les résultats obtenus pourraient être utilisés pour la production des cultivars et dans des programmes de sélection et de conservation de matériel génétique chez l'arganier.

Novel tools towards a sustainable 'Arganeraie' : La sélection agronomique des plants constitue une nécessité pour préserver la richesse de l'arganeraie, et la multiplication végétative constitue l'une principale méthode pour préserver cette richesse. Néanmoins, cette méthode reste difficile avec un faible taux de réussite et nécessite d'avantage recherche pour perfectionner cette méthode.

Effet de différents régimes d'irrigation sur la production de plants d'arganier en pépinière et comparaison avec trois espèces sahariennes : L'arganier se développe essentiellement dans les zones arides et semi arides du sud-ouest marocain, d'où l'importance de l'économie de l'eau dans tout système de production végétale dans ces zones. Pour optimiser l'utilisation de l'eau dans la production de plants d'arganier et de trois espèces sahariennes (*Balnites aegyptiaca*, *Faidherbia albida* et *Acacia nilotica*) en pépinière, quatre seuils d'humidité ont été appliqués pour déclencher l'arrosage des plants (10%, 20% 30 %, v/v du substrats et arrosage à capacité au champ). Le suivi des paramètres de croissance et de développement des plants a montré que, sans affecter le pourcentage de survie, la croissance en hauteur est proportionnelle au pourcentage de déclenchement des irrigations chez l'arganier alors qu'elle est relativement stable pour les deux autres espèces. Ce qui nous amène à conclure qu'on peut réduire les fréquences d'irrigation (jusqu'à 3 fois) des plants d'arganier sans affecter le plant.

Potentiel fixateur d'azote des Légumineuses associées à l'arganier au Maroc : A côté des systèmes de cultures traditionnelles à base de céréales, comme l'orge et le maïs largement répandues dans le sud-ouest marocain, les légumineuses constituent un

complément alimentaire indispensable, notamment les légumineuses à graines (la fève ou le haricot) et également des plantes fourragères naturelles locales, telles que la luzerne (*Medicago spp.*) ou *Ononis natrix*. Ce dernier type d'espèces pourrait être mieux exploité pour la production de fourrage tout en allégeant la pression ovine sur l'arganier. L'objectif de ce travail est de développer des modèles de gestion durable pour les agro-écosystèmes à base d'arganier (*Argania spinosa*, *Sapotacée*) et de réhabiliter les arganeraies dégradées en optimisant l'utilisation des symbioses racinaires fixatrices d'azote, tout en préservant l'agro-biodiversité présente au sein de l'arganeraie. Cette étude nous a amené à conclure qu'il est important de favoriser l'implantation et la diversité de ces espèces dont le haut potentiel fixateur d'azote *in situ* contribue au maintien de la fertilité des agro-écosystèmes à base d'arganiers et à leur pérennité.

Growing Argan trees under Kuwaiti Harsh Environmental Conditions : Les effets de la sécheresse limitent la gamme des cultures qui peuvent être cultivées au Kuwait. Par conséquent, le gouvernement Koweitien prend initiative et donne un soutien considérable pour la recherche sur les plantes de tolérance à la sécheresse pour la verdure et l'aménagement paysager. Ainsi, des travaux de recherche sur l'arganier au Koweït ont été lancés en 2005 pour introduire et évaluer cette plante, et lutter contre la désertification en collaboration avec les scientifiques Marocains. Cette collaboration a donné ces fruits, et a permis l'introduction de l'arganier au Kuwait et la réussite de multiplication (par semences) et transplantation de ce dernier.

The argan fruit pulp – A valuable but highly variable potential agro-industrial : L'huile d'argan est connue dans le monde entier, pourtant la pulpe du fruit d'argan est négligée et considérée comme étant un produit à valeur plus basse, en partie en raison du fait qu'elle a été moins étudiée. Ce travail montre la grande valeur qui pourrait être réalisée par le bioraffinage de la pulpe dans une gamme de produits utiles. Ce travail incite aussi à plus de recherche sur la pulpe du fruit d'argan pour mieux développer cette partie du fruit et profiter d'avantage de l'arganier.

La culture de l'arganier en Algérie, situation actuelle et perspectives d'avenir : En Algérie, l'aire de

répartition géographique couvre un territoire relativement important dans le Nord-Ouest de la Wilaya de Tindouf. Cependant, L'arganier souffre de dépérissement et de dégradation dans cette zone. Afin de remédier à cette situation plusieurs programmes ont été initiés par les services des forêts pour étendre les superficies de l'arganeraie, ainsi des essais d'introduction ont été réalisés, notamment dans la région littorale de l'ouest algérien (Mostaganem) et mascara. Comme résultat, 3 pépinières ont été créés et 5577 plants ont été plantés entre 2001 et 2012. Aussi un grand investissent de 30 Millions de dinar a été réservé par l'état pour développer cette filière.

La discussion de ces présentations s'est concentrée principalement sur la procédure et la nature de coopération du Kuwait avec les chercheurs marocains qui a permis le transfert des semences d'arganier du Maroc en destination du Kuwait tenant compte de la loi qui interdit ce genre d'opération. Madame Habibah a confirmé que la coopération et le transfert été d'une manière officielle et la loi concernant l'interdiction du transfert des semences n'était pas encore mise en œuvre à cette époque.

D'autre question ont été posée comme celle sur l'aspect génotypique a été prise en considération pour les résultats de la recherche sur la taille d'arganier et les produits qui peuvent être issus de la pulpe du fruit d'arganier afin d'évaluer une éventuelle valorisation de cette partie.

Les recommandations ont concernés les points suivants :

- Encourager la coopération internationale dans le domaine de l'arganiculture en particulier avec les pays qui ont lancé des programmes de développement nationaux.
- Les résultats sur la taille, la propagation et l'irrigation ont montré un potentiel de production qu'on peut atteindre. Mais beaucoup de travail reste à faire d'où la nécessité d'accélérer et d'intensifier la recherche sur la sélection clonale, le développement de variété et l'amélioration de la conduite technique de l'arganier.
- Les travaux sur les légumineuses associées à l'arganier ont montré la nécessité de réintroduire ces espèces dans le cortège floristique (10% de N dans les feuilles vient de ces espèces).

- Le travail sur la pulpe mis en évidence les possibilités valorisation dans différent domaines Pharmaceutique et industrielles, etc.

Valorisation, économie et commercialisation des produits de l'arganeraie

1- Innovations technologiques des produits de l'arganier

Valorisation du pouvoir inhibiteur de l'extrait de coque du fruit d'arganier et du tourteau vis-à-vis de la corrosion de l'Acier C38 en milieu Chlorique : Le travail présenté avait pour but de montrer le potentiel inhibiteur de l'extrait de coque, et du tourteau de l'arganier vis-à-vis de la corrosion de l'acier au milieu acide. Une solution de poudre de la coque et du tourteau a été préparée pour chacune dans un milieu acide 1M et l'effet de l'inhibition de la corrosion a été approché par des techniques gravimétriques, électrochimiques et microscopiques à balayage. Il a été montré que pour des concentrations de 5 g/l et 3g/l respectivement pour l'extrait de coque et l'extrait du tourteau on a enregistré une efficacité inhibitrice respective de 91% et 87%. Ce travail intéressant et innovant a des applications industrielles économiquement intéressantes par rapport aux traitements anti corrosifs existants tout en préservant l'environnement (chimie verte). Il s'agit donc d'une très bonne valorisation des sous-produits de l'arganier.

Des questions techniques ont été posées et ont porté sur la méthode de préparation des extraits de coque et tourteau et sur la visualisation de l'effet de l'inhibition de la corrosion par microscopie électronique à balayage. Les réponses adéquates ont été fournies par la conférencière.

Une intervention intéressante a porté sur les perspectives d'application des résultats de la recherche. Il a été précisé que les extraits pourraient être incorporés dans des peintures pour le traitement des aciers contre la corrosion.

Nouvelle voie d'inhibition de la corrosion de cuivre respectueuse de l'environnement : Dans ce projet, les chercheurs se sont intéressés à l'étude de l'inhibition de la corrosion du cuivre dans le milieu phosphorique par l'huile d'argan cosmétique. Les approches fondamentales ont consisté

en l'utilisation de techniques gravimétriques, électrochimique et microscopique à balayage. Il a été montré que le traitement du cuivre par l'huile d'argan cosmétique à une concentration de 7g/l inhibe la corrosion de 95 à 98%.

Le débat a soulevé des problèmes de faisabilité et de choix de l'huile d'argane cosmétique pour le traitement du cuivre vu sa valeur noble et son prix. Les réponses ont justifié ce choix par rapport à l'utilisation des huiles essentielles.

Vers une meilleure valorisation des amandes d'arganier: Effet de compensation enthalpie entropie:

La recherche présentée vise la détermination de teneur optimale en eau pour la conservation des amandes d'arganier. Les objectifs spécifiques ont été orientés vers (i) La description de la dynamique de l'eau dans les amandes d'argan (ii) L'appréciation de la variabilité de la relation teneur en eau et activité de l'eau (iii) La détermination des seuils des différents états de l'eau et la recherche de l'activité de l'eau optimale de conservation (iv) L'effet de compensation enthalpie entropie et les propriétés thermodynamiques. La méthode utilisée est la gravimétrie statique. Les résultats ont essentiellement montré que la cohérence optimale des activités de l'eau dans les amandons frais est de l'ordre de 0.326, et, l'effet de mémoire ou l'effet d'hystérésis des amandes d'argane, en relation avec leurs propriétés hygroscopiques, est variable selon les origines des amandons (Smimou ou laain Ntlba).

Une discussion technique très poussée s'est déroulée entre l'auditoire et le conférencier sur les aspects enthalpie/entropie, désorption adsorption, activité de l'eau et l'homogénéité des échantillons testés en l'occurrence de point de vue degré de maturité afin de justifier les différences constatées. La possibilité d'utiliser l'indice d'activité optimale de conservation comme critère à intégrer dans le cahier de charge de l'IGP a été évoquée. Cette éventualité ne serait pas

envisageable pour le moment en attente de résultats plus précis et concluant.

Comportement micro structural, thermique et mécanique de matériaux bio composites renforcés par la coque de la noix d'Arganier : Les travaux de recherche présentés dans ce cadre du domaine des biopolymères ont ciblé l'étude et la caractérisation des propriétés mécaniques et thermiques des particules de coque de noix d'arganier utilisé comme renforts dans une matrice polypropylène. Le biocomposite fabriqué a subi des analyses thermiques, mécaniques et morphologiques qui ont permis de conclure à ses applications potentielles dans différents domaines notamment le BTP, l'industrie automobile, le sport et loisirs. Des ajustements techniques restent à résoudre pour envisager de telle application notamment l'état pâteux du granulat des NCA traité par la soude. Ainsi la valorisation innovante des sous-produits de l'argan a été justifiée.

Une question se rapportant sur le mode de préparation du biocomposites a été soulevée, les éclaircissements nécessaires lui ont été fournis.

A terme de cette session, un ensemble de recommandations ont été formulées dont les principaux points sont comme suit :

- Certains projets visent une valorisation innovante, il serait opportun de les accompagner par l'incubation et la promotion de startup dans le domaine.
- Une bonne communication et rapprochement des partenaires socio-économiques nationaux est recommandée. En effet, il faut intéresser les industriels et les professionnels nationaux avant de voir les investisseurs étrangers.
- Orienter la recherche plutôt sur la valorisation et l'utilisation des sous-produits de l'argane notamment la poudre des feuilles à la place de l'huile d'argane dans le traitement du cuivre contre la corrosion.
- Continuer la recherche sur les aspects d'amélioration de la conservation des amandes et inciter les approches multidisciplinaires dans ce cadre.

La voie de recherche sur les biocomposites est très prometteuse et nécessite un accompagnement et l'investissement de la recherche sur les aspects d'amélioration du process (problème de l'état pâteux du granulat).

2- Qualité de l'huile

Influence de la manipulation des fruits sur la qualité de l'huile d'argane : L'étude apportée sur l'évaluation de l'impact des différentes phases de manipulation des fruits sur la qualité de l'huile d'argane, à savoir : (i) La maturité des fruits (ii) Le séchage des fruits (iii) Le stockage et des noix de l'arganier (iv) La torréfaction des amandons de l'arganier (v) Le stockage des amandons de l'arganier ((vi) L'Extraction de l'huile d'argane. Les résultats de cette étude conduisent aux conclusions suivantes : (i) La maturité n'affecte pas ni la qualité ni la pureté de l'huile (ii) La durée du séchage devrait être limitée à 2 - 3 semaines (iii) Les fruits et les noix peuvent être conservés pendant 24 mois sans affecter la qualité de l'huile (iv) Les conditions de stockage des amandons (lumière, température), après séchage suffisant, n'affectent pas la qualité de l'huile (v) La torréfaction augmente la stabilité de l'huile d'argan en plus de sa grande influence sur les propriétés organoleptiques.

Contrôle de la qualité de l'huile d'argane : Le contrôle de la qualité de l'huile d'argane passe essentiellement par les critères suivants : (i) Les critères de qualité chimique (ii) Les critères de pureté (iii) L'analyse sensorielle (iv) L'analyse des contaminants. Le contrôle de l'adultération des huiles d'argane commence par l'évaluation de l'insaponifiable, puis la composition des acides gras et la composition stérolique. L'analyse sensorielle est un critère important dans l'évaluation de la qualité.

L'évaluation des contaminants (Les métaux Cuivre, Plomb, Cadmium) ; les solvants (hexane, solvants halogénés) ; les résidus des pesticides ; les hydrocarbures aromatique (B[a]P) ; les Phtalates et l'huile minérale comme critère de contrôle nécessite un investissement particulier en matière du matériel et d'analyse. Les amandons ayant séjournés dans les estomacs des chèvres présentent une faible stabilité et des valeurs de qualité moindre comparaison avec les amandons provenant des fruits récoltés directement de l'arbre. Les bonnes pratiques au cours du processus de production et de transformation est un garant d'une qualité acceptable sur le plan hygiénique.

Utilisations des techniques isotopiques et multi-élémentaires pour la détermination de l'origine géographique des huiles d'argane : Les Techniques

Isotopiques (^{18}O , ^{13}C , ^{15}N) et multi-élémentaires dans le domaine agro-alimentaire sont des outils très puissants pour la détermination de l'origine de production, de contrôle, de l'authenticité de l'huile et d'assurer la traçabilité depuis la récolte jusqu'à la transformation ainsi permet : (i) d'examiner l'authenticité indépendante du système de traçabilité sur papier, (ii) de lutter contre les pratiques frauduleuses en matière de commerce, (iii) de contribuer à l'organisation des acteurs de la filière dans le territoire de l'arganeraie, notamment le contrôle dans le cas de l'IGP. L'analyse de l'isotope ^{13}C montre une stabilité avec l'origine géographique, permet de faire une distinction de l'origine de l'échantillon de graines en fonction de l'altitude. Cette technique peut permettre la possibilité de lier un échantillon à son origine. La principale recommandation a été l'exploitation de la technique isotopique pour la mise en place d'une carte de distributions géographiques dans l'arganeraie.

Présélection pour le rendement en huile et la composition en acides gras chez l'arganier sous différentes conditions environnementales : L'étude concerne une prospection au niveau de cinq provinces pour l'identification des individus potentiels en vue d'une sélection massale. L'évaluation de la variabilité pour la présélection des arbres performants a été basée sur la vigueur, la qualité des fruits en concassage, le rendement en huile et la composition en acide gras. Le poids des fruits et la dimension des graines montrent une corrélation positive avec le rendement en huile. De même, l'étude a montré une relation entre la composition en acide gras et la morphologie des fruits. À l'issue de cette étude, 31 génotypes ont été sélectionnés sur la base du rendement en huile avec un taux d'héritabilité de 90 % à partir de 150 génotypes évalués sur trois ans. Ces génotypes présélectionnés peuvent être proposés pour un programme de sélection variétale pour la domestication de l'arganier.

Influence de l'origine des fruits de l'arganier ; terroir ou hors du terroir sur la quantité et la qualité de l'huile : L'étude montre la possibilité d'extension de la zone traditionnelle de production de l'argane suite aux études menées aux deux sites différents à Bouskoura et Laayoune par rapport au site témoin de Chtouka. Les 3 sites n'ont pas montré de différences significatives sur le plan rendement et la qualité de l'huile.

Etude de l'effet provenance, traitement des amandons et du mode d'extraction sur le rendement en huile chez l'arganier : L'étude est axée sur l'évaluation de l'effet provenance, mode de torréfaction, mode d'extraction sur le rendement et sur qualité physico-chimique de l'huile d'Argane. Les sites étudiés sont Smimou (Essaouira), Admine (Ait Melloul) et Hilala (Ait Baha). L'origine affecte le rendement en composants des fruits, la facilité de concassage, l'acidité et la teneur en certains acides gras. Le mode d'extraction agit significativement sur le rendement en huile et l'acidité. En perspective de cette étude, il est nécessaire de : (i) Elargir les paramètres physicochimiques à mesurer (ii) Evaluer la part de l'effet génétique et éco-géographique pour les performances d'arbres et de provenances (iii) S'investir dans des essais comparatifs de descendances et de provenances pour la sélection et la domestication de l'arganier.

Essaie de la torréfaction des amandons sur la composition volatile de l'huile d'argan : L'étude a été focalisée sur la caractérisation macroscopique de la cinétique de la formation des composés volatiles, l'identification et la quantification des composés volatiles pour chaque temps de torréfaction des amandons. Les résultats obtenus ont montré que le processus de torréfaction des amandons d'argane induit la formation de plusieurs composés, y compris ceux de la dégradation de Strecker, peroxydation lipidique, et la réaction de Maillard et que le temps nécessaire pour former les attributs de la saveur recherchée est compris entre 20 et 25 min. Au cours de l'opération de torréfaction, l'arôme de noisette se développe, l'arôme et la couleur (La caramélisation, l'auto-oxydation et la réaction de Maillard) sont également transférées à l'huile d'argane lors de l'extraction. Ce résultat pourrait être exploité par les unités de production de l'huile d'argane.

Quality criteria for edible argan oil - Results from a market survey : L'étude apportée sur l'évaluation de la qualité des huiles d'argan commercialisées en Suisse et en Allemagne montre que la majorité de ces huiles présentent des défauts sensoriels et une présence d'huiles minérales.

Les discussions ont porté sur la comparaison de certains résultats d'études similaires réalisées par des équipes différentes, également l'impact de la torréfaction sur la durée de vie de l'huile d'argan,

sur les pertes de certains composés sensoriels et l'augmentation en phosphore au niveau de l'huile. Le coût d'une analyse isotopique vue son importance a été évoquée également.

Les principales recommandations ont porté sur :

- Les bonnes pratiques au cours du processus de production et de transformation est un garant d'une qualité acceptable sur le plan commercial ;
- L'exploitation de la technique isotopique pour la mise en place d'une carte de distributions géographiques dans l'arganeraie et pour une contribution à l'organisation des acteurs de la filière dans le territoire de l'arganeraie, notamment le contrôle dans le cas de l'IGP ;
- L'encouragement de la voie de prospection dans l'arganeraie pour la contribution à l'identification des géotypes performants capables d'alimenter le programme de domestication de l'arganier ;
- Donner plus d'importance à l'analyse sensorielle comme élément de contrôle et d'acceptabilité par le consommateur ;
- La production de fiches techniques en différentes langues (arabe, berbère) sur les bonnes pratiques de production et de transformation est capables d'orienter les producteurs et les coopératives dans le processus d'une bonne qualité de l'huile d'argane.

3- Santé et huile d'argan

Impact de la consommation d'argane dans le syndrome coronariens aigu: Etude interventionnelle: (i) Importance de l'analyse de l'huile d'argane et l'étude des effets sur la santé humaine (ii) La consommation de l'huile d'argane a des effets positifs sur la prévention des maladies cardiovasculaires. Elle améliore le profil lipidique et joue un rôle antioxydatif

Propriétés anti oxydantes et photo-protectrices de l'huile d'argan : Etude chimique et physiologique :

(i) Identification et quantification des composés phénoliques dans le fruit. La pulpe est plus riche en polyphénols (70 -80%) que les autres composantes du fruit (ii) La consommation quotidienne de l'huile d'argan par des femmes saines et ménopausées améliore la teneur de la vitamine E de 25% dans le sang par rapport à la consommation de l'huile d'olive

(iii) Un essai conduit « *in vitro* » avec un modèle moléculaire de l'ADN traité à l'UVC artificiel, il a montré que l'huile d'argane possède des propriétés photo protectrices.

Etude comparative de l'effet de la période de récolte sur l'activité antioxydante, antidiabétique et sur la composition en acides gras des fruits de deux variétés d'arganier : *Argania spinosa L.Skeels var. mutica Maire* et *Argania spinosa L.Skeels var. apiculata Maire en Tunisie* : (i) Des études phytochimiques ont été menées sur *Argania spinosa apiculata* et *spinosa mutica* (selon Maire 1929) en Tunisie (ii) Il a été montré qu'il existe des variations significatives dans les teneurs en polyphénol et en flavonoïdes entre le péricarpe et les amandons.

Effect of argane and olive oil consumption on the hormonal profile of androgens among healthy adult moroccan man : (i) Effet de la consommation de l'huile d'olive et de l'huile d'argane sur le profil androgénique de 60 adultes sains de sexe masculin (ii) Résultats montrant pour la première fois l'effet de la consommation de huiles végétales, Argan et Olive, sur le profil des androgènes chez l'homme.

Molecular basis of the effect of argan oil on the peroxisomal and mitochondrial b-oxidations in the liver in mice: (i) Chez la souris, il a été noté une Action spécifique de l'huile d'Argane sur le métabolisme mitochondrial des acides gras et antioxydante peroxysomale au niveau hépatique (ii) Effet préventif de l'huile d'Argane contre la perturbation du métabolisme lipidique par le lipopolysaccharide

L'huile d'argane améliore le bilan lipidique des hémodialysés chroniques : un espoir contre les complications cardio-vasculaires?: (i) On rapporte que plus chez plus de 50% des hémodialysés, la mortalité est causée par les événements cardiovasculaires (ii) L'huile d'argane améliore le bilan lipidique des hémodialysés chroniques pourraient être un espoir de lutte contre les complications cardiovasculaires.

D'après les communications présentées, on constate les effets positifs de l'huile d'argane sur la santé que ce soit humaines (chez les coronariens, femmes saines et ménopausées, et les hémodialysés) que animale (chez la souris).

Le débat a été focalisé principalement sur les points suivants :

- L'effet de l'huile d'argan photoprotecteur ;
- L'huile d'argane cause des dégâts sur la peau exposée au soleil ;
- Les résultats sont au stade préliminaire et obtenus par des tests « *In vitro* ».

Les recommandations ont porté sur les points suivants :

- Poursuivre les recherches sur les propriétés antiathérogènes d'argane ;
- Poursuivre la recherche par des essais cliniques et « *ex vivo* » ;
- Appuyer et accompagner les petites structures professionnelles (coopératives et GIE) dans la réalisation de leurs propres études cliniques ;
- Initier des recherches sur les troubles de mémoire.

4- Organisation de la filière et ses usages

Les deux premières présentations ont évoqués le rôle important que joue les coopératives dans le tissu économique en tant que locomotive de développement socio-économique et une des composantes de l'économie sociale et solidaire, dans la mesure où le secteur coopératif contribue à hauteur de 1,6% dans le PIB national. Les présentations ont signalé aussi l'opportunité d'autonomisation que les coopératives d'argane ont pu assurer aux femmes dans les zones pauvres. La troisième présentation a porté sur une étude relative à l'analyse de la situation actuelle de la filière arganier et les perspectives de développement à travers une analyse de l'amont, le centre et l'aval de la filière, la présentation a mis en relief aussi la divergence des intérêts des différents acteurs dans la filière. La présentation de M. Chatibi a porté sur le rôle que joue réellement l'élevage caprin dans l'arganeraie ainsi que les interactions entre l'élevage pastoral et l'espace forestier et l'impact de la chèvre sur l'arbre dans la zone de Haha. La dernière présentation de M. Dubeuf a analysé la question de complémentarités entre les activités agricoles d'élevage et de cueillette d'argane pour l'huile et la possibilité de constituer des voies de développement et aussi de préserver l'arbre et dans quelles limites.

A l'issue de ces présentations, le débat a été assez riche vu la pertinence des questions posées et l'importance des sujets abordés. Ci-dessous **la synthèse des discussions** :

- Le débat a relevé la problématique que connaît les coopératives en général, notamment en ce qui concerne la répartition des richesses, dans le sens où les gens qui travaillent ne voient pas leurs efforts se transformer à des revenus permanents.
- Durant le débat, il a été discuté la pertinence des résultats menés par Mme. Benedicte vu que l'échantillon sur lequel elle a basé ses résultats n'est pas un échantillon représentatif (3 coopératives).
- Le débat a soulevé la nécessité de l'intervention du gouvernement pour mettre en place des mécanismes permettant de s'assurer que les profits générés par les coopératives aient un impact direct sur les petits agriculteurs et plus précisément sur les femmes.
- M. Azenfar a évoqué durant le débat qu'un partenariat est en cours de finalisation entre l'Office du développement de la coopération et l'ANDZOA visant en premier lieu l'identification des difficultés rencontrées par les coopératives et en deuxième lieu la mise en place d'un plan d'actions répondant aux dites problématiques.

Lors des cinq présentations, les participants ainsi que les conférenciers ont soulevé un certain nombre de recommandations et de propositions permettant d'améliorer et de valoriser l'arganeraie dans ces différents aspects, ci-dessous **les recommandations proposées** :

- Mettre l'accent sur l'éducation des jeunes femmes et hommes afin d'assurer la main-d'œuvre future pour l'industrie d'argan.
- Attribuer la dénomination Argan uniquement pour les produits issus de la zone géographique respectant le cahier de charge IGP.
- Regrouper les coopératives dans des structures plus solides en s'inscrivant dans une démarche qualité.
- Sensibiliser les ayants droit à s'organiser dans des coopératives de collecte et de commercialisation des fruits d'argane afin de lutter contre la concurrence déloyale et le secteur informel.
- Doter les coopératives en ressources humaines pour que ces unités soient gérées d'une manière rationnelle.
- Assurer la coordination entre les différents acteurs de cette filière pour une meilleure rationalisation des ressources déployées et homogénéisation des approches.

- Impliquer et sensibiliser les éleveurs de caprins dans le processus de réhabilitation de l'arganeraie.
- Développer des synergies entre élevage caprin et arganeraie en améliorant les comportements bénéfiques (Agdal) et en réduisant les comportements néfastes (gaulage, coupe).
- Mettre en évidence les externalités positives de la chèvre vis-à-vis de l'arbre et réciproquement.

5- Economie de la filière

Mr. Jean Marie Renversade a traité au niveau de son intervention le cadre juridique et législatif relatif à la mise en œuvre de l'IGP. Il a également traité les quantités d'huile d'argane exportées essentiellement à l'UE et que 70% de ces exportations sont en vrac. Pour une meilleure plus-value ; il a proposé d'appliquer le cahier des charges relatif à l'IGP et aussi le plan de contrôle. La plus-value à gagner a été estimée par le consultant à quatre fois par rapport aux chiffres actuels. Il a proposé de faire plus d'effort concernant l'organisation des circuits de la matière première (MP), la mise à niveau de la filière au niveau des OP et de garder la relation entre le produit et de son territoire.

Mr. Zouhir Bakkali a démontré que le modèle coopératif est pertinent pour l'intégration de la femme dans le développement local et la lutte contre la pauvreté. Pour cela il est recommandé de grouper les acteurs en OP.

Mr Majid Benabdellah à travers deux méthodes d'analyse économique et coûts-bénéfice a conclu que (i) Les facteurs les plus déterminants du revenu sont la dégradation de l'arganier et l'augmentation du prix de l'huile d'argane. (ii) La contribution de l'arganier au revenu du ménage varie de 10% à 70%. Concernant le projet d'intensification et valorisation de l'arganier dans la région de Taroudant, le conférencier a estimé que le projet est rentable économiquement (TRI=16%). Il recommande, à la fin, de faire une analyse économique prenant comme facteur fixe la rareté de la ressource, et d'élargir ces études de recherche à d'autres zones.

Mr Majid Benabdellah au nom de Mr. Mohammed Y. a démontré que la pratique d'Agdal dans les sites de l'arganier a un effet positif aussi sur le plan écologique que socio-économique. Cependant il

souligne l'intérêt de converger et mutualiser les actions des usagers de l'arganier, et pour cela nous avons besoin d'une approche « éco-systémique ».

Mr. Aboutayeb à travers son exposé a montré au public un modèle de projet de tourisme qui réconcilie entre les trois sphères du développement durable.

Après les différentes interventions, le public a intervenu sur plusieurs points :

- Le problème de gouvernance concernant la répartition du bénéfice et le rôle de l'Etat à ce niveau.
- L'intérêt de conduire des recherches sur le coût environnemental en relation avec le développement des OP.
- L'expérience de d'autres pays en matière des signes distinctifs et l'importance de développer des processus de transformation à froid pour gagner en qualité et en quantité.
- Invitation des investisseurs étrangers à valoriser le produit dans les territoires de production et de transférer leur savoir technologique aux professionnels marocains.
- Militer pour l'arrêt de l'exportation en vrac de l'huile d'argane.

Les recommandations de cette session ont été comme suit :

- Application de l'IGP Argane pour une meilleur valeur ajoutée ;
- Obtenir la reconnaissance de l'IGP par l'Union Européenne ;
- Une meilleure organisation des acteurs de la filière ;
- Trouver et chercher d'autres canaux de commercialisation de ce produit ;
- Utiliser les moyens technologiques les plus performants pour la transformation de l'argane ;
- Amélioration des conditions socio-économiques de la femme rurale à travers une meilleure répartition des gains générés ;
- Assurer une meilleure valorisation du produit à l'échelle national avant son export ;
- La coordination entre les différentes institutions publiques pour le bien de la filière.

Changement sociaux et aspects juridiques

Rganat-Bouchkal (Tsili), ultime refuge de l'arganeraie de Oued Grou dans le plateau central marocain : L'auteur se pose la question sur les raisons de l'abandon de ce patrimoine régional, qui peut constituer, selon le chercheur, le témoin d'une ancienne aire de répartition de l'arganeraie. Il ajoute que son objectif est de dresser l'état des lieux en identifiant les modes de gestion de l'espace dans le passé et actuellement. Ceux à quoi il s'est engagé par des recherches bibliographiques et des interviews semi-directives avec la population locale. Au terme de cet effort, il conclut que la position du site dans une zone limitrophe entre les confédérations des Zaër, Zemmour et Zayane avec une pauvreté flagrante qui perturbe négativement son équilibre environnemental. En plus, ce site souffre de l'absence d'un plan pour l'aménagement de la forêt de Grou. L'auteur a constaté l'absence dans le patrimoine culturel et la mémoire commune de la population usagère d'un mode d'exploitation identique à celui RSMD. Par ailleurs, il conclut aussi que cette zone est au bord d'une dégradation irréversible malgré l'existence des endroits isolés de régénération.

Les enjeux du développement territorial dans la Réserve de Biosphère Arganeraie : Le développement territorial de la zone RBA doit tenir compte de la spécificité de la ressource arganier ce qui nécessite des dispositions particulières : (i) Quantification de la ressource (ii) Formalisation des rapports de façon institutionnelle (iii) Maîtrise des circuits de la commercialisation (iv) Renforcement du rôle des ayants droit (v) Traitement différencié des territoires

Mutations du nomadisme et leurs impacts sur les espaces pastoraux: le cas de l'arganier : Le bouleversement du système nomadisme et ses conséquences sur le milieu naturel et sur la population locale attise des conflits entre les ayants-droit et les nomades. Il est impératif dans cette situation, selon l'avis du chercheur, de déclencher une dynamique de concertation et de dialogue entre les parties concernées tout en mettant l'accent sur le rôle de l'Etat qui doit non seulement arbitrer entre les protagonistes mais avoir aussi une

position ferme sur cette nouvelle forme de nomade. Egalement, il a mis l'accent sur le rôle de la société civile dans la sensibilisation de la protection de l'écosystème. Il a aussi insisté sur le développement des recherches en sciences sociales pour une meilleure compréhension des mutations sociales et des conflits.

Facteurs de changement des systèmes arganiers de montagne : Le changement social et économique du système arganier de montagne a déclenché une nouvelle dynamique illustrée par la reconversion de l'élevage caprin en ovin et par l'immigration des jeunes vers la ville. A l'origine de ces changements, selon l'auteur, la conjonction de plusieurs facteurs : la croissance démographique, l'émiettement des parcelles (la succession), l'érosion du pouvoir de Jmaa. Ces changements ont produit une nouvelle situation caractérisée par la perturbation de la durabilité des écosystèmes de l'arganier prédominant dans la montagne d'arganier de la province d'Essaouira.

Législations spéciales de l'arganier : atouts, abus et perspectives : Après avoir défini l'arganeraie comme un espace multifonctionnel, l'auteur a insisté sur la particularité du statut juridique de l'arbre, illustré par la copropriété de l'Etat et des ayants droit. Ce type particulier de droits a contribué, selon l'auteur, à la conservation et à la gestion durable de l'arganeraie. En citant implicitement les faits de la région de Souss, il a rappelé que la délimitation ne s'oppose pas au droit de jouissance sur le sol, mais, il a suggéré de sensibiliser et de faire participer les ayants droits à tout processus. Par ailleurs, sous la pression de nouveaux facteurs, il a souligné qu'une nouvelle forme de désengagement des ayants droits vis-à-vis de l'arbre se développe, à la suite d'une valorisation de l'huile qui profite beaucoup plus aux intermédiaires et aux firmes privées au détriment des ayants droit. Cette évolution a conduit l'auteur à s'interroger sur les modalités de rendre juridiquement le fonctionnement socio-économique traditionnel de l'arganeraie soutenable.

La délimitation forestière de l'arganeraie: un sérieux conflit social : Après avoir passé en revue le processus de délimitation et les dispositifs juridiques qui régissent cette procédure, l'auteur a relevé certaines défaillances et contradictions entachant cette réglementation. Il a mis l'accent ensuite sur la nécessité que les acteurs locaux mènent un plaidoyer pour une meilleure adaptation de la législation actuelle de la gestion des ressources forestières aux évolutions tant économiques, sociales et environnementales, tout en exploitant le nouveau climat politique du pays.

Au terme de cette session, certaines communications ont suscité des **discussions** passionnées qui relèvent surtout sur les points suivants :

- Les problèmes de délimitation forestière ;
- La législation forestière relative à l'espace arganeraie ;
- Les problèmes de transhumance ;
- Le développement territorial de la réserve de biosphère d'arganeraie ;
- La nécessité d'impliquer la population dans tout processus de changement de statut et de délimitation.

Les recommandations ont concerné :

- La quantification exacte de la ressource ;
- La gestion des risques ;
- Le traitement différencié des territoires ;

- La maîtrise des circuits de commercialisation ;
- Le renforcement du rôle des ayants droit ;
- Le développement des recherches en sciences sociales pour une meilleure compréhension des mutations socioéconomiques permettant de pouvoir prévenir les conflits ;
- Mise en œuvre d'une nouvelle législation de la forêt d'arganier.

Recommandations de la deuxième édition du Congrès International de l'Arganier

Rappelons d'abord les atouts de l'arganier dans son écosystème naturel, au niveau environnemental et socio-économique, son rôle de barrière contre la désertification et le maintien de la biodiversité. Le paysage arganier présente une très grande variabilité du point de vue densité, aspects architecturaux des arbres, des fruits, de production... et parallèlement, illustre une dégradation continue sous l'effet de différents facteurs naturels et anthropozoïques.

Les présentations orales et affichées présentées lors de la 2ème édition du Congrès International de l'Arganier ont mis en exergue une richesse dans la production scientifique. Un engagement considérable de la part des chercheurs, prouvé par la qualité et la quantité de travaux qui répondent aux besoins de développement de l'écosystème arganier.

Les principales recommandations du Congrès selon les axes sont :

Axe 1

1. Intégrer les usagers et le savoir-faire local dans l'élaboration et la mise en œuvre des programmes de recherche scientifique et technique ;
2. Considérer la pression exercée sur l'arganeraie comme priorité dans les programmes de recherche.

Axe 2

1. Pour le programme de réhabilitation de l'arganeraie, il est recommandé de capitaliser les résultats obtenus pour préciser la biodiversité et l'intégrer dans les programmes de développement ;
2. Pour le programme de l'intensification, il faut capitaliser les résultats obtenus, pour l'amélioration génétique et la création variétale ;

3. Il est également impératif d'intensifier la recherche sur l'arganiculture notamment sur la propagation, la conduite technique, etc.

Axe 3

1. Elargir le programme de recherche dans la valorisation des sous-produits et l'élaboration des procédés de transformation agroalimentaire ;
2. Accompagner la dynamique de recherche innovation en matière de valorisation par la création de startup et d'incubateurs ;
3. Promouvoir la R&D sur les analyses économiques notamment, celles relatives aux coûts bénéfiques, les services environnementaux et l'économie verte ;
4. Renforcer la recherche sur la nutrition et la santé humaine.

Axe 4

Il est urgent de renforcer la recherche sur les sciences sociales afin de mieux comprendre le fonctionnement de l'espace arganeraie dans toutes ses dimensions, identifier les contraintes et proposer des alternatives durables.

Recommandations transversales :

1. Renforcer la coordination et la collaboration entre les unités de recherche ;
2. Renforcer la collaboration verticale entre les acteurs chercheurs et les usagers ;
3. Renforcer la communication autour des résultats de recherche sur l'arganier pour en assurer le partage et la vulgarisation.



Structure et fonctionnement de l'écosystème arganeraie

Communications orales

Nouvelles données sur l'état actuel, la biogéographie et la restauration naturelle des écosystèmes naturels à arganier au Maroc

Benabid A.

Professeur Chercheur, Expert Indépendant. Assanabile, Villa n°10, Route de Mehdy, 11160 Salé, Maroc

RESUME

Le travail présente les nouvelles données relatives à l'état actuel, la biogéographie et la restauration naturelle des écosystèmes à Arganier. Ils sont très dégradés en plaines où la pression anthropozoogène leur a profondément réduit les structures-architectures. Ils n'y ont aucune possibilité de se régénérer naturellement. Par contre, en montagnes, leurs structures-architectures leur permettent, en général, un fonctionnement plus ou moins normal. Le travail apporte également de précieuses nouvelles connaissances relatives à la répartition biogéographique de l'ensemble des écosystèmes à Arganier, et aux contacts de ces derniers avec ceux des autres essences forestières. Il relate également des observations et formule des recommandations fortes utiles pour la restauration écologique des écosystèmes à Arganier, basée sur les espèces nurses spontanées, ou sub-spontanées (Cactus).

Mots-clés : *Ecosystèmes à Arganier, structures-architectures, régénération, biogéographie, restauration écologique.*

ABSTRACT

Work presents the new data relating to the current state, the biogeography and the natural restoration of Argan tree ecosystems. They are very degraded in plains where the anthropozoogenic pressure their deeply reduced structure-architectures. They have no possibility of natural regeneration. On the other hand, in mountains, their structure-architectures allow them a normal functioning. Work also brings invaluable news knowledge relating to the biogeographic distribution of the whole of the ecosystems to Argan tree, and their contact with those of the other forest trees. It also reports observations and makes recommendations extremely useful for the ecological restoration of the Argan tree ecosystems, based on the spontaneous (Natural species) or subspontaneous (Cactus) nurses plants.

Keywords: *Argan tree ecosystems, structure-architectures, regeneration, biogeography, ecological restoration.*

INTRODUCTION

Notre travail présente ici, de nouvelles données inédites sur l'état actuel, la biogéographie et la restauration naturelle des écosystèmes naturels à Arganier (*Argania spinosa*) au Maroc. Ces données viennent renforcer celles que nous avons présentées au premier congrès sur l'Arganier (Benabid & Melhaoui, 2011). Nous avons effectué ces nouvelles observations lors de nos missions entreprises, durant la période printemps-été 2013 (Benabid, 2013), dans le cadre du Projet FAO-HCEFLCD (Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la lutte Contre la Désertification) : « Elaboration des cartes des risques aux incendies de forêts du Maroc ».

MATERIEL ET METHODE

Nos missions ont été réalisées dans l'ensemble du Maroc entre 2007 et 2013 (Benabid, 2010), mais c'est la troisième et dernière phase du projet (Benabid, 2013) qui nous a permis de prospecter la quasi-totalité des territoires des écosystèmes à Arganier ; puisque les deux stations relictuelles de cette espèce du Maroc septentrional ont été étudiées lors des deux premières phases du Projet. Le travail du terrain a consisté à déterminer la composition floristique des types de combustibles apparentés aux types de peuplements des cartes IFN (Inventaire Forestier National) avant de décrire leurs structures-architectures. Ainsi, pour effectuer un relevé phytosociologique simplifié ou

une description d'un type de combustible, nous nous plaçons au milieu d'un type de peuplement pour bien apprécier les indices de recouvrement et de structure-architecture. Après avoir repéré le polygone sur la carte IFN, et noté les observations générales relatives à la zone, nous procédons à enregistrer la liste de toutes les espèces végétales dont le recouvrement est supérieur ou égal à 10% au niveau de toutes les strates visibles verticalement. Pour chacune des espèces notées, nous estimons la hauteur et le recouvrement moyens offerts par ses peuplements. Quant à la matière organique morte, elle est appréciée à deux niveaux : le pourcentage de nécromasse (branches et troncs encore accrochés, debout ou au sol) par rapport à la biomasse totale ; le recouvrement au sol de la litière. Nous relevons, enfin, la hauteur moyenne de la première branche au-dessus du sol ou du sous-bois. Ces relevés ont concerné tous les types de peuplements à Arganier : composition floristique, biogéographie, structure-architecture (hauteur, densité, recouvrement), vitalité, dynamisme, impacts anthropozoogènes, risques aux incendies de forêts,...

RESULTATS

Grâce aux synthèses scientifiques écologiques, botaniques, géographiques, phytogéographiques, phytosociologiques,... (Barbéro & al, 1982 ; Benabid, 2000, 2012, 2013 ; Benabid & Cuzin, 1997 ; Emberger, 1939 ; Quézel & al, 1995) et aux prospections et vérifications au sol dans toutes les zones à Arganier, nous avons obtenu des résultats fort utiles pour la compréhension de l'état actuel des structures-architectures des écosystèmes à Arganier, de leur biogéographie, de leur fonctionnement, de leur dynamique ; ainsi que des possibilités de leur restauration écologique :

- Correction des cartes IFN :

Il s'agit d'erreurs de photo-interprétation, ou dues aux méconnaissances botaniques, écologiques, phytogéographiques,... (Benabid, 2013). A titre d'exemples des erreurs que nous avons relevées sur les cartes de l'IFN, nous relatons les cas du tableau ci-dessous (Tableau. 1), avec les corrections.

- Précision de la composition, de la hauteur et de la densité des peuplements forestiers :

Elle a été réalisée dans toutes les zones à Arganier où celles-ci n'ont pas été indiquées sur les cartes IFN.

- Recompartimentage des cartes IFN pour mentionner les corrections :

L'extrapolation de telles corrections aux zones non

prospectées, est entreprise grâce à un compartimentage de la carte IFN que nous avons élaboré nous-même.

- Description de tous les types de peuplements (ou types de combustibles) sur les cartes corrigées :

Au total, 100 relevés pour les 4 DREF du Maroc centro-méridional ont été effectués (Tabl.2). Il s'agit pour la quasi-totalité d'écosystèmes purs organisés par l'Arganier, à l'exception de ceux au sein desquels cette espèce s'associe à d'autres essences forestières.

- Description des structures-architectures actuelles et du fonctionnement des écosystèmes à Arganier (Benabid, 2000, 2012 & 2013) :

Deux groupes d'écosystèmes se distinguent :

- **Ecosystèmes à Arganier de plaines** : Ils sont en dysfonctionnement puisque leur structure-architecture est très simplifiée (arbres-thérophytes), à cause des travaux agricoles au sol entrepris, malheureusement, de façon légale. Il s'agit de futaies équiennes composées de vieux arbres, généralement, en faible densité, et sans aucune possibilité de régénération naturelle. Dans la très grande majorité des cas, la thérophytisation de ces écosystèmes est menée par la Poacée : *Stipa cappensis* (= *S. retorta* = *S. tortilis*), une annuelle de stratégie r (Facultés extraordinaires de reproduction, de dissémination de semences, de colonisation des stations d'ultimes stades de dégradation,...), d'une dynamique exceptionnelle, qui est incontestablement très avantagée par le fait qu'elle n'est pas pâturée par le bétail en période de floraison-fructification (Graines à base acérée pour s'enfoncer dans le sol, et munies d'arêtes tortiles pouvant percer la peau des animaux, lesquels ne s'aventurent pas dans les peuplements de cette plante pendant cette période), et qui est, en outre, très inflammable. Ainsi, ces types d'écosystèmes s'avèrent les plus vulnérables et les plus menacés de disparition (absence de régénération) et de ravages par les incendies de forêts, surtout dans les cas où la taille des peuplements de la Poacée permet aux feux de la strate herbacée d'évoluer vers des incendies de cimes.

- **Ecosystèmes à Arganier de montagnes** : Il s'agit, en général, d'écosystèmes à futaies jardinées, moyennement à assez denses, à sous-bois plus ou moins bien conservés, puisqu'ils sont épargnés des travaux agricoles. Parmi ceux-ci, les mieux conservés fonctionnent normalement, et se régénèrent naturellement grâce à la présence d'espèces nurses (*Euphorbia beaumierana*, *E. echinus*, *Chamaerops argentea*, *Chamaecytisus albidus*,...) pour les jeunes semis d'Arganier. Ces types d'écosystèmes s'observent dans les Ida-ou-Tanane et dans les environs du site à

Dragonier du Maroc (*Dracaena draco subsp. ajgal*) que nous avons récemment découverts (Benabid & Cuzin, 1997).

- **Précision des limites de l'aire naturelle des écosystèmes à Arganier :**

L'aire naturelle des écosystèmes à Arganier s'encarte essentiellement dans l'Ecorégion macaronésienne (Benabid, 2000 & 2012), au niveau de l'Etage Infra-méditerranéen, et localement Thermo-méditerranéen (Figures 1 & 2), de types semi-arides et arides, très chauds, chauds et tempérés. Ils s'observent parsemés dans les lits d'oueds secs sahariens. Dans tous les cas, ces écosystèmes – y compris les deux stations : celle des Béni Snassène, à 20 km de la mer, et celle de Oued Grou, à 80 km à l'Est de Rabat - restent liés aux influences maritimes qui se traduisent par une humidité atmosphérique élevée, et une forte réduction des écarts thermiques :

- Avec l'altitude, les précipitations augmentent et favorisent l'apparition des écosystèmes à Thuya en substitution de ceux à Arganier.
- Vers les zones de l'intérieur plus continentales, au Nord du Haut Atlas, l'Arganier cède la place au Gommier du Maroc (*Acacia gummiifera*) qui s'étendait dans les plaines et le Plateau des phosphates (Haouz, Rehamna, Tadla), et au Sumac à feuilles tripartites (*Rhus tripartitum*) dans les zones les plus sèches du piémont.
- Vers les zones orientales du piémont Sud du Haut Atlas, les limites de l'aire à Arganier sont marquées par l'apparition d'un écosystème mixte à *Acacia gummiifera* et à *Rhus tripartitum*.
- Vers les zones méridionales de basses altitudes, situées à l'Est de l'Anti-Atlas, ce sont les écosystèmes thermo-xérophiles organisés par les espèces arborescentes sahariennes (*Acacia raddiana*, *Acacia ehrenbergiana*, *Balanites aegyptiaca*,...) qui relayent ceux à *Argania spinosa*.
- Vers les zones méridionales plus sèches du littoral océanique, c'est l'écosystème à *Rhus tripartitum* qui remplace ceux à *Argania spinosa* dans les environs de Tarfaya-Laayoune.

- **Observations sur la restauration naturelle des écosystèmes à Arganier :**

La restauration naturelle est étroitement liée aux états des structures-architectures :

- **Elle est totalement absente** dans les plaines où les écosystèmes sont profondément altérés. Les tentatives

de reboisements agronomiques par semis de graines ou plants élevés en pépinière accusent des échecs totaux.

- **Elle est bien satisfaisante** par endroits, en montagnes, grâce à la présence d'écosystèmes à structures-architectures équilibrées, à sous-bois comprenant des espèces nurses au sein desquelles les jeunes semis naturels d'Arganier trouvent toutes les conditions favorables à leur développement.

- **Elle est spectaculaire** dans certaines plantations à Cactus (*Opuntia ficus-indica*) récemment réalisées à proximité des peuplements semenciers à Arganier dans les environs de Guelmim et dans l'Anti-Atlas. En effet, de nombreux éléments du cortège floristique de l'Arganier se réinstallent dans ces plantations, sans aucune assistance de la part des Services Forestiers. A ce sujet, il convient de noter que le processus de restauration naturelle des écosystèmes à *Acacia gummiifera* a déjà atteint son apogée dans les anciennes plantations à Cactus dans les Jebilettes des Rehamna et du Haouz. Dans ces conditions, le Cactus s'est avéré une excellente plante nurse pour la restauration naturelle des écosystèmes locaux.

CONCLUSIONS

Les principaux résultats de ce travail sont les suivants:

- La description des structures-architectures des écosystèmes à Arganier, l'évaluation de leurs états de conservation et la détermination de leurs compositions floristiques : Ceux des plaines, ayant atteint l'ultime stade de dégradation, sont menacés de disparition dans un proche avenir. Leur restauration écologique nécessite des efforts considérables. D'autres, par contre, parmi ceux de montagne, offrent encore des structures-architectures qui leur permettent un fonctionnement normal, malgré la forte pression anthropozoogène exercée sur eux. Ils sont résilients et dynamiques. Une assistance minime de la part des Services Forestiers en faveur de leur restauration écologique les aiderait à atteindre rapidement le niveau optimal de leur fonctionnement.
- L'approfondissement des connaissances relatives à la répartition biogéographique des écosystèmes à Arganier dans leur aire naturelle, et la précision des limites de celle-ci, et les contacts avec les autres essences forestières.
- La mise en évidence des processus de la restauration naturelle des écosystèmes à Arganier dans certaines plantations artificielles à Cactus.

A la lumière de ces résultats, nous recommandons aux Services Forestiers :

- D'entamer immédiatement des travaux de restauration écologique des écosystèmes à Arganier, en profitant des rôles majeurs offerts par les plantes nurses spontanées (espèces caractéristiques des associations de la série de végétation de l'écosystème), subspontanées (Cactus) ou exotiques (Acacias australiens). De très nombreuses plantations à Cactus sont prêtes pour la réalisation de ces travaux.

- D'abandonner définitivement la pratique des reboisements agronomiques qui se sont avérés trop onéreux, et soldés par des échecs totaux ; en raison du fait qu'ils ne reposent sur aucun fondement, et qu'ils s'opposent incontestablement aux buts visés par la restauration écologique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Barbéro M, Benabid A, Quézel P, Rivas-Martinez S & Santos A, 1982 - Contribution à l'étude des *Acacio-Arganietalia* du Maroc sud-occidental. Doc. Phytosociol. n.s. 6: 311-338.

Benabid A, 2000 - Flore et écosystèmes du Maroc : évaluation et préservation de la biodiversité. Edit. Ibis Press, Paris, et Kalila Wa Dimna, Rabat, 360 p.

Benabid A, 2010 - Evaluation, description et cartographie des types de combustibles forestiers du Maroc septentrional (in Projet du Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre

la Désertification et FAO : Elaboration des cartes des risques aux incendies de forêts au Maroc – 2° Phase), Rome, 35 p.

Benabid A, 2012 (en arabe) – Milieu naturel et plantes du Maroc Edit. Fondation Al Saoud, Casablanca, p433 433.

Benabid A, 2013- Composition, structure et cartographie des types de combustibles (in Projet du Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification et FAO : Elaboration des cartes des risques aux incendies de forêts au Maroc– 3° Phase), Rome, 15 p.

Benabid A& Cuzin F, 1997 - Des populations de Dragonnier (*Dracaena draco* subsp. *ajgal* Benabid & Cuzin 1997) au Maroc : valeurs taxinomiques, biogéographiques et phytosociologiques. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de France, Paris : 267-277.

Emberger L, 1939 - Aperçu général sur la végétation du Maroc. Veröft. Geobot. Inst. Rübel, Zürich 14 : 40-154, + carte hors texte.

Quézel P, Barbéro M, Benabid A& Rivas-Martinez S, 1995 - Les structures de végétation arborées à Acacia sur le revers méridional de l'Anti Atlas et dans la vallée inférieure du Draâ (Maroc) - Phytocoenologia, Berlin - Stuttgart 25 (2) : 279-304.

Etude ethnobotanique des plantes aromatiques et médicinales des écosystèmes d'arganier au niveau la préfecture d'Agadir Ida Outanane au Sud-ouest du Maroc

Ouhaddou H.¹, Boubaker H.², Msanda F.²

¹Direction Régionale des Eaux et Forêts et de la Lutte Contre la Désertification du Sud-Ouest, Agadir. BP 520, Agadir principale. Email : halimouhaddou@gmail.com

²Laboratoire de Biotechnologies et Valorisation des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences. Cité Dakhla, B.P 8106, Agadir, Maroc. Email : h.boubaker@uiz.ac.ma; f.msanda@uiz.ac.ma

RESUME

Cette étude a pour objectif l'inventaire et la valorisation des Plantes Aromatiques et Médicinales (PAM) dans les écosystèmes d'arganier au niveau de la préfecture d'Agadir Ida Outanane par la sauvegarde des connaissances acquises par la population locale. 400 fiches ethnobotaniques ont été renseignées auprès des ménages dans la zone d'étude, les données qui ont été recueillies concernent, entre autres, les noms vernaculaires des plantes, les usages, les parties utilisées et le mode de préparation. D'autres informations concernant le profil des usagers ont été, également, collectées, à savoir l'âge, le sexe, le niveau d'études, la situation familiale et le revenu.

Cent dix espèces appartenant à 53 familles et 95 genres ont été inventoriés. Les plantes fréquemment utilisées sont : *Thymus satureioides*, *Thymus broussonetii*, *Argania spinosa*, *Tetraclinis articulata* et *Lavandula dentata*. 7,27 % des espèces sont endémiques du Maroc. La majorité des interrogés (93,7%) utilise la phytothérapie pour le traitement des maladies. Les personnes les plus âgées (plus de 50 ans) ont plus de connaissances en PAM par rapport aux autres classes d'âges, ce qui indique que les connaissances sont acquises suite à une longue expérience accumulée.

Mots clés: *Enquêtes ethnobotaniques, plantes aromatiques et médicinales, phytothérapie, Préfecture d'Agadir Ida Outanane, Sud-Ouest du Maroc.*

ABSTRACT

This ethnobotanical study has for objective the inventory and the valuation of existing aromatic and medicinal plants (PAM) in the ecosystems of argan tree at the level of the prefecture of Agadir Ida Outanane by the saving of the knowledge acquired by the local population. 400 forms ethnobotanical were informed with the households in the zone of study, the data which were collected concern, among others, the vernacular names of plants, the uses, the used parts and the mode of preparation. Others information about the investigated informants was also collected worth knowing the age, the sex, the level of studies, the family situation and the income. One hundred and ten species belonging to 53 families and 95 genres were inventoried. Plants frequently used are: *Thymus satureioides*, *Thymus broussonetii*, *Argania spinosa*, *Tetraclinis articulata* and *Lavandula dentata*. 7,27 % of the species are endemic of Morocco. The majority of the questioned (93,7 %) use the phytotherapy for the management of diseases. The oldest people (more than 50 years) have more knowledge in PAM with regard to the other age groups, what indicates that the knowledge are acquired further to a long experience accumulated.

Keywords : *Ethnobotanical survey, aromatic and medicinal plants, phytotherapy, Agadir Ida Outanane prefcture, southwest of Morocco.*

INTRODUCTION

Par sa situation géographique entre la méditerranée au Nord, l'océan atlantique à l'Ouest et le Sahara

au Sud, et compte tenu des variations altitudinales et climatiques, le Maroc présente des écosystèmes forestiers riches et diversifiées : plus de 7000 espèces et sous espèces végétales dont environ 800 comme plantes

aromatiques et médicinales (CRF, 2013). La préfecture d'Agadir Ida Outanane est parmi les régions du Maroc qui possèdent un potentiel important en PAM (Thym, lavande, arganier,...). La valorisation de ce patrimoine souffre d'un manque de connaissances précises aussi bien sur les espèces utilisées, leur potentiel en phytomasse, leur composition chimique,....

Ce travail vise l'identification des PAM (espèces, mode de préparation, parties utilisées, maladies traitées) utilisées par la population locale de la région d'Agadir Ida Outanane et donc revitaliser et préserver le savoir empirique local qui a résisté à l'épreuve du temps (El Rhaffari et Zaid ; 2000). La connaissance de l'utilisation de plantes médicinales et leurs modes de préparation sont d'habitude transmises d'une génération à l'autre, mais elle est souvent en danger parce que cette transmission n'est pas toujours assurée (Addo-Fordjour et al. 2008; 2012). L'inventaire de ce savoir est d'une extrême utilité car il risque de disparaître à cause de l'évolution des modes de vie et de communication (Bellakhdar, 1997).

MATERIEL ET METHODES

La région d'Agadir Ida Outanane, qui relève de la Région de Souss Massa Draa (figure n° 1), s'étend sur une superficie approximative de 240 000 hectares et fait partie de la réserve de biosphère d'arganeraie approuvée par l'UNESCO en 1998.

Sur le plan bioclimatique, la zone d'étude peut être classée globalement dans les étages bioclimatiques aride et semi-aride à hiver frais à chaud avec un régime pluviométrique saisonnier où plus de 51% des précipitations annuelles sont recueillies en hiver.

La région d'Ida - Ou - Tanane est caractérisée par une végétation particulièrement formée d'un mélange d'éléments tropicaux, macaronésiens, méditerranéens atlantiques et endémiques (Benaabid, 1976). Les principaux groupements végétaux sont constitués à base d'arganier, de thuya, de chêne vert ou d'un mélange de ces espèces.

Les informations concernant les plantes et leurs usages ont été obtenues à travers des enquêtes ethnobotaniques menées auprès des habitants, herboristes, tradipraticiens de la région d'Agadir Ida Outanane. L'enquête a été menée à l'aide d'une fiche enquête ethnobotanique (questionnaire) soumise aux enquêtés au cours des entretiens individuels. Le nombre d'entretiens réalisé est de 400. Les informations collectées concernent le profil de chaque enquêté et les plantes utilisées. Ainsi, l'information collectée sur l'enquêté comprend l'âge, le sexe, le niveau de scolarité et le revenu. Les informations recueillies concernent les plantes utilisées : nom local (berbère et/ou arabe), les usages, l'origine, partie utilisée et mode d'utilisation ou de préparation.



Figure n°1 : Carte de situation générale de la zone d'étude

Toutes les espèces ont été mentionnées par les ménages par leur nom commun. L'identification taxonomique des espèces a été effectuée à l'aide de la littérature.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Caractéristiques démographiques des enquêtés

Les résultats de cette étude montrent que les personnes les plus âgées (plus de 50 ans avec une fréquence de 56 %) ont plus de connaissances en PAM par rapport aux autres classes d'âges. Ce qui indique que les connaissances sont acquises suite à une longue expérience accumulée. La plupart des personnes (91,7 %) interrogées ont acquis cette connaissance des parents et des grands parents.

La majorité des interrogés (93,7%) a répondu qu'elle utilise la phytothérapie pour traiter leur maladie. Ce taux varie entre 50 à 95 % selon les régions (Bellakhdar, 1997).

Le niveau d'analphabétisation est relativement élevé au niveau de la région d'Agadir Ida Outanane et enregistre un taux de 59, 65 % qui est très proche de la moyenne nationale qui est de 60.2 % (HCP, 2004). Ceci, rend la valorisation et la gestion durable des ressources naturelles et plus particulièrement celle des PAM difficile.

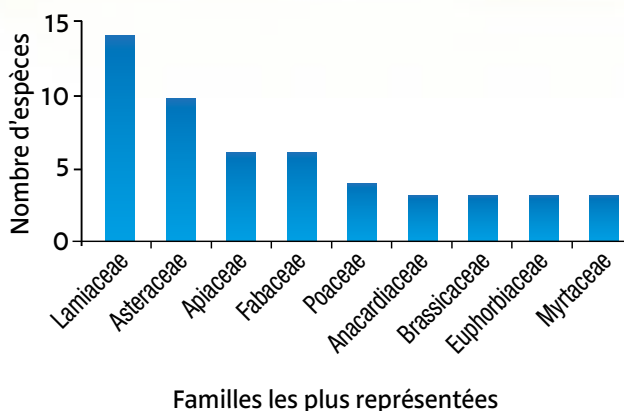
2. Diversité des plantes médicinales

Dans cette étude, nous avons pu inventorier cent dix espèces appartenant à 53 familles et 95 genres. Les familles les plus représentées (figure n° 2) dans la zone d'étude sont les Lamiaceae (14 espèces), les Asteraceae (10 espèces), les Apiaceae et les Fabaceae (6 espèces chacune), les Poaceae (4 espèces) et les Anacardiaceae, Brassicaceae, Euphorbiaceae et Myrtaceae (3 espèces chacune).

Les cinq familles les mieux représentées dans la zone d'étude, sont aussi bien distribuées partout dans le Maroc et constituent aussi les groupes majeurs de la flore médicinale dans la plupart d'autres pays méditerranéens (Benitez et al., 2010; Savo et al., 2011; Abouri et al., 2012; El Rhaffari et Zaid, 2000 ; Nassif et Tanji, 2013).

Les résultats de l'enquête montrent que 15 plantes médicinales sont d'un usage fréquent dans la zone d'étude : *Thymus satureioides* (citée 238 fois), *Thymus broussonetii* (171), *Tetraclinis articulata* (168), *Lavandula dentata* (111), *Artemisia inculata* (84), *Globularia alypum* (83), *Cistus villosus* L. (78), *Marrubium vulgare* (58), *Chenopodium ambrosioides* (46), *Pistacia lentiscus* (39), *Olea europea* (34), *Ononis*

Figure n°2 : Répartition des familles les plus utilisées selon le nombre d'espèces dans la région d'Ida Outanane



natrix (30), *Lavandula stoechas* (26), *Ceratonia siliqua* (25) et *Argania spinosa* (22).

Parmi les espèces utilisées au niveau de la région d'Agadir Ida Outanane, 8 (7,27 %) sont endémiques du Maroc. La majorité des plantes médicinales (65,45 %) identifiées dans cette enquête sont des espèces spontanées (*Thymus satureioides*, *Argania spinosa*, *Tetraclinis articulata*, *Pistacia lentiscus*, *Lavandula dentata*, *Ononis natrix*). Les plantes cultivées représentent 19,1 %. Le reste est importé d'autres régions du Maroc ou d'autres pays.

L'analyse des types biologiques des plantes médicinales utilisées dans la zone d'étude a révélé que la plupart des espèces sont des thérophytes (24 %) suivis par les chaméphytes (21 %), les nanophanérophytes (19 %), les mésophanérophytes et les phanérophytes (15 %), les hémicryptophytes (13%) et les géophytes (8 %).

3. Utilisations thérapeutiques

La population de la zone d'étude souffre en premier lieu des maladies touchant l'appareil digestif (22 %) suivi par les maladies touchant l'appareil respiratoire (18%), l'appareil circulatoire (16 %) et la peau (12%).

CONCLUSION

Cette étude nous a permis d'inventorier les plantes médicinales utilisées par la population de la région d'Agadir Ida Outanane. Une grande diversité de plantes est utilisée par la population locale pour traiter différentes types de maladies, ce qui indique que les plantes médicinales continuent à jouer un rôle important dans le système primaire de santé pour la population vivant dans la région d'Ida Outanane. Un catalogue ethnobotanique composé de 110 espèces

de plantes appartenant à 95 genres et 53 familles est développé. La présente étude va contribuer à la sauvegarde et à la préservation des connaissances sur l'utilisation des plantes médicinales au niveau de la zone d'étude.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abouri M, El Mousadik A, Msanda F, Boubaker H, Saadi B et Cherifi K (2012). An ethnobotanical survey of medicinal plants used in the Tata Province, Morocco. *International Scholars Journals*, pp. 099-123.
- Addo-Fordjour P, Anning AK, Belford EJD, Akonnor D (2008). Diversity and conservation of medicinal plants in the Bomaa community of the Brong Ahafo region, Ghana. *Int. J. Med. Plants Res.*, 2(9): 226-233.
- Bellakhdar J (1997). La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Ibis Press, Paris.
- Benaabid. A, 1976: Etude écologique et phytosociologique et sylvo – pastorale de la tetracinaie de l'Amsitten. Thèse doctorat de 3 ème cycle, Fac. Sci. St Jérôme Marseille III, France, 155 p
- Benitez G, Gonzalez-Tejero MR, Molero-Mesa J (2010). Pharmaceutical ethnobotany in the western part of Granada province (southern Spain): Ethnopharmacological synthesis. *J. Ethnopharmacol.*, 129: 87-105.
- Centre de Recherche Forestière (2013) : Plantes aromatiques et médicinales, recueil des publicaions 2004-2013-Rabat-Maroc.
- Haut-Commissariat au Plan (H.C.P.) 2004. Recensement général de la population et de l'habitat. Site Internet : <http://www.clad.hcp.ma/resultatsdurgph2004/>
- Nassif F, Tanji A (2013). Gathered food plants in Morocco: the long forgotten species in ethnobotanical research, *Life sciences leaflets*, pp 17-54.
- Savo V, Giulia C, Maria GP, David R (2011). Folk phytotherapy of the Amalfi Coast (Campania, Southern Italy). *J. Ethnopharmacol.*, 135: 376-392.

Les approches de séquençage massif (pyroséquençage) révélant une diversité insoupçonnée parmi la communauté mycorhizienne de l'arganier

Sanguin, H.¹, Benismail, M.C.², Bressan, M.¹, Baudoin, E.³, Hafidi, M.⁴, Abouzi, A.², Lebrun, M.⁵, Duponnois, R.³, Galiana, A.¹, Kenny, L.² & Prin, Y.¹

¹CIRAD, UMR LSTM, 34398, Montpellier Cedex 5, France

²Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Complexe Horticole d'Agadir, BP18/S Agadir, Maroc

³IRD, UMR LSTM, 34398, Montpellier Cedex 5, France

⁴Laboratoire d'Ecologie et Environnement Faculté des Sciences Semlalia. Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc

⁵Université de Montpellier II, UMR LSTM, 34095 Cedex 5, Montpellier, France

RESUME

Les écosystèmes à arganier sont soumis à une forte dégradation de leur fonctionnement due aux effets conjugués des changements climatiques globaux et des pressions anthropiques croissantes. Le développement de stratégies durables de gestion de ce patrimoine est donc crucial pour son maintien et son exploitation. Parmi ces stratégies, l'utilisation de champignons mycorhiziens dans les itinéraires culturels apparaît comme une méthode de choix. En effet, les champignons mycorhiziens sont des facteurs clés de la productivité et de la stabilité des écosystèmes. Cependant, l'efficacité et la durabilité des opérations de mycorhization contrôlée sont dépendantes de l'origine édaphique de l'inoculum, soulignant l'importance de valoriser les ressources symbiotiques natives. La présente étude a pour objectif d'apporter une image plus détaillée de la diversité mycorhizienne via l'utilisation des approches moléculaires, et notamment les nouvelles technologies de séquençage. Les résultats révèlent une diversité de symbiotes bien plus étendue que celle décrite auparavant, et suggèrent aussi un certain niveau de spécificité dans l'association symbiotique Arganier/ Glomérormycètes.

Mots Clés : *arganier, mycorhizes, diversité, pyroséquençage.*

ABSTRACT

Argan ecosystem functioning are highly degraded due to the combined effects of global change and increasing anthropic pressures. The development of sustainable strategies to manage this ecological heritage is thus crucial for its conservation and exploitation. The use of mycorrhizae in agricultural practices appears as one of the most promising strategy. Indeed mycorrhizal fungi are key components in ecosystem productivity and stability. However, the efficiency and sustainability of controlled mycorrhizal inoculations are highly dependent of the edaphic origin of the fungi used as inoculant, highlighting the need to select native symbiotic resources. The current study aims at improving our knowledge of mycorrhizal diversity by using molecular approaches, notably new generation sequencing technologies. The results reveal a high diversity of symbionts, hitherto largely not described, suggesting also a relative specificity in Argan / Glomerycota symbiotic association.

Key words: *argan tree, mycorrhizae, diversity, pyrosequencing*

INTRODUCTION

L'écosystème arganier (populations naturelles et agrosystèmes) joue un rôle socio-économique majeur au Maroc. Cependant, cet écosystème subit

une accélération des processus de dégradation due à une pression anthropique directe (exploitation, surpâturage) et indirecte (sur-irrigation, déprise agricole, ...) croissante, et une accentuation du réchauffement climatique. Préserver cet écosystème,

adapté et rentable, nécessite la mise en place de programmes de réhabilitation, ce qui exige une bonne connaissance des paramètres écologiques impliqués dans son fonctionnement. Les champignons mycorhiziens sont des acteurs clés du fonctionnement des écosystèmes (Rillig, 2004). Parmi ces champignons, les champignons mycorhiziens à arbuscules (CMAs) forment des symbioses avec la plupart des plantes terrestres, et sont essentiels pour la productivité végétale et la compétitivité des plantes mycorhizées (Smith and Reads, 2008 ; Johnson et al., 2010). La forte dépendance mycorhizienne de l'arganier et l'utilisation possible de souches de Glomérormycètes comme inoculant microbiologique pour améliorer sa croissance ont été démontrées (Nouaim et Chaussod, 1994 ; Echairi, 2008). Cependant, l'efficacité et la durabilité de ces opérations de mycorhization contrôlée sont dépendantes de l'origine édaphique de l'inoculum et de son interaction avec la diversité génétique de la plante hôte, soulignant l'importance de valoriser les ressources symbiotiques natives (Ouahmane et al. 2007; Johnson et al. 2010). Malgré ce constat, la caractérisation extensive des communautés mycorhiziennes associées à l'arganier est quasi inexistante. Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est d'apporter une image détaillée de la diversité mycorhizienne associée à l'arganier, via la combinaison d'approches traditionnelles et des nouvelles technologies de séquençage (pyroséquençage).

MATERIEL ET METHODES

Sites d'échantillonnages

Les échantillonnages ont été réalisés dans 12 sites répartis dans les régions entre Marrakech, Essaouira et Agadir (Tableau 1) en 2008, 2009 et 2011. Des échantillonnages de sols et de racines ont été effectués pour réaliser la caractérisation des CMAs au niveau des spores (7 sites) et des racines (5 sites).

Caractérisation phénotypique des CMAs

Au niveau des sols prélevés, les spores de CMAs ont été extraites selon la méthode du tamisage humide, triées, photographiées et caractérisées phénotypiquement.

Caractérisation moléculaire des CMAs

Au niveau des racines, deux approches moléculaires ont été utilisées, une approche traditionnelle de clonage/séquençage et une approche basée sur les nouvelles technologies de séquençage (pyroséquençage). L'ensemble des racines (5 arbres) a été rincé avec de l'eau distillée stérile pour éliminer le maximum de sol encore présent autour de celles-ci, puis soigneusement

séché avant conservation à -20°C . Pour l'approche traditionnelle (clonage/séquençage), environ 100 mg de racines ont été broyées dans de l'azote liquide, puis l'ADN génomique total a été extrait à l'aide du kit commercial DNeasy Plant Mini Kit (QIAGEN, France), selon le protocole recommandé par le fabricant. Après vérification de l'intégrité de l'ADN sur gel agarose 1%, et quantification avec un spectrophotomètre NanoDrop ND100 (Thermo-scientific, Courtaboeuf, France), l'ADN a été conservé à -20°C . L'ADN ribosomique 28S (ADNr 28S) a été amplifié par PCR selon un protocole ciblant spécifiquement les CMAs (Gollotte et al., 2004). Chaque amplicon a ensuite été cloné (pGEM-T Easy Vector System kit; Promega) afin de générer une banque de clones d'ADNr 28S, et un sous ensemble de clones a été séquençé (Genoscreen, France).

Pour le pyroséquençage, l'ADN a été extrait à partir de 40-50 mg de racines à l'aide du FastPrep-24 homogenizer (MP biomedical Europe, France) et du kit commercial FastDNA[®] SPIN kit (MP biomedical Europe) selon les recommandations du fournisseur, puis purifié sur des colonnes Micro Bio-Spin[®] (Bio-Rad, France) contenant du PVPP (polyvinylpolypyrrolidone). L'intégrité de l'ADN a été vérifiée comme précédemment et quantifié en utilisant le kit Quant-iT[™] PicoGreen[®] dsDNA assay kit (Invitrogen, France). L'ADN ribosomique 18S (ADNr 18S) a été ciblé selon un protocole détaillé dans Liu et al. (2011). Après purification à l'aide du kit illustra GFX PCR DNA and Gel Band Purification Kit (GE Healthcare Life Sciences, France), l'amplicon a été soumis à différentes étapes de préparation pour le pyroséquençage (MR DNA, TX, USA).

Analyse des données issues du clonage/séquençage et du pyroséquençage

Les séquences obtenues par l'approche clonage/séquençage ont été alignées à l'aide de MUSCLE (logiciel MEGA6). L'alignement a été importé dans le logiciel MOTHUR afin de regrouper les séquences par groupes de similarité (Molecular Operational Taxonomic Unit, MOTU). Un seuil de 97% a été choisi comme seuil de similarité au niveau des séquences nucléiques. Pour chaque échantillon et chaque MOTU, une séquence type a été sélectionnée pour assignation phylogénétique dans une base de données de référence (Krüger et al., 2012). L'analyse phylogénétique a été basée sur une analyse en réseau de type Neighbor-Net avec le logiciel SplitsTree4. La robustesse du réseau a été estimée par bootstrap (1000 répétitions). Les données de pyroséquençage ont été analysées suivant la procédure standard proposée par Schloss et al.

(2011). Les chimères et les séquences n'appartenant pas aux Glomeromycètes ont été supprimées des différents jeux de données. Pour les données de pyroséquençage, la même approche de reconstruction phylogénétique détaillée ci-dessus a été utilisée pour l'assignation taxonomique.

RESULTATS ET DISCUSSION

Estimation de la diversité des CMAs par les approches traditionnelles

L'analyse morpho-anatomique des spores prélevées sous arganier dans 7 sites (figure 1) révèle la présence de plusieurs taxa de CMAs appartenant aux genres *Glomus*, *Gigaspora*, *Scutellospora* et *Acaulospora*.

Au niveau des racines d'arganier, 5 arbres modèles ont été utilisés. Un total de 176 séquences a été analysé, et 2 séquences chimériques ont été exclues. Le regroupement des séquences suivant un seuil de similarité de 97% montre un nombre de MOTUs relativement faible, entre 2 à 9 suivant les échantillons (figure 1). Le taux de recouvrement de la diversité a

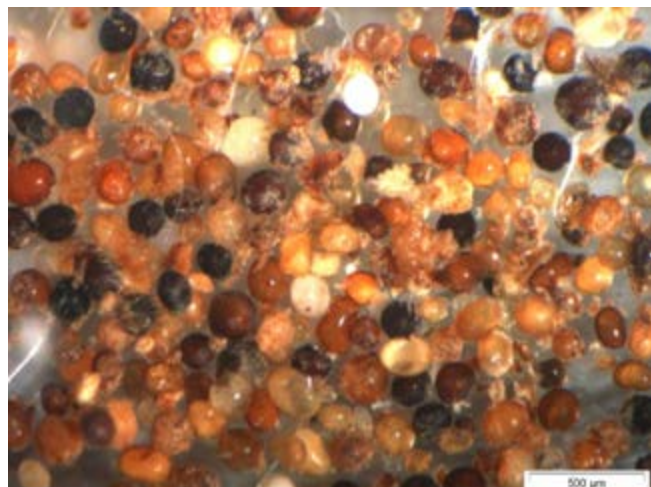


Figure 1

été estimé entre 87 à 100% suivant les échantillons. Cependant, le rapport entre le nombre de MOTUs (et le faible nombre de séquences) et l'équitabilité au sein des communautés mycorrhiziennes pourrait causer une surestimation de ce taux. L'augmentation du nombre de séquences via les nouvelles technologies de séquençage, et donc l'accès au MOTUs rares, devrait permettre d'infirmer ou confirmer les résultats obtenus. L'analyse phylogénétique montre la présence de séquences affiliées principalement au genre *Rhizophagus* mais aussi *Clareoideoglomus* et à différents clades peu caractérisés de *Glomeraceae* (figure 2).

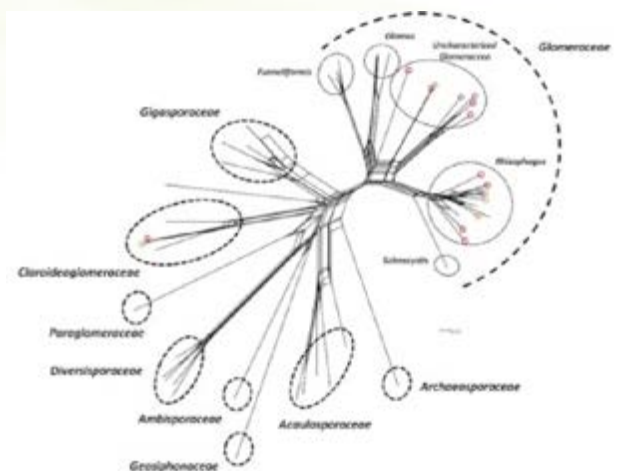


Figure 2

Estimation de la diversité des CMAs par pyroséquençage

L'approche par pyroséquençage a permis d'accéder plus aisément à un nombre élevé de séquences, en comparaison aux approches traditionnelles de clonage/séquençage. Au total, après élimination des séquences de faible qualité, des chimères et des séquences non spécifiques, 3000 séquences ont pu être réparties en 130 MOTUs (97% de similarité). Un ré-échantillonnage des données a cependant été effectué à partir d'un sous ensemble de 510 séquences afin de sélectionner les MOTUs les plus représentatives et limiter les faux positifs générés par la méthode. Il est cependant important de comprendre que ce ré-échantillonnage peut aussi induire une perte d'informations en termes de diversité. Ce dernier jeu de données est constitué de 11 MOTUs, avec un taux de recouvrement de la diversité de 98%. L'équitabilité est estimée de 0,2 à 0,5 (suivant l'estimateur utilisé), suggérant un plus fort déséquilibre que précédemment observé avec les méthodes traditionnelles. Néanmoins la comparaison des résultats entre les deux types d'approches reste limitée en raison de la grande différence dans la taille des jeux de données, 510 séquences/échantillon pour le pyroséquençage et 33-50 séquences/échantillon pour le clonage/séquençage. L'analyse phylogénétique des données de pyroséquençage a mis en évidence la présence de CMAs affiliées aux genres *Glomus* et *Rhizophagus* mais principalement à différents clades faiblement caractérisés de *Glomeraceae*.

CONCLUSION

La combinaison de différentes approches, phénotypique et moléculaires, a permis de dévoiler la grande complexité de la communauté

mycorhizienne associée à l'arganier. Cependant l'absence au niveau des racines de certains groupes taxonomiques pourtant présents sous forme de spores sous les arganiers peut révéler différent biais, (i) le faible nombre de sites explorés, (ii) les limites de l'assignation phénotypique, et/ou (iii) la pertinence d'étudier la communauté de spores sous une plante pour décrire la communauté réellement en symbiose avec cette dernière. L'exploration de la diversité mycorhizienne via les nouvelles technologies de séquençage a de plus permis d'accéder à sa grande complexité au sein des Glomeraceae, illustrée par une majorité de séquences faiblement affiliées à des CMAs connus. L'utilisation du pyroséquençage dans cette étude reste cependant limitée et doit être généralisée pour une meilleure estimation du cortège mycorhizien de l'arganier, en tenant compte non seulement de sa diversité génétique, mais aussi de la diversité de terroir de l'écosystème arganier. Historiquement, la dépendance mycorhizienne de l'arganier a été évaluée avec des souches de *Glomus intraradices* (renommé *Rhizophagus irregularis*) (Nouaim et Chaussod, 1994). Au vu des présents résultats, il apparaît cependant essentiel de prendre en compte la complexité du cortège mycorhizien dans son ensemble, et d'en évaluer son efficacité dans les stratégies d'ingénierie écologique.

REMERCIEMENTS

Marina Héry (UMR Hydrosiences, Montpellier France) pour ses conseils dans l'analyse des données issues du pyroséquençage. Ce projet a été financé dans le cadre du programme européen MEDA ADS Arganier et Agropolis international.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Echairi, Nouaim R, Chaussod R. 2008. Intérêt de la mycorhization contrôlée pour la production de plants d'arganier (*Argania spinosa*) en conditions de pépinière. *Sécheresse* 19: 277-81.

Gollotte A, Van Tuinen D, Atkinson D, 2004. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi colonising roots of the grass species *Agrostis capillaris* and *Lolium perenne* in a field experiment. *Mycorrhiza* 14: 111-117.

Johnson NC, Wilson GWT, Bowker MA, Wilson JA, Miller RM, 2010. Resource limitation is a driver of local adaptation in mycorrhizal symbioses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107: 2093-2098.

Krüger M, Krüger C, Walker C, Stockinger H, Schüßler

A, 2012. Phylogenetic reference data for systematics and phylotaxonomy of arbuscular mycorrhizal fungi from phylum to species level. *New Phytologist* 193: 970-984.

Liu Y, He J, Shi G, An L, Opik M, Feng H. 2011. Diverse communities of arbuscular mycorrhizal fungi inhabit sites with very high altitude in Tibet Plateau. *FEMS Microbiology Ecology* 78: 355-365.

Nouaim R, Chaussod R, 1994. Mycorrhizal dependency of micropropagated argan tree (*Argania spinosa*): I. Growth and biomass production. *Agroforestry Systems* 27: 53-65.

Ouahmane L, Hafidi M, Thioulouse J, Ducousso M, Kisa M, Prin Y, Galiana A, Boumezzough A, Duponnois R, 2007. Improvement of *Cupressus atlantica* Gaussen growth by inoculation with native arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal of Applied Microbiology* 103: 683-690.

Rillig MC, 2004. Arbuscular mycorrhizae and terrestrial ecosystem processes. *Ecology Letters* 7: 740-754.

Schloss PD, Gevers D, Westcott SL, 2011. Reducing the effects of PCR amplification and sequencing artifacts on 16S rRNA-based studies. *PLoS One* 6: e27310

Smith SE, Read DJ, 2008. Mycorrhizal symbiosis, 3rd edn. Academic press, San Diego, CA, USA.

Typologie et caractéristiques physico-chimiques des sols sur la base des différents substrats géologiques, relief et végétation dans la région d'Amsitten dans la province d'Essaouira

Essaghi, S., Benjelloun, H. & Sabir M.

Enseignants-chercheurs à l'Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, B.P. 511 Tabriquet 11000 Salé, Maroc.

Email: s.essaghi@gmail.com; enfibenjelloun@gmail.com; miloudsaadia@hotmail.com

RESUME

La dégradation de la forêt d'Amsitten est accentuée par les conditions du relief et du climat et se manifeste par les processus d'érosion des sols et de désertification. Par ailleurs, afin de mieux cerner la problématique sol dans cette région, des profils pédologiques ont été établis couvrant l'intégralité des formations géologiques, du relief et végétales de la région. Les échantillons de sol prélevés ont été étudiés sur les plans morphologique et physico-chimique afin d'aboutir à une classification adéquate et mieux comprendre les processus pédogénétiques régissant les sols de la région. En raison de la topographie accidentée, les classes dominantes sont celles des sols minéraux bruts et peu évolués (48%). Les sols calcimagnésiques (rendzines ou bruns calcaires) sont favorisés par la libération de quantités suffisantes de calcaire actif. Les sols bruns calcaires (21%) sont peu humifères, plus profonds et surtout beaucoup plus riches, initialement, en argile que les rendzines (10%). Les sols isohumiques (marrons en général) (7 %), quant à eux, ils prospèrent en zone agricole sur des roches mères de préférence calcaires ou carbonatées. La classe à sesquioxides de fer (14%) est caractérisée par des conditions spéciales d'altération de la roche mère assurant le maintien ou l'accumulation du fer dans le profil et par la suite le processus de rubéfaction.

Mots-clés: *Amsitten, région d'Essaouira, typologie des sols, classification française C.P.C.S. (1967).*

ABSTRACT

The degradation of Amsitten forest is accentuated by the relief and climate conditions and is manifested by the process of soil erosion and desertification. In order to better encircle the soil factor in this area, soil profiles have been established covering the whole geological, topographical and vegetal formations of the area. Soil samples were studied on morphological and physico-chemical aspects to lead to a proper classification and understanding of pedogenic processes governing the soils of the region. Due to the rugged topography, the dominant classes are crude mineral soils and less developed soils (48%). Calcimagnesian soils (rendzina or calcareous Brown) are favored by the release of sufficient quantities of active limestone. The calcareous Brown soil (21%), has less content of humus, are deeper and especially has more clay than Rendzina soils (10%). Isohumic soils (chestnuts in general) (7%), on the other hand, develop on parent material of preferably calcareous or carbonate type. Iron sesquioxide soil (14%) is characterized by special conditions of parent material weathering ensuring the maintenance or the accumulation of iron in the profile and then the process of rubefaction.

Key words: *Amsitten, region of Essaouira, soil typology, French classification C.P.C.S. (1967).*

INTRODUCTION

Les sols de la région méditerranéenne, tels qu'ils se présentent aujourd'hui, sont les fruits d'interactions qui durent depuis des millénaires entre les processus

naturels de la pédogenèse, et les activités des sociétés (De Franchis et Ibanez, 2003). La surexploitation du bois de feu, les défrichements pour l'agriculture et le surpâturage constituent les principales causes de la dégradation et de la déforestation dont

les manifestations sont l'érosion des sols et la désertification (M'Hirit, 1999). Le problème de la dégradation des sols en méditerranée se pose sérieusement avec des indicateurs alarmants sachant que la forêt originelle dans le pourtour méditerranéen couvrait 40% de l'espace alors qu'actuellement elle ne couvre que 4% (Yaalon, 1997) et que dans les meilleurs des cas, la surface de terre arable par habitant ne dépasse pas 0,36 hectare (FAO, 2005). A l'instar de différentes régions méditerranéennes, les écosystèmes forestiers de la région d'Essaouira dont en particulier ceux de la zone d'Amsitten, illustrent cette problématique. Selon Benabid (1976), la forêt d'Amsitten est caractérisée par une grande diversité des sols. L'objectif de cette étude est d'étudier les sols sur les plans morphologique et physico-chimique au niveau de la zone recouvrant le territoire des quatre communes rurales (Imgrad, Ida Ou Azza, Imin'Tlit et Smimou), établir une typologie des sols de la région d'Amsitten sur la base des différents substrats géologiques, relief et couvert végétal, en utilisant la classification française (C.P.C.S, 1967), orienter les utilisateurs du sol dans les actions à entreprendre pour une gestion rationnelle de la ressource sol ainsi que disposer d'une base de données sur les sols de la région.

MATERIEL ET METHODES

La zone objet de cette étude se situe autour du SIBE d'Amsitten dans la réserve de biosphère de l'arganeraie patrimoine mondial de l'UNESCO sur un territoire couvrant 49.700 ha s'étalant sur quatre communes rurales de la province d'Essaouira au Maroc. Le logiciel ARCGIS 9 a permis la superposition de la carte géologique (extrait de la carte géologique de Tamanar au 1/100.000 n°201), de cartes topographiques au 1/50.000 et de la carte d'occupation des sols de la zone pour implanter les profils pédologiques à étudier. Des images satellite SPOT et des photographies aériennes au 1/20.000 nous ont été de grande utilité pour dresser un canevas de prospection pédologique.

Le choix des emplacements de profils pédologiques a été fait par le biais d'une stratification selon le substrat géologique, le relief et la végétation. De plus, la photo-interprétation des photographies aériennes de la zone d'étude par stéréoscope a débouché sur l'implantation de profils à travers toute la zone. Les sondages à la tarière sont utilisés pour déceler les variations éventuelles (calcaire, couleur, profondeur, charge caillouteuse,...) à titre préliminaire. L'observation a porté aussi sur des coupes naturelles (carrières, ...) à titre complémentaire.

Avant de procéder à la description des profils pédologiques, une description de la station a eu lieu dégageant le nom de la localité, la végétation naturelle (arborée, arbustive ou herbacée), la nature et l'origine de la roche-mère, les coordonnées géographiques et l'exposition de la pente sont prélevées à l'aide d'un appareil GPS Garmin 76, Olathe, USA ; les mesures de pente ont été prises par un clisimètre ; l'importance du ruissellement estimée grâce à la classe de pente, à la forme du relief ainsi qu'au risque d'érosion ; le pourcentage de couverture de la surface par les cailloux et le pourcentage d'affleurement de la roche-mère ont été estimés selon la technique de Marx et al. (1999) et le pourcentage de la litière par la technique de quadrat (1m²).

La description morphologique du sol consiste à relever les éléments suivants: la profondeur, la couleur, la texture, la consistance, la structure, l'enracinement, la porosité, le pourcentage des cailloux et des fragments grossiers, la friabilité, l'effervescence à l'HCl, la netteté de la transition entre les horizons du profil. Au total, 71 profils ont été décrits pour couvrir la totalité des situations de roche mère, de relief et de végétation. Parmi ces derniers, 23 seulement ont été analysés en se passant des répétitions semblables. Les analyses physico-chimiques ont porté sur la granulométrie, le calcaire total et le calcaire actif, l'acidité du sol, la conductivité électrique, les teneurs en bases échangeables Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ et K⁺, le phosphore assimilable P₂O₅, le carbone organique et l'azote. Ces analyses ont été conduites dans les laboratoires de l'I.N.R.A., Rabat (Maroc).

Les différentes classes des sols ont été déterminées en utilisant la classification française C.P.C.S. (1967).

RESULTATS ET DISCUSSION

Les substrats géologiques ont été regroupés par ressemblance en six principales catégories: argile, calcaire, colluvions, alluvions, conglomérats et dolomies. Les emplacements des profils pédologiques sont présentés dans la figure 1.

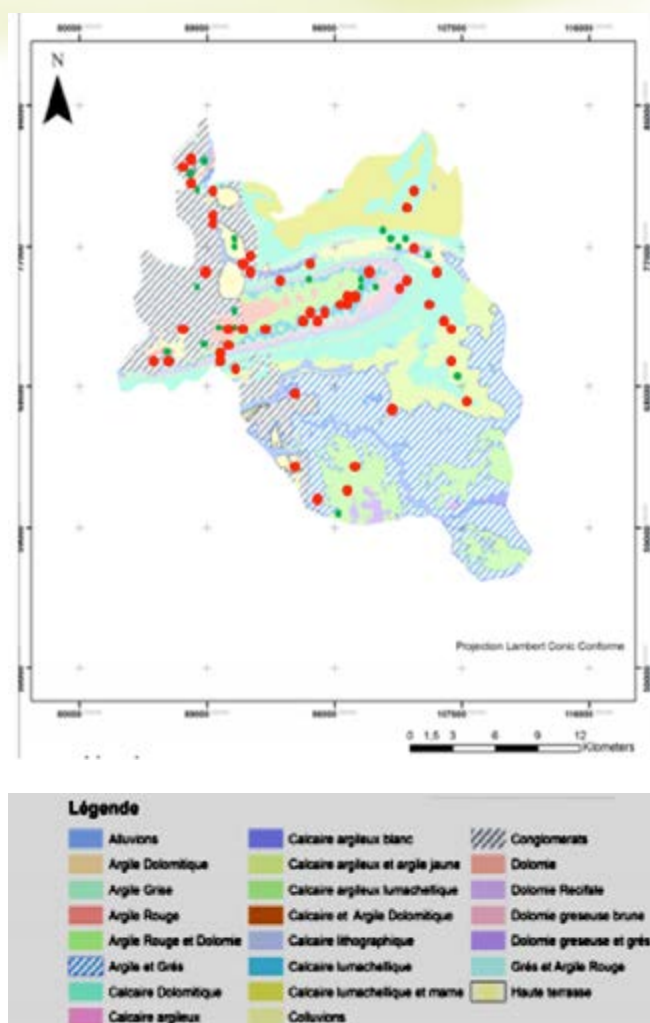


Figure 1. Emplacements des profils pédologiques sur la carte géologique de la zone étudiée (les points verts indiquent les 23 profils décrits et analysés et les points rouges, les 48 profils seulement décrits).

Les principales classes du sol, en partant des plus jeunes sont: la classe minérale brute, la classe peu évoluée, la classe calcimagnésique (rendzines et bruns calcaires), la classe isohumique ou encore à la classe à sesquioxydes de fer. Les profils considérés se répartissent sur différents substrats géologiques comme suit: 7 profils dans le substrat de type argile, 5 profils sur le substrat calcaire, 3 sur les conglomerats, 2 sur les colluvions, 4 sur les alluvions et 2 sur les dolomies. La répartition totale des profils est représentée sur la figure 2. Les faciès lithologiques, les roches mères, les 23 profils décrits et analysés correspondants, les marges altitudinales et la classification des sols relevés figurent sur le tableau 1.

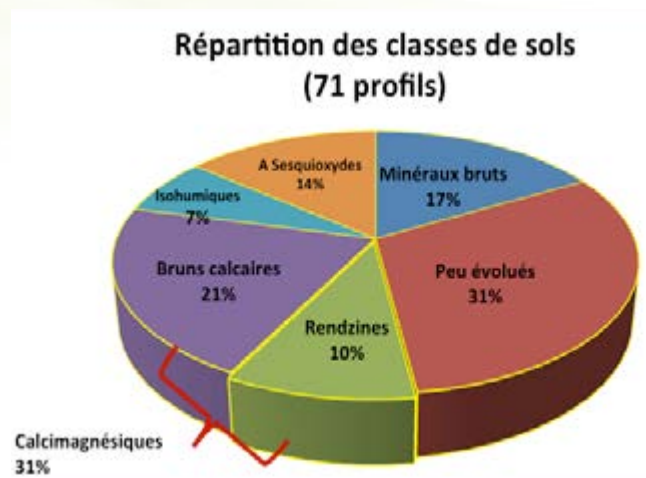


Figure 2. Répartition des classes de sols dans la zone d'étude.

Les diverses formations géologiques objet du présent travail se répartissent selon des altitudes allant de 175 à 860 m sur des positions topographiques très variées tantôt sur un terrain plat et tantôt sur des terrains plus ou moins accidentés avec des pentes pouvant atteindre 60%. Les zones à altitude relativement basse (autour de 175m d'altitude) sont couvertes par des sols isohumiques bruns où dominent des activités de céréaliculture et d'arboriculture fruitière surtout sur substrat d'alluvions. Par ailleurs, en territoires plus élevés (jusqu'à 860m), les sols sont partagés entre les peu évolués d'érosion, les calcimagnésiques de type rendzine et les sols à sesquioxyde fersiallitiques présents en général sur substrat argileux ou mélangé avec des dolomies.

Les principales espèces végétales existant dans la zone (étages arboré et arbustif) sont *Argania spinosa*, *Tetraclinis articulata*, *Olea europaea subsp. europaea var. sylvestris*, *Pistacia lentiscus*, *Ceratonia siliqua*, *Chamærops humilis*, *Rhus albida*, *Stippa tenacissima* et *Scilla latifolia*.

Tableau 1. Classification des sols pour les 23 profils décrits et analysés

Faciès lithologique	Roche mère	Profil	Altitude (m)	Classification
	Argile rouge salifère	P1	390	Sol peu évolué xérique
	Argile rouge et grès	P4	500	Sol peu évolué d'érosion
	Argile jaune et dolomies gréseuses brunes	P6	855	Sol peu évolué d'apport alluvial et colluvial
Argiles	Argile rouge et dolomies	P13	444	Sol Calcimagnésique rouge brun calcaire
	Argile et grès	P15	205	Sol à sesquioxyde de fer, fersiallitique
	Argiles grises	P19	608	Sol Calcimagnésique brun rouge calcaire
		P22	860	Sol Calcimagnésique rendzine
Calcaires	Calcaire argileux lumachellique	P3	496	Sol minéral brut xérique
		P7	414	Sol peu évolué xérique
	Calcaire argileux lumachellique et argile jaune	P16	415	Sol isohumique marron
	Calcaire dolomitique	P20	649	Sol Calcimagnésique brun calcaire
	Calcaire lithographique	P23	762	Sol à sesquioxyde de fer, fersiallitique
Conglomérats	Conglomérats	P10	358	Sol Calcimagnésique rendzine
	Conglomérats et dunes	P12	508	Sol Calcimagnésique brun calcaire
		P18	276	Sol peu évolué d'apport alluvial
Colluvions	Colluvions	P5	468	Sol peu évolué d'apport alluvial
		P14	583	Sol Calcimagnésique brun calcaire
Alluvions	Alluvions	P2	317	Sol minéral brut d'apport alluvial
		P9	482	Sol peu évolué d'apport alluvial
		P11	315	Sol Calcimagnésique rendzine
		P17	175	Sol isohumique brun subaride
Dolomies	Dolomies	P8	460	Sol Calcimagnésique rendzine
	Dolomies gréseuses brunes	P21	838	Sol à sesquioxyde de fer, fersiallitique

Le tableau 2 présente les marges de variation des bases échangeables (en méq/100g du sol) pour les différentes faciès lithologiques de la région de l'Amsitten.

versants nord relativement plus humides. Le statut du phosphore assimilable est élevé à excessif et suit le plus souvent la variation de la matière organique. Du

	*Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SBE
Argile	11,5 - 40,1 (27,2)	2,2 - 8,1 (5,4)	1,6 - 30,6 (12,2)	7,8 - 27,6 (14,4)	36,7 - 84,7 (59,2)
Calcaire	16,6 - 38,8 (25,8)	1,4 - 6,4 (3,3)	5,8 - 24,2 (13,1)	9,0 - 14,3 (11,7)	39,1 - 72,5 (53,9)
Colluvion	17,6 - 31,5 (25,7)	2,5 - 12,4 (6,4)	3,0 - 20,0 (10,0)	9,2 - 12,9 (10,8)	45,6 - 63,9 (52,9)
Alluvion	15,5 - 30,2 (22,1)	1,8 - 4,3 (3,2)	6,2 - 11,3 (8,9)	9,2 - 12,0 (10,3)	38,0 - 52,9 (44,5)
Conglomérat	21,9 - 39,8 (31,7)	4,0 - 11,6 (6,2)	1,2 - 15,6 (7,0)	8,5 - 16,1 (12,3)	41,5 - 75,1 (57,1)
Dolomie	26,6 - 36,8 (31,7)	3,7 - 8,2 (5,9)	9,9 - 44,2 (27,0)	10,1 - 23,0 (16,6)	54,7 - 107,7 (81,2)

* Ca⁺⁺ : Calcium ; Mg⁺⁺ : Magnésium ; K⁺ : Potassium ; Na⁺ : Sodium et SBE : somme des bases échangeables

Tableau 2. Marges de variation des bases échangeables (en méq/100g du sol) pour les différentes faciès lithologiques de la région de l'Amsitten. Les valeurs entre parenthèses sont les moyennes calculées pour chaque substrat.

Les principaux processus pédogénétiques dominants dans la formation de ces sols sont les processus d'altération physique, le phénomène de rubéfaction. Le processus de lessivage est faible à cause du manque d'eau induit par le type de climat aride et semi-aride qui règne dans la région. Les processus de carbonatation et d'accumulation du carbone dans le sol sont bien développés. Les processus régressifs du sol à savoir la dégradation du sol, l'érosion, la désertification résultant principalement des activités humaines et des conditions climatiques défavorables sont bien représentés dans la région. Par ailleurs, les sols de la région d'Amsitten sont qualifiés de neutres à modérément alcalins. Toutefois, la basicité des sols peut être défavorable pour certaines cultures de la région. Par contre, le problème de salinité ne se pose pas. Le niveau de salinité est favorable pour les utilisations agricoles et forestières. D'autre part, le statut de la matière organique est généralement favorable avec un plus au niveau des altitudes et les

côté du paramètre somme des bases échangeables, la plus importante valeur est enregistrée au niveau des dolomies tandis que la plus basse est mesurée dans les alluvions.

CONCLUSION

Les sols étudiés dans la région, vu les conditions climatiques locales, de topographie et la pression humaine sont plutôt des sols à aptitude forestière et pastorale qu'agricole. En effet, la réhabilitation de la forêt par les espèces naturelles à savoir le thuya et l'arganier s'avère une solution d'avenir pour une meilleure protection de ces sols et pour une meilleure conservation des ressources en eau. Ainsi, en plus des reboisements à base d'espèces autochtones, nous recommandons de mettre en place des ouvrages anti-érosifs dans les zones les plus accidentées avec l'adoption de terrasses et banquettes qui offrent l'opportunité de joindre l'utilité des terres arables à la nécessité de la protection du sol contre l'érosion.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Benabid A., 1976. Etude écologique, phytosociologique et sylvo-pastorale de la tetracinaie de l'Amsitten. Thèse de doctorat, 3ème cycle, Université d'Aix Marseille III, Marseille, France, 158 p.
- C.P.C.S., 1967. Commission de pédologie et de cartographie des sols. Classification des sols. Edition 1967. Travaux CPCS 1963-1967.
- De Franchis L. & Ibanez F., 2003. Les menaces sur les sols dans les pays méditerranéens. Etude bibliographique. Les cahiers du plan bleu 2. Plan bleu centre d'activités régionales Sophia Antipolis, mai 2003.
- FAO, 2005. Global forest resources assessment 2005. Progress toward sustainable forest management. FAO Forestry Paper 147.
- Marx E. S., Hart J. & Stevens R. G., 1999. Soil test, interpretation guide. Oregon state university. Extension service E C 1478, 6 p.
- M'herit O., 1999. La forêt méditerranéenne: espace écologique, richesse économique et bien social. Une présentation de la forêt méditerranéenne, y compris une rétrospective de l'utilisation et de la conservation des forêts. Archives de documents de la FAO.
- Raymond W. M. & Donahue R., 1990. Soils. An introduction to soil and plant growth. Sixth edition. Prentice Hall. Englewood Cliffs, N.J. 07632, 768 p.
- Yaalon D.H., 1997. Soils in the Mediterranean region: what makes them different? Catena 28, pp. 157-169.

Communautés de nématodes phytoparasites dans la réserve de biosphère de l'arganeraie marocaine, Réponse à l'anthropisation

Mateille T.¹, El Mousadik A.², Martiny B.¹, Ferji Z.³, Tavoillot J.¹

¹Institut de Recherche pour le Développement, UMR CBGP, Campus de Baillarguet, CS30016, 34988 Montpellier sur-Lez Cedex, France. Emails: thierry.mateille@ird.fr, bernard.martiny@ird.fr, johannes.tavoillot@ird.fr

²Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences d'Agadir, Laboratoire Biotechnologie et Valorisation des Ressources Naturelles, BP 8106, 80000 Agadir, Maroc. Email: a.elmousadik@uiz.ac.ma

³Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Campus d'Agadir, Département de Protection des Plantes, BP 18/S, 80000 Agadir, Maroc. Email: ferji@iavcha.ac.ma

RESUME

Les nématodes phytoparasites sont des vers microscopiques vivant dans le sol. Ils représentent un fléau pour les productions maraîchères et fruitières dans les vallées du Souss et du Massa. Considérant que ces cultures ont été introduites après déforestation de l'arganeraie, trois questions se posent : (i) ces nématodes sont-ils présents dans l'arganeraie naturelle ? (ii) quels facteurs structurent leurs communautés ? (iii) comment leurs communautés répondent-elles à l'usage agricole des sols ? Pour y répondre, une prospection a été réalisée en 2011 dans l'arganeraie naturelle et cultivée. La nématofaune parasite est très riche, avec 70 espèces appartenant à 34 genres et 12 familles. Les nématodes des genres *Meloidogyne* et *Pratylenchus*, inféodés aux cultures légumières et fruitières, sont effectivement présents dans l'arganeraie naturelle. La richesse taxonomique ne dépend pas des régions éco-climatiques prospectées. Mais la diversité des communautés diminue du Nord au Sud. En arganeraie naturelle, les communautés sont structurées selon (i) la typologie phylogéographique de l'arganier et (ii) un gradient longitudinal climatique et pédologique en faveur du genre *Pratylenchus*. L'introduction d'une culture induit une évolution de la structure en faveur du genre *Meloidogyne*.

Mots-clés : *Argania spinosa*, diversité, nématodes phytoparasites.

ABSTRACT

Plant-parasitic nematodes are microscopic worms living in the soil. They cause damages on vegetable and fruit crops in the Souss and Massa valleys. Whereas these crops were introduced after eradication of the argan forest, three questions arise: (i) Are these nematodes present in the natural argan forest? (ii) What factors structure their communities? (iii) How their communities respond to crop land use?

To answer this, a survey was conducted in 2011 in natural and cultivated argan forests.

The parasitic nematofauna is very rich, with 70 species belonging to 34 genera and 12 families. *Meloidogyne* and *Pratylenchus* nematodes, subservient to vegetable and fruit crops, are actually present in the natural argan forest. Taxonomic richness does not depend on eco-climatic regions surveyed. But the diversity of communities decreases from north to south. In natural argan forest, nematode communities are structured according (i) to the phylogeographic typology of the argan forest and (ii) to climate and soil longitudinal gradient promoting *Pratylenchus* spp. Introduction of crops induces community changes to the benefit of *Meloidogyne* spp.

Keywords: *Argania spinosa*, diversity, plant-parasitic nematodes.

INTRODUCTION

L'arganeraie (*Argania spinosa* (L.) Skeels) est perturbée par le pâturage (El Aïch et al., 2007) et l'agriculture. Les situations les plus dégradées se rencontrent dans la partie orientale de la vallée du Souss (production d'agrumes) et la partie occidentale des vallées du Souss et du Massa (production légumière) où les arganiers ont disparu.

Parce que l'agroforesterie se développe dans l'arganeraie, des recherches sont menées pour étudier la contribution des bioagresseurs à sa dégradation (Alaoui et al., 2010). Parmi eux, les nématodes phytoparasites, vers microscopiques, se nourrissent sur ou dans les racines des plantes. Ubiquistes, ces parasites telluriques participent à la diminution de la production végétale, les pertes de rendement étant estimées entre 6 et 20 % selon la culture (Ferraz et Brown, 2002).

Aucune référence n'étant disponible sur l'occurrence de ces parasites dans l'arganeraie et l'impact de la mise en culture de certaines zones sur leur diversité, une prospection a été menée pour évaluer la diversité des phytonématodes associés à l'arganeraie naturelle et cultivée.

MATERIELS ET METHODES

Echantillonnage

Une prospection a été réalisée en mars 2011 dans divers sites de l'arganeraie (Fig.1) : (i) 1 site dans la région du Chiadma au nord de la biosphère ; (ii) 4 sites dans la région du Haha au sud d'Essaouira ; (iii) 4 sites sur le piémont sud du Haut-Atlas ; (iv) 6 sites dans les vallées du Souss et du Massa ; (v) 9 sites dans l'Anti-Atlas ; (vi) 3 sites en région saharienne (Draa).

Sous chaque arbre, plusieurs sous-échantillons de sol ont été prélevés dans la rhizosphère supérieure (20-30 cm de profondeur) et réunis en un seul échantillon de référence par arbre. Chaque échantillon de référence a été reproduit sous trois arbres espacés tous les 50 mètres le long de transects.

Extraction des nématodes et quantification

Les nématodes ont été extraits de 250 cm³ de sol frais de l'échantillon de référence par la technique normalisée (ISO 23611-4) d'élutriation (Oostenbrink, 1960). Les nématodes phytoparasites (NPP) ont été identifiés au niveau du genre (Mai et Mullin, 1996) et énumérés sous un microscope stéréoscopique (grossissement x40 ; Merny et Luc, 1969). Les effectifs ont été exprimés en nombre d'individus par dm³ de

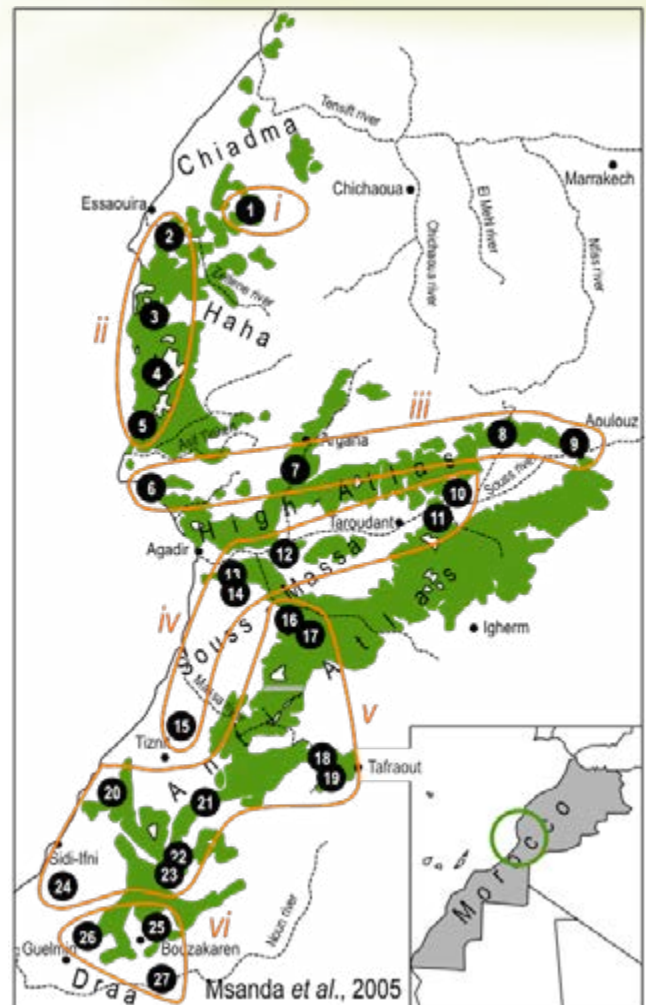


Figure 1 : Distribution de l'échantillonnage.

sol frais. Pour l'identification spécifique, les NPP ont été conservés dans la glycérine (De Grisse, 1969) et montés pour l'observation microscopique (Cobb, 1917).

Indices écologiques de diversité

Plusieurs indices écologiques (Magurran, 2007) ont été calculés pour évaluer la diversité des communautés de NPP : nombre total ; dominance ; richesse (S) ; indice de diversité Shannon ($H' = -\sum p_i \ln p_i$ où p_i est la proportion d'individus dans le taxon i) ; équitabilité ($E = H' / \ln S$) qui évalue l'homogénéité taxonomique des communautés.

Analyses des données

Les données de diversité ont été analysées par ANOVA ($p < 0,05$). Des analyses en composantes principales (ACP) ont été réalisées pour explorer les patrons statistiques des communautés en relation avec les écosystèmes étudiés (Thioulouse et al., 1997).

RESULTATS ET DISCUSSION

Diversité taxonomique des communautés

La nématofaune parasite détectée dans l'arganeraie est riche, avec 70 espèces appartenant à 34 genres et 12 familles. Aucune espèce n'a été détectée partout, à l'exception des espèces généralistes *Telotylenchus* sp. et *Filenchus filiformis* appartenant aux familles ubiquistes des *Telotylenchidae* et des *Tylenchidae* respectivement. Deux groupes de familles se distinguent par leur richesse : les familles très diversifiées (comprenant 7 à 10 genres) comme les *Telotylenchidae* et les *Tylenchidae* ; d'autres peu diversifiées (avec 1 à 3 genres) comme les

Longidoridae, *Heteroderidae*, *Hoplolaimidae*, *Meloidogynidae*, *Paratylenchidae* et *Pratylenchidae*. Au sein de ces familles, certains genres sont diversifiés avec plusieurs espèces telles que *Ditylenchus*, *Pratylenchus* et *Nothotylenchus* (3 espèces), *Xiphinema* (4 espèces), *Paratylenchus* (5 espèces), et *Pratylenchoides* (6 espèces). En revanche, 16 genres

sont représentés par une seule espèce.

L'abondance moyenne en PPN totaux (N) et la richesse spécifique (S) sont si hétérogènes (Fig. 2A & 2B) qu'elles ne diffèrent pas d'une région à l'autre. En revanche, la diversité et l'équitabilité (Fig. 2C & 2D) des communautés diminuent significativement depuis les régions septentrionales (Chiadma) vers les régions méridionales (Draa).

Patrons des communautés de nématodes phytoparasites

Après retrait des taxons rares du jeu de données, l'analyse ACP révèle que les deux premiers facteurs de l'ACP expliquent 31% de la variabilité des données (Fig. 3A). Les variables les plus structurantes sont «*Longidorus*», «*Hoplolaimus*», «*Meloidogyne*» et «*Scutylenechus*» (selon F1) et les variables «*Telotylenchus*», «*Tylenchorhynchus*» et «*Merlinius*» (selon F2).

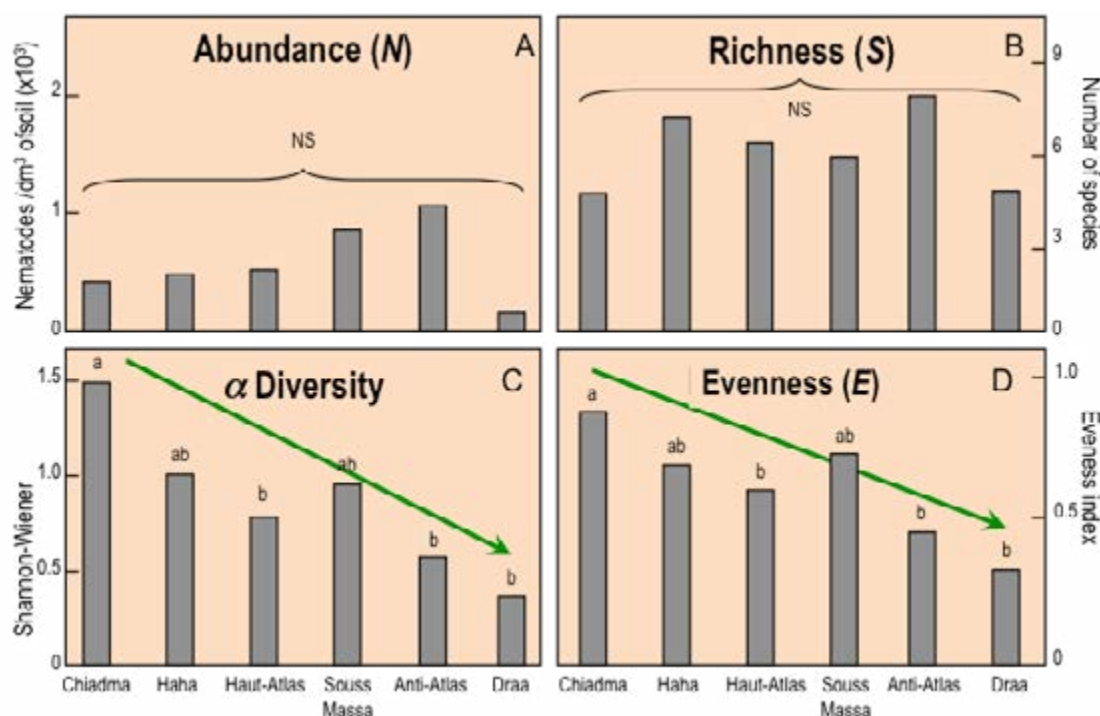


Figure 2 : Distribution de la diversité des communautés de nématodes phytoparasites dans l'arganeraie.

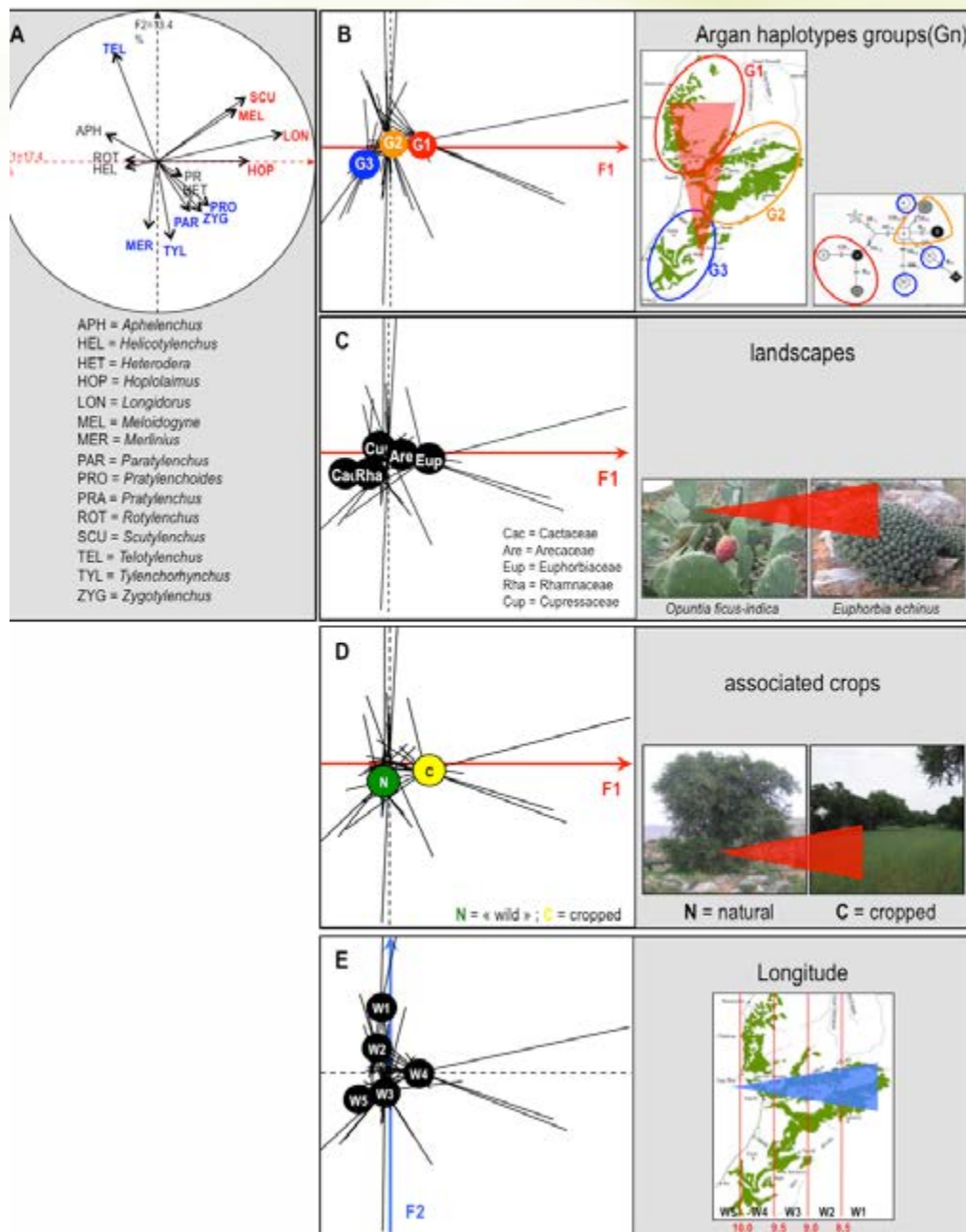


Figure 3 : Patrons statistiques des communautés de nématodes phytoparasites détectés dans l'arganeraie. Cercle de corrélation ACP des variables « nématodes » (A); Plans factoriels des échantillons classés selon (B) les groupes d'haplotypes d'arganier, (C) les types de végétation associée et (D) l'usage de l'arganeraie (sauvage / cultivée).

Le plan factoriel des échantillons indique trois structurations significatives :

- selon les groupes d'haplotypes des arganiers (Fig. 3B) (El Mousadik et Petit, 1996).
- selon les types de végétation associés à l'arganeraie (Fig. 3C).
- selon que l'arganeraie est naturelle ou cultivée (Fig. 3D).

- selon un gradient longitudinal (Fig. 3E) correspondant à un gradient de texture des sols (sableux à l'ouest et argileux à l'est) et à la typologie culturelle du bassin du Souss (horticulture légumière à l'ouest et horticulture fruitière à l'est).

Donc les variables environnementales influencent significativement les patrons des communautés de nématodes phytoparasites :

- en milieu naturel : la diversité génétique d'*A. spinosa* et la diversité de la végétation associée contribuent à structurer les communautés via des processus de trade-off.

- l'association de cultures (agro-foresterie) conduit au développement d'espèces spécialisées, en particulier *Meloidogyne* spp. *Hoplolaimus* spp. et d'autres de la famille des Telotylenchidae.

- la déforestation et le remplacement par des cultures à haute valeur ajoutée (horticulture maraîchère et fruitière) renforcent le développement des espèces les plus dommageables (*Meloidogynidae* et *Pratylenchidae*).

CONCLUSIONS

Il s'agit du premier inventaire des nématodes phytoparasites réalisé dans l'arganeraie. Cette étude a porté sur l'analyse comparative de la diversité des communautés de nématodes phytoparasites :

- dans les différents écosystèmes naturels de l'arganeraie (inframéditerranéen, thermoméditerranéen et saharien).

- dans plusieurs systèmes de culture associées (céréales, légumineuses, maraîchage).

- dans des zones déforestées qui ont fait place à la monoculture maraîchère ou fruitière.

Les espèces de nématodes phytoparasites dommageables aux cultures (e.g. les nématodes à galles *Meloidogyne* spp. et à lésions *Pratylenchus* spp.) sont présentes dans l'arganeraie naturelle et les changements d'usage des terres induit de nouvelles structures des communautés de nématodes phytoparasites dotées d'une pathogénicité élevée.

Cela amène à réfléchir sur les conditions :

- du développement de l'agro-foresterie (choix des associations, des systèmes de production, des variétés) qui risque d'induire le développement accru de nématoses qui affecteront les cultures.

- de l'intensification de l'arganeraie (monoculture en vergers) qui risque d'induire le développement de nématoses qui affecteront la reprise des arbres et leur production.

- la protection, par des méthodes biologiques (e.g. mycorhizes), des plants d'arganier au cours des phases de régénération végétative.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alaoui A, Imoulan A, El Alaoui-Talibi Z, El Meziane A, 2010. Genetic structure of Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*) populations from Moroccan endemic forest of *Argania spinosa*. International Journal of Biology 12: 291-298.
- Cobb NA, 1917. Notes on nemas. Contributions to a Science of Nematology 5: 117-128.
- De Grisse AT, 1969. Redescription ou modifications de quelques techniques utilisées dans l'étude des nématodes phytoparasites. Meded. Fakulteit Landbouw. Gent 34: 351-369.
- El Aïch A, Bourbouze A, Morand-Fehr P, 2007. Le système d'élevage caprin dans l'arganeraie. In: Atlas de l'arganier et de l'arganeraie, Kenny L (Ed.), IAV Rabat pp. 179-190.
- El Mousadik A, Petit RJ, 1996. Chloroplast DNA phylogeography of the argan tree of Morocco. Mol. Ecol. 5: 547-555.
- Ferraz LCCB, Brown DJF, 2002. An introduction to nematodes. Plant nematology. Pensoft Publishers Sofia 221pp.
- ISO 23611-4, 2007. Soil quality - Sampling of soil invertebrates - Part 4: Sampling, extraction and identification of soil-inhabiting nematodes. ISO 20pp.
- Magurran AE, 2007. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing, Malden 256 pp.
- Mai WF, Mullin PG, 1996. Plant-parasitic nematodes. A pictorial key to genera. Cornell Univ. Press 277p.
- Merny G, Luc M, 1969. Les techniques d'évaluation des populations dans le sol. In: Lamotte M, Bourlière F (Eds.), Problèmes d'écologie : l'échantillonnage des peuplements animaux dans les milieux terrestres. Masson, Paris pp. 257-292.
- Msanda F, El Aboudi A, Peltier JP, 2005. Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine. Cahiers Agricultures 14: 357-364.
- Oostenbrink M, 1960. Estimating nematode populations by some selected methods. In: Nematology. Sasser JN, Jenkins WR (Eds.), Univ. North Carolina Press pp 85-102.
- Thioulouse J, Chessel D, Dolédec S, Olivier JM, 1997. ADE_4: a multivariate analysis and graphical display software. Statistics and Computing 7: 75-83.

L'efficacité de l'inoculation mycorhizienne et de l'addition du bio-compost sur le développement d'*Argania spinosa* sur le champ

El Mrabet S.^{1,3}, Ouahmane L.², El Mousadik A.³, Msanda F.³, Abbas Y.⁴

^{1,3}Direction Régionale des Eaux et Forêts et de la Lutte Contre la Désertification du Sud Ouest Agadir
 Email : saidov2007@gmail.com

²Faculté Polydisciplinaire Safi - Université Cadi Ayyad Marrakech. Email : l.ouahmane@ucam.ac.ma

³Laboratoire de Biotechnologies et Valorisation des Ressources Naturelles - Faculté des Sciences Agadir.
 Email : fmsanda66@yahoo.fr - elmousadik@yahoo.fr

⁴Centre de la recherche forestière - Rabat. Email : abbayouns@gmail.com

RESUME

L'évaluation de l'effet de la mycorhization et de l'addition du bio-compost sur la plantation des jeunes plantules d'*Argania spinosa*, a été effectuée au niveau d'une arganeraie de plaine (Admine) caractérisée par un bioclimat aride et très menacée par le phénomène de désertification. Les résultats ont montré l'efficacité de la mycorhization par un complexe natif en vue de promouvoir la croissance des plants d'*Argania spinosa* sur le terrain. Les plants mycorhizés ont montrés une croissance en hauteur qui dépasse deux fois ceux non mycorhizés. Egalement, un effet positif de l'inoculation par les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) sur la biomasse des plants a été observé et il est étroitement lié à la colonisation par ces microorganismes. Le gain en biomasse a été estimé à 169% par rapport aux plants témoins. Tandis que l'effet du bio-compost seul ou en combinaison avec les CMA, même s'ils améliorent la production aérienne des plants d'arganier (respectivement par 84 et 108% par rapport aux plants témoins), reste faible en comparaison avec celui des CMA lorsqu'ils sont utilisés seuls. En outre, les CMA améliorent le taux de survie et les teneurs en N et P dans les tissus des plants d'*A. spinosa*. Les teneurs par exemple en P foliaire et racinaire des plants inoculés ont été plus élevées, que celles des plants non inoculés et plantés dans les sols amendés, ce qui réaffirme le rôle primordial des mycorhizes dans ce type de sol et montre la nécessité d'inclure l'inoculation mycorhizienne comme outil efficace pour hisser la réussite des programmes de régénération d'*A. spinosa* tout en améliorant la qualité des plants produits au niveau des pépinières forestières.

Mots clés : *Argania spinosa* ; champignons mycorhiziens arbusculaires; bio-compost ; régénération.

ABSTRACT

A field experiment was carried out in arid area to assess the influence of mycorrhizal inoculation with a native complex and bio-compost addition on establishment of *Argania spinosa*. The experimental area was located in the Admine forest at Agadir (Southwestern Morocco). In the field conditions, after one year of transplantation, the results showed that the height of Argan seedlings treated with AMF was double than that of the control group. An additional positive effect of inoculation with AMF on plant biomass was observed and it is closely related to colonization by these microorganisms. There was an estimated 169% increase in biomass compared to control plants. The use of bio-compost alone or in combination with AMF improved the production of shoot biomass of Argan plants (84 and 108 % respectively compared to control plants). In addition, AMF improved the survival rate and the contents of nitrogen (N) and phosphorus (P) in the tissues of *A. spinosa* plants. A significant positive correlation between dry biomass and nutrient content in plant tissue was detected. The content of (P) in the leaves and roots of inoculated plants was higher than those in non-inoculated and planted seedlings in amended soils. This result reaffirms the prime necessity of mycorrhiza in arid conditions. Thus the introduction of mycorrhizal fungi in forest nurseries is a key tool to improve the quality of seedlings produced and their resistance in reforestation sites.

Keywords : *Argania spinosa*; arbuscular mycorrhizal fungi; bio-compost; regeneration.

INTRODUCTION

L'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) est l'une des essences les plus remarquables du paysage forestier marocain. Les écosystèmes à arganier, qui couvrent 871 000 ha (IFN, 1996) soit 18% de la superficie des essences forestières naturelles marocaines, sont à l'origine d'un système agroforestier le plus original en Afrique du Nord. Cependant, en plus de l'aridité du climat, l'arganeraie et en particulier celle de plaine est, soumise à une intense pression humaine due principalement à l'extension de l'agriculture intensive. Ces cultures intensives se sont étendues au détriment de l'arganier dont la superficie et les structures ont fortement régressé. Aujourd'hui cet écosystème à *Argania spinosa* au sens strict, est détruit avec toutes ses composantes de la biodiversité. Il ne reste que des individus d'arganier éparpillés sur un sol plus ou moins pollué par les pesticides (Benabid, 2000). La surexploitation des ressources ligneuses et le surpâturage amplifient davantage ce processus de dégradation qui a engendré une forte dégradation des différentes composantes de cet écosystème, en particulier celles des communautés végétales. Or il est admis que de telles conséquences conduisent impérativement à la dégradation des propriétés physico-chimiques et biologiques des sols (skujins et Allen, 1986 ; Albaladejo et al, 1998 ; Requena et al, 2001 ; Azcon-Aguilar et al., 2002). Cette dégradation se manifeste par une réduction de la diversité et/ou de l'activité microbienne telluriques (Kenny et Smith, 1995). En conséquence, la diminution ou la perte de ce potentiel peut influencer le statut nutritionnel des plantes et limiter la réussite des plantations en espèces locales (Sylvia, 1990 ; Roldan et al, 1997 ; Van der heijden et al, 1998). Or, il a été démontré que l'inoculation des plantes par les mycosymbiotes peut non seulement faciliter leur installation (Herrera et al, 1993 ; Smith and Read, 2008; Alguacil, 2011) mais aussi améliorer les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols contribuant ainsi à améliorer la qualité des sols (Carrillo-Garccia et al, 1999 ; Rillig and Mummey, 2006; Schmid et al., 2008). Cette qualité peut aussi être améliorée au même titre que la productivité des sols dégradés par l'addition des amendements organiques au sol (Roldan et al., 1994 ; Garcia et al., 1998 ; Luna Zendejas et al., 2011). Les effets bénéfiques de ces amendements comprennent la réduction de la densité apparente du sol, l'amélioration de la capacité de rétention d'eau et du taux d'infiltration, la stabilité des agrégats et le développement des activités biochimiques (Zebarth et al., 1999 ; Caravaca et al., 2002 ; Fuentes et al., 2010).

L'utilisation du potentiel mycorhizien local provenant des arbustes pourrait être considérée comme une stratégie préférentielle d'inoculation pour garantir la réussite de reboisement des espèces autochtones dans les zones arides et semi-arides dégradées (Requena et al., 2001, Caravaca et al., 2002 ; Duponnois et al., 2011). De même, il a été démontré que dans ces zones, les champignons mycorhiziens aident les plantes à prospérer et à faire face à la carence en nutriments, la sécheresse, la perturbation du sol et d'autres stress environnementaux (Barea et al., 2007 ; Ouahmane, 2007 ; Martínez-García and Pugnaire, 2009 ; Martínez-García, 2010).

Les objectifs visés à travers cette étude sont : (i) L'évaluation de l'effet de la mycorhization par un complexe natif sur le développement des jeunes plants d'arganiers élevés sous serre, (ii) l'évaluation de l'efficacité de la mycorhization et de l'addition du bio-compost à travers leur incidence : sur les caractéristiques physico-chimiques du sol rhizosphérique, sur la croissance, la nutrition et le taux de survie des jeunes plantules d'*Argania spinosa* plantées dans un terrain de culture abandonné et à bioclimat aride méditerranéen.

MATERIELS ET METHODES

Site d'étude 'Admine' une Arganeraie de plaine

La parcelle expérimentale est située dans l'arganeraie « Admine » à Agadir Ida Outanane au Sud-Ouest du Maroc (coordonnées 9° 36' 22" W et 33° 55' 39" N). Le bioclimat est aride méditerranéen avec des précipitations annuelles moyennes de l'ordre de 243 mm et l'altitude par rapport au niveau de la mer est de 63 m. Cet écosystème, considérât parmi les plus beaux écosystèmes d'arganeraie du Maroc, a connu depuis les années 70, un développement considérable des cultures maraîchères et fruitières consommatrices de très grandes quantités d'eau puisées par pompage dans la nappe phréatique. Or, il est admis que plusieurs communautés des champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA) sont sensibles aux perturbations associées à l'agriculture et l'utilisation d'engrais (Helgason et al., 1998). La parcelle choisie, d'une superficie de 32a, est dépourvue des arbres d'arganiers afin d'éviter leurs influence sur les jeunes plantules. Certaines caractéristiques physico-chimiques et biologiques de ce sol sont citées ci-après : pH d'eau : 8,35 ; le Carbone total (%) : 0,98 ; MO (%) : 1,69 ; l'Azote total (%) : 0,15 ; le rapport C/N : 6,35 ; P olsen (mg/Kg) : 9 ; K (K₂O) mg/kg : 497 ; Calcaire total (%) : 5,3 ; le Pouvoir infectieux mycorhizien (calculé par

la méthode du nombre le plus probable) g-1 sol sec : 0,14.

Production de l'inoculum et Inoculation des plantules d'arganier

Le Maïs (*Zea mays* L.) a été utilisé comme plante endophytique pour la production de l'inoculum endomycorhizien. Les graines de Maïs ont été désinfectées dans une solution d'eau oxygénée à 30% pendant 30 min et rincées plusieurs fois à l'eau distillée stérile puis plantées pendant trois mois dans des pots en plastique contenant du sol provenant d'une forêt bien conservé de l'arganeraie de montagne « Mesguina » à Agadir Ida Outanane au Sud-Ouest du Maroc (coordonnées 9° 47'14"W et 34° 5' 4" N). Le sol a été prélevé à proximité des racines (Sol rhizosphérique) des arbres d'arganiers et des arbustes associés à l'arganier. L'inoculum est constitué donc d'un mélange de sol rhizosphérique qui contient des spores, des hyphes, et des fragments des racines de maïs infectées. Ce complexe des champignons endomycorhiziens, dominé par le genre *Glomus*, est constitué aussi par les genres de *Scutellospora* et *Acaulospora*. Cet inoculum est apporté au substrat à base de la tourbe désinfectée dans des portoirs à alvéoles de 500 ml. L'opération de semis des graines pré-germées d'arganier a été effectuée le mois d'Octobre 2011. La moitié (84 U) des semis ont été plantées dans un mélange de substrat à base de la tourbe et l'inoculum qui constitue 5% de ce substrat. L'autre moitié des semis ont été plantés dans la même quantité de mélange désinfecté à l'aide de l'autoclave. Les plantules ont été élevées sous serre où la température ambiante était de 25 à 35 °C avec un arrosage régulier. Un nombre de soixante-quatre plants chacun inoculés et non inoculés ont été plantés dans la parcelle expérimentale d'Admine après quatre mois d'élevage.

Matériels

3.1- Origine des semis d'arganiers

L'arganier, objet de cette étude, est un arbre pouvant atteindre 10-12m de haut à tronc tourmenté et avec écorce rugueuse craquelée en peau de serpent. Cette essence endémique du Maroc et irremplaçable sur son aire de répartition est la seule espèce à pouvoir arrêter les graves phénomènes de désertification constatés ces dernières années dans la région (Msanda, 2004) et, par conséquent il est fréquemment utilisé dans les programmes de reboisement des habitats semi-arides et arides perturbés. Les graines utilisées ont été collectées sous la frondaison des arbres d'arganiers de la forêt d'Admine.

3.2- caractéristiques du bio-compost

Le bio-compost utilisé est un compost organique végétale désinfecté par thermothérapie. Ses caractéristiques chimiques sont : pH d'eau : 6 ; le Carbone total (%): 35 ; MO(%): 60 ; l'Azote total(%): 3 ; le rapport C/N: 11,6 ; P(%): 2 ; K(%): 2.

Evaluation de l'effet du complexe mycorhizien indigène et l'addition du bio-compost sur la croissance et la nutrition de l'arganier au champ

Dispositif expérimental

La parcelle expérimentale, suffisamment homogène, a été préparée le mois d'Août 2011 (labour superficiel + Ouverture de 128 trous de forme cubique 60*60*60 cm sur seize lignes). Le dispositif retenu est celui d'un dispositif en blocs aléatoires complets avec deux facteurs de classification, à savoir : l'inoculation ou non par le complexe mycorhizien et l'addition ou non du bio-compost. Il s'agit donc d'un dispositif avec 4 traitements de 8 plants par traitement et avec 4 répétitions qui ont été organisées sur le terrain sous forme de blocs. Ainsi, chaque bloc contient 32 plants (huit plants x quatre traitements). La moitié des trous ont été amendés par une dose de 3 kg/trou de bio-compost à une profondeur de 0-20cm à un mois avant la date de plantation. Ainsi, les plants mycorhizés et les témoins, ont été plantés fin janvier 2012 dans le site Admine. Un arrosage régulier a été assuré à raison de 10L/plant/mois jusqu'au mois d'août 2012. En septembre 2012, les opérations d'arrosage ont été suspendues vu l'enregistrement de tranches pluviométriques importantes.

Procédures d'échantillonnage

Un an après la date de plantation, quatre échantillons de sol de chaque traitement ont été recueillis (16 échantillons de sol au total). Chaque échantillon composé de trois sous-échantillons (200 cm³ de carottes de sol) prélevés au hasard à 0-20 cm dans les rhizosphères de cinq plantes individuelles. Les prélèvements ont été effectués au début du mois Février 2013 (avant la saison sèche) où l'activité microbienne est le plus souvent élevée (lax et al., 1997). Quatre plants pour chaque traitement (un par bloc) ont été récoltés.

Analyses Physico-chimiques des sols rhizosphériques des plants d'arganiers

Le pH a été mesurée dans un 1:5 (w: v) en solution aqueuse. L'azote total (N) a été déterminé par la méthode de Kjeldhal, et le C organique total par la méthode de Yeomans et Bremner, 1989. Le P

disponible (avec du bicarbonate de sodium (Olsen et al., 1954)) a été déterminé par colorimétrie, selon Murphy et Riley (1962). Le K Extractible (avec de l'acétate d'ammonium) a été déterminé par photométrie de flamme.

Analyses foliaires et racinaires, le Taux de mycorhization et la croissance des plants

Douze mois après la plantation, les échantillons de plantes (foliaires et racinaires) ont été séchés au four à 68°C pendant 72h, puis ont été broyés. L'azote a été déterminé par la méthode de Kjeldahl (Page et al., 1982), le phosphore a été déterminé par spectrophotométrie et par colorimétrie (Murphy et Riley, 1962). Le potassium a été déterminé par photométrie à flamme (Schollemberger et Simon, 1954). En ce qui concerne le calcul du taux de mycorhization des plantules récoltées, les racines d'arganier ont été lavées avec l'eau de robinet et colorées selon le procédé de Phillips et Hayman (1970) par le bleu trypan. Ils ont été placés pour l'observation sous un microscopique à grossissement 250x (Brundrett et al., 1985). Une centaine des morceaux de 1 cm de racines ont été observées par plante. L'étendue de la colonisation mycorhizienne a été exprimé par : le nombre des morceaux de racines mycorhizées / le nombre des morceaux de racines non-mycorhizées x100.

Un suivi régulier des plants d'arganier a été aussi réalisé durant la période d'observation. Ainsi, le

diamètre basal, la hauteur des plants (axes principale et secondaires) et le taux de survie ont été enregistrés après 4, 7, 9 et 12 mois de la date de plantation.

Analyses statistiques

L'addition du bio-compost, l'inoculation mycorhizienne et leurs d'interactions sur les variables mesurées ont été testés par une analyse de la variance à deux facteurs. Les moyennes sont comparées en utilisant le test de la plus Petite Différence Significative (LSD) calculé à $P < 0,05$. L'analyse de corrélation entre les paramètres mesurés a été réalisée en utilisant les coefficients de corrélation de rang de Pearson. Toutes les données ont été traitées grâce au logiciel SPSS version 18.

RESULTATS

Effet de la mycorhization et de l'addition du bio-compost sur le développement des plantules d'arganier plantées sur un terrain non désinfecté dans le site 'Admine'

1. Paramètres physico-chimiques des sols rhizosphériques des plants d'arganiers

Un an après la plantation, l'ajout des résidus compostés et l'inoculation mycorhizienne ont diminué de façon significative le pH du sol par rapport au sol témoin (tableau 1). La combinaison de ces deux méthodes de reboisement (CM) ont produit des valeurs significativement plus élevées de l'azote total (N) par

Tableau 1 : Changement des propriétés chimiques des sols en réponse à l'inoculation mycorhizienne (M) et l'addition du bio-compost (C) (n=4)

	BSPA (g)	Colonisation (%)	Analyse foliaire			Analyse racinaire		
			P mg/kg de MS	K mg/kg de MS	N total en % MS	P mg/kg de MS	K mg/kg de MS	N total en % MS
M	28,95a (±1,17)	77,5a (±8,6)	1,64a (±0,17)	10,80ab (±1,70)	3,32a (±0,12)	0,92a (±0,07)	7,54a (±0,14)	0,886a (±0,017)
CM	22,45b (±4,08)	55b (±17,3)	1,04b (±0,68)	10,51ab (±2,23)	3,11a (±0,23)	0,67b (±0,04)	7,62a (±0,05)	0,889a (±0,009)
C	19,84b (±4,77)	26,25c (±4,7)	1,01b (±0,76)	13,74a (±1,94)	3,09a (±0,11)	0,6bc (±0,05)	3,4b (±1,05)	0,901a (±0,024)
T	10,76c (±3,29)	20c (±7)	0,74c (±0,51)	7,80b (±4,29)	2,71b (±0,16)	0,55c (±0,03)	4,06b (±0,09)	0,545b (±0,013)

Les valeurs qui portent la même lettre au sein d'une même colonne ne sont pas significativement différentes à 5% (LSD). (CM : addition du bio-compost + l'inoculation mycorhizienne ; T : sol témoin, sans addition du bio-compost et sans l'inoculation mycorhizienne)

rapport au sol témoin. L'addition du bio-compost a augmenté considérablement les teneurs en carbone organique total et en K extractible du sol. Tandis que, la teneur en calcaire total a été significativement plus faible par rapport aux sols non amendés (M et T). Par ailleurs, la teneur en phosphore disponible dans le sol a été augmentée par l'addition de bio-compost. Ainsi, la teneur en phosphore disponible dans les sols amendés au bio-compost (C et CM) est environ quatre fois plus élevée que chez les sols non-amendés (T et M). Les analyses montrent aussi que l'inoculation mycorhizienne (M) présente des valeurs légèrement plus élevées en C. organique total, N, P et K par rapport aux valeurs enregistrées chez les sols rhizosphériques des plants témoins (T). Toutefois, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux traitements (test LSD). Les deux méthodes de reboisement (M, C et MC) présentent un rapport C/N qui varie entre 8 et 10, ce qui signifie qu'il y a une bonne activité biologique. Tandis que, le sol rhizosphérique des plants témoins présente un rapport près de 6,9, indiquant qu'il y a une faible activité biologique dans le sol témoin.

2. La Mycorhization, la production de biomasse et la nutrition des plants d'arganiers

Douze mois après la plantation, les degrés de

colonisation mycorhizienne des plants non inoculés plantés dans les sols amendés et non amendés (C et T) ont augmenté respectivement à une moyenne de 26,25% et 20% à la suite d'une infection naturelle (tableau 2). Cependant, il n'y a pas de différences significatives entre les valeurs de ces deux traitements. Les plants mycorhizés (M) dans les sols non amendés montrent les pourcentages les plus élevés de la colonisation des racines (en moyenne 77,5%) suivi par les plants inoculés et plantés dans les sols amendés CM (en moyenne 55%). Ainsi, l'application de l'amendement a un effet négatif sur les niveaux de colonisation mycorhizienne des plants inoculés. Par ailleurs, l'inoculation a eu le plus d'effet sur la croissance des plants d'arganiers produisant environ 169% plus de matière sèche aérienne que les plants témoins à la fin de la période d'observation. Par conséquent, la stimulation de la production de biomasse observée chez les plants inoculés (M) peut être liée à la capacité du champignon à augmenter l'absorption des nutriments notamment en NPK à partir d'un sol relativement à faible teneur en éléments nutritifs par rapport aux sols amendés (Tableau 2). Les plants amendés (C et CM) ont produit aussi des valeurs en biomasse sèche aérienne significativement supérieures par rapport à celles des plants témoins d'au moins 84%.

Tableau 2 : Evaluation de la biomasse, de l'infection mycorhizienne et de la nutrition des plantules d'arganier après 12 mois de plantation sur le terrain naturel (n=4).

	PH (H ₂ O)	MO (%)	C organique total %	N total %	P Olsen (mg/kg)	K (mg/kg)	C/N	Calcaire Total (%)
M	8,51a (±0,43)	2,61ab (±0,92)	1,51ab (±0,53)	0,18ab (±0,15)	27,25a (±2,5)	847a (±54,3)	8,30ab (±2,26)	12,42a (±2,85)
CM	8,52a (±0,25)	3,31a (±0,86)	1,92a (±0,5)	0,19a (±0,13)	143b (±42,4)	850a (±112,6)	10,26a (±1,9)	6,25b (±2,29)
C	8,55a (±0,31)	3,10a (±0,39)	1,80a (±0,22)	0,18ab (±0,04)	119,2b (±18,2)	1218b (±195)	10,06a (±1,33)	6,7b (±2,25)
T	8,62b (±0,14)	2,01b (±0,16)	1,16b (±0,93)	0,17b (±0,05)	25,75a (±2,9)	775a (±30,7)	6,91b (±0,73)	13,77a (±0,99)

Les valeurs qui portent la même lettre au sein d'une même colonne ne sont pas significativement différentes à 5% (LSD). (M : inoculation mycorhizienne ; C : addition du bio-compost ; CM : addition du bio-compost + l'inoculation mycorhizienne ; T : sol témoin, sans addition du bio-compost et sans l'inoculation mycorhizienne); BSPA : Biomasse sèche de la partie aérienne.

Le tableau 2 montre aussi que les deux méthodes de reboisement (Inoculation mycorhizienne ou Addition du bio-compost) ont contribué séparément (M ou C) et simultanément (CM) à l'amélioration des teneurs en NPK des tissus foliaires et racinaires des plants d'arganiers par rapport à celles enregistrées chez les témoins. Ainsi, Les tissus foliaires des plants plantés dans un sol amendé (C) ont une teneur en N, P et K significativement supérieur à celle des plants témoins (T). La combinaison des deux méthodes de reboisement (CM) produit aussi des plants qui ont une teneur foliaire et racinaire en N et P significativement plus élevée que les plants témoins (T). Les analyses montrent aussi que la teneur en P dans les tissus foliaires et racinaires des plants inoculés (M) est significativement plus élevée que celle des plants des autres traitements (C, CM et T). Les plants inoculés (M) présentent ainsi une différence de la teneur en P dans les tissus foliaires et racinaires respectivement de 121% et de 67% par rapport aux valeurs enregistrées chez les plants témoins.

3. La croissance et le taux de survie des plants d'arganiers

Au moment de la plantation, les plants inoculés présentaient une croissance en hauteur plus élevée (en moyenne 13,5%) que les plants non inoculés (en moyenne 10,9%). Cette différence était significative au seuil de 5%. Douze mois après la plantation, l'addition de bio-compost et l'inoculation mycorhizienne ont

amélioré tous les deux la croissance en hauteur des plants par rapport à la croissance mesurée dans le sol témoin (T) respectivement par 79% et 158% (Fig. 1 et Photos). Toutefois, le traitement combiné bio-compost × mycorhization (CM) n'a eu qu'un effet légèrement additif mais non significatif, par rapport à l'ajout de bio-compost (C), sur la croissance des plants d'arganier (environ 87% par rapport aux plants témoins). Tandis que, la comparaison entre les deux méthodes de reboisement quant à la croissance des plants d'arganiers montre que l'effet de l'inoculation est bel et bien net. Ainsi, Les plants mycorhizés (M) sont beaucoup plus grands que les plants non mycorhizés et plantés dans un sol amendés (C). La différence est significative entre les deux traitements quant à la hauteur totale de l'axe principal et des axes secondaires et se maintient avec le temps pour enregistrer au septième mois après la date de plantation 58%, 39% au neuvième mois et 43% au 12ème mois. Une tendance similaire a été observée quant à la croissance du diamètre basal (Fig.1).

La symbiose mycorhizienne aide aussi les plantules d'arganiers à survivre sous les conditions climatiques extrêmes qui règnent dans cette zone aride. En effet, la figure 2 montre que les pourcentages de survie après 12 mois de plantation des plants inoculés (71,8% pour M et de 68,7% pour CM) sont plus élevés que les plants non inoculés (65,6% pour C et 56,2% pour T), bien qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les trois premiers traitements (M,

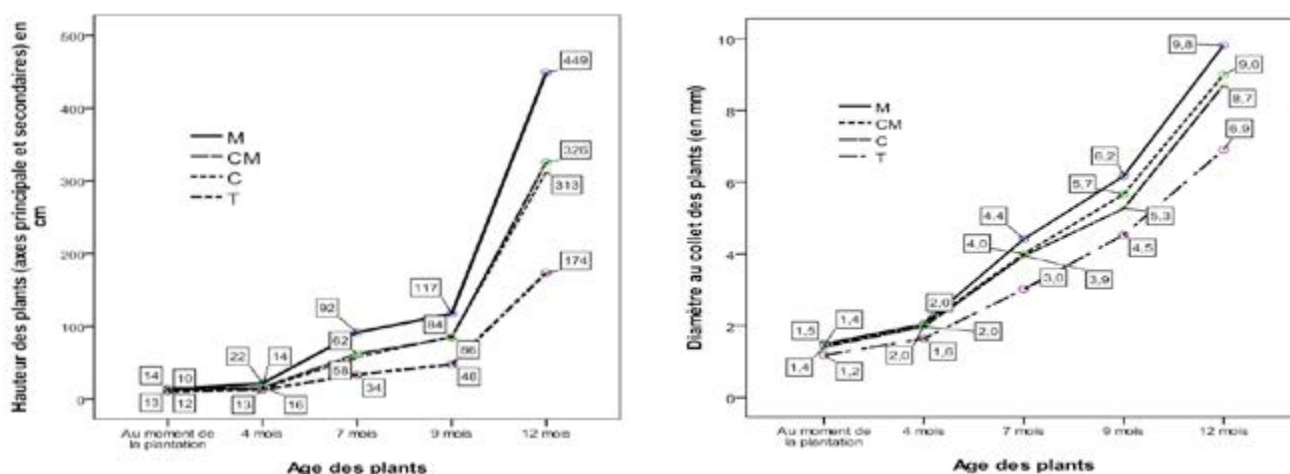


Figure 1 : hauteur (axe principal et axes secondaire) et le diamètre au collet des plants d'arganier en réponse à l'inoculation Mycorhizien (M) et l'addition du bio-compost (C) au moment de la plantation et après 4, 7, 9 et 12 mois de la date de plantation dans la parcelle expérimentale Admine. (T : plants témoins : sans inoculation et sans l'addition du bio-compost ; CM : plants inoculés + addition du bio-compost).

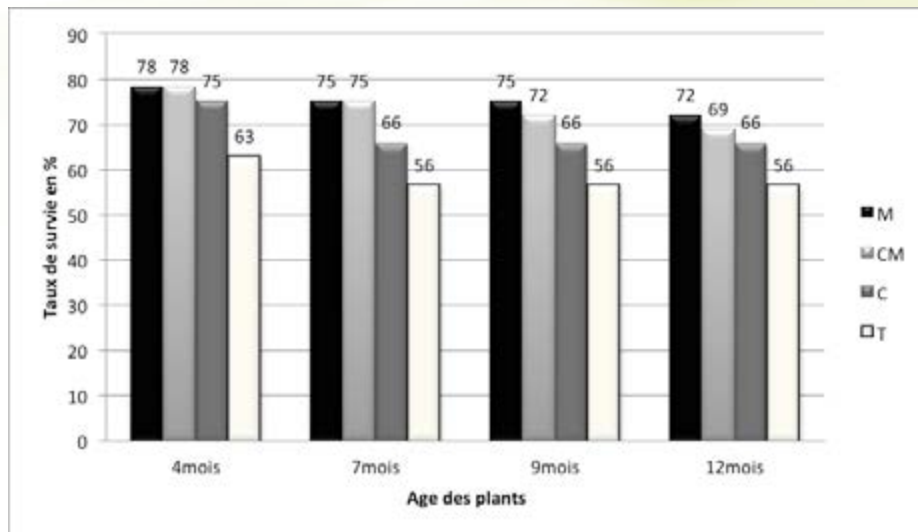


Figure 2 : taux de survie des plants d'arganiers en réponse à l'inoculation Mycorhizien (M) et l'addition du bio-compost (C) après 4, 7, 9 et 12 mois de la date de plantation dans la parcelle expérimentale Admine. (T : plants témoins : sans inoculation et sans l'addition du bio-compost ; CM : plants inoculés + addition du bio-compost).

C et CM). Toutefois, les valeurs des taux de survie des plants témoins (T) sont significativement plus faibles que celles des autres traitements (M, C et CM).

DISCUSSION

Efficacité de l'amendement des sols

Les résultats de cette étude ont démontré l'efficacité de l'addition du bio-compost dans le sol afin d'améliorer la croissance et l'état nutritionnel (NPK) des jeunes plants d'arganiers. Cette efficacité repose sur l'amélioration de la fertilité des sols. À cet égard, l'ajout de bio-compost a augmenté les teneurs de C organique total, l'N total, le P disponible, le K extractible et le rapport C/N du sol, la plus forte hausse étant observée pour le P disponible. Ceci est en accord avec la conclusion de Roldán et al. (1996a), Caravaca et al. (2002) et Luna Zendejas et al., 2011, qui ont constaté que l'effet positif d'un résidu composté sur les paramètres chimiques est principalement lié au phosphore. Nous avons également enregistré que l'amendement des sols a provoqué une diminution du pH du sol. L'application d'amendements organiques au sol est donc une méthode efficace pour améliorer les propriétés physico-chimiques et microbiologiques des sols dégradés, qui à leur tour favorisent la création d'un couvert végétal stable (Roldán et al., 1994). C'est ainsi, qu'à la fin de la période de croissance, l'addition du bio-compost a augmenté la biomasse aérienne des plants d'arganier à environ 84% par rapport aux plants témoins.

Efficacité de l'inoculation mycorhizienne

Plusieurs auteurs ont souligné le rôle des CMA dans l'absorption de l'eau, l'assimilation des nutriments et la stimulation de la croissance de nombreuses espèces végétales (Roldán et al., 1996b ; Smith et Read, 1997 ; Jeffries et al, 2003). Dans cette étude, l'inoculation des plantules d'*A. spinosa* a stimulé de manière significative la production de biomasse aérienne, durant la première année de plantation, qui est la période la plus critique pour les travaux de reboisement, en particulier dans les zones semi-arides et arides méditerranéennes (Ouahmane et al., 2012 ; Meddad-Hamza et al., 2010). Par ailleurs, l'effet de l'inoculation sur la biomasse des plants est corrélé positivement au niveau de la colonisation par les CMA (tableau 3). A la fin de la période de croissance, la mycorhization a augmenté la biomasse aérienne des plants d'arganier à une plus grande mesure environ 169% par rapport aux plants témoins. Des études précédentes en milieu Méditerranéen ont montré des résultats similaires. En effet, Caravaca et al, 2002, ont montré que la biomasse aérienne des plantules inoculées d'*Olea europea* et *Pistacia lentiscus* a hissé après un an de plantation respectivement de 630% et 300% par rapport aux plants non inoculés. Caravaca et al, 2003 ont montré aussi que la production de biomasse racinaire des plants de *Dorycnium pentaphyllum* inoculés par *Glomus intraradices* augmente de 116% par rapport aux plants non inoculés. La teneur totale de la plante en éléments nutritifs peut être considéré comme un

indicateur représentatif de l'efficacité des mycorhizes, car elle prend en compte les effets bien équilibrés de l'assimilation des nutriments et de la production de biomasse (Jeffries et al., 2003). En effet, les teneurs les plus élevées de P et N dans les tissus foliaires ont été observées chez les plants inoculés, ce qui pourrait expliquer pourquoi la croissance des plants d'*A. spinosa* est le plus élevé dans ce traitement. Ainsi, nous avons remarqué qu'il y a une corrélation positive et significative entre la biomasse sèche aérienne des plants et la teneur en nutriments N et P dans les tissus des plants (Tableau 3). Il est important aussi de souligner que l'inoculation mycorhizienne est plus efficace que l'ajout de résidus compostés quant à la teneur foliaire et racinaire en P des plants d'*A. spinosa*, même si le P disponible dans le sol de la rhizosphère de plants traités avec des résidus compostés est quatre

et Barea, 1992).

L'étude a aussi montré que l'inoculation par les CMA est capable d'améliorer le taux de survie des plants d'arganier transplantés dans les milieux méditerranéens dégradés. Ce résultat est en accord avec les résultats obtenus, grâce à la symbiose mycorhizienne, par plusieurs auteurs. Ils ont montré des améliorations importantes dans le taux de survie de nombreuses essences forestières après leur transplantation dans des milieux très défavorables (Boutekrabt et al., 1999 ; Requena et al., 2001 ; Ouahmane et al., 2007, Abbas et al., 2013).

Efficacité de la combinaison de l'amendement des sols et l'inoculation mycorhizienne

L'expérience sur le terrain a montré aussi que la combinaison d'amendement du sol et l'inoculation

Tableau 3 : Pearson corrélation entre les teneurs foliaires et racinaires en NPK, la biomasse aérienne sèche (BAS) et le % de colonisation (n=4)^a

	BAS	% de colonisation
FP	0,789**	0,804**
FK	0,265ns	0,037ns
FN	0,806**	0,758**
RP	0,696**	0,827**
RK	0,626**	0,818**
RN	0,753**	0,547*
% de colonisation	0,878**	1

^a : coefficient de corrélation (niveau de signification) / *, ** : respectivement significatif à $P < 0,05$ et $P < 0,01$; ns : non significatif. FP : teneur foliaire en P ; FK : teneur foliaire en K ; FN : teneur foliaire en N ; RP : teneur racinaire en P ; RK : teneur racinaire en K ; RN : teneur racinaire en N.

fois plus élevé que dans le sol de la rhizosphère des plants inoculés. Ces résultats réaffirment encore une fois le rôle capitale des CMA dans l'assimilation du P (Harrison, 1999; Bago et al. 2002; Ohtomo & Saito, 2005 ; Helgason et Fitter, 2009 ; Smith et al. 2004 et 2009). De même, l'augmentation de la teneur en azote dans les tissus des plants mycorhizés peut être dû à la capacité des CMA à : (i) améliorer la décomposition de la matière organique et la capture de l'azote (Hodge et al., 2001), et (ii) augmenter l'absorption de P, qui favorise fortement la fixation de N₂ biologique (Azcon

mycorhizienne a provoqué la plus grande augmentation du niveau de l'azote total dans la rhizosphère d'*A. spinosa*. Il est à noter aussi que ce traitement combiné stimule considérablement la production de la biomasse aérienne dans les conditions semi-arides. Ainsi, il a augmenté la croissance des jeunes plants d'*A. spinosa* mais dans une moindre mesure que le traitement seul de l'inoculation mycorhizienne. Il n'a eu presque qu'un effet légèrement additif mais non significatif, par rapport à l'ajout seul de bio-compost. Ce résultat

est en accord avec l'idée largement acceptée que les mycorhizes présentent peu d'avantages par rapport aux plants plantés dans les sols amendés (Yanai et al., 1995 ; Caravaca et al., 2003). Toutefois, nos résultats sont en désaccord avec les travaux de Caravaca et al. en 2002. Ils ont montré un effet additif et positif de résidus compostés et de l'inoculation mycorhizienne sur la croissance des plants de *Retama sphaerocarpa* et d'*Olea europaea* subsp. *Sylvestris* en conditions semi-arides méditerranéennes.

L'ajout de bio-compost, l'inoculation avec des champignons AM et la combinaison de ces deux traitements n'ont eu aucun effet significatif sur la survie des plants d'arganier durant la première année de plantation. Le taux de survie des trois traitements oscille entre 66% à 72%, alors qu'il n'y a pas de différences significatives entre eux. Ces résultats sont presque similaires à ceux obtenus par Alguacil et al. en 2008.

CONCLUSION

L'ajout de bio-compost directement dans le sol est le traitement le plus efficace pour améliorer la qualité physique, chimique et biologique du sol de la rhizosphère des semis. Par contre, l'inoculation mycorhizienne est le traitement le plus efficace pour stimuler la croissance des plants d'*A. spinosa* sur des terrains de culture abandonnés et soumises aux conditions climatiques arides méditerranéennes. Ce traitement a aussi un effet positif significatif sur la hauteur, le diamètre au collet, la biomasse et les valeurs en N et P des tissus foliaires.

REMERCIEMENTS

Cette recherche a été partiellement financée par la Deutsche Gesellschaft für Ge-Internationale



Zusammenarbeit (GIZ) / (projet d'adaptation aux changements climatiques).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbas Y., Bakkali Y. S., Prin Y., Arahou M., Abourouh M., Duponnois R. (2013). Growth and nutrition of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast. cultivated in different rhizosphere soils collected from *Tetraclinis* stand. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2013 17(1), 3-11.
- Albaladejo J., Martinez-Mena M., Roldan A. and Castillo V. 1998. Soil degradation and desertification induced by vegetation removal in a semiarid environment. *Soil Use Manage.* 14: 1 –5.
- Alguacil M.M., F. Caravaca , R. Azco 'n, A. Rolda 'n, 2008, Changes in biological activity of a degraded Mediterranean soil after using microbially-treated dry olive cake as a biosolid amendment and arbuscular mycorrhizal fungi, *European journal of soil biology* 44 (2008) 347 – 354
- Alguacil M. M., Torrecillas E., Kohler J., and Roldan A. (2011). A molecular approach to ascertain the success of "in situ" AM fungi inoculation in the revegetation of a semiarid, degraded land. *Science of the Total Environment* 409, 2874 – 2880.
- Azcon, R., Barea, J.M., 1992. Nodulation, N₂ fixation (5N) and N nutrition relationships in mycorrhizal or phosphate-amended alfalfa plants. *Symbiosis* 12, 33–41.
- Bago B, Pfeffer PE, Zipfel W, Lammers P, Shachar-Hill Y, 2002. Tracking metabolism and imaging transport in arbuscular mycorrhizal fungi.

- Metabolism and transport in AM fungi. *Plant and Soil* 244: 189–197.
- Barea, J.M., Palenzuela, J., Cornejo, P., Sánchez, I., Navarro, C., Quiñones, P.B., Azcón, R., Ferrol, N., Azcón-Aguilar, C., 2007. Significado, diversidad e impacto de los hongos de las micorrizas arbusculares en ambientes mediterráneos. In: Barea-Azcón, J.M., Moleón, M., Travesí, R., Ballesteros, E., Luzón, J.M., Tierno, J.M. (Eds.), *Biodiversidad y Conservación de Fauna y Flora en Ambientes Mediterráneos*. Sociedad Granatense de Historia Natural, Granada, España, pp.155e185.
- Benabid A., 2000. *Flore et écosystèmes du Maroc*. Ed Ibis Press Paris. 335 p.
- Boutekrabt A, Chevalier G, Pargney JC & Dexheimer J (1999) Mycorrhization par *Tuber melanosporum* Vitt de vitoplants de *Quercus robur* L et *Quercus pubescens* Willd. *Agronomie* 2: 127-132
- Brundrett M.C., Piche Y. and Peterson R.L. 1985. A developmental study of the early stages in vesicular–arbuscular mycorrhizal formation. *Can. J. Bot.* 63: 184–194.
- Carrillo-García, A., León de la Luz, J.L., Bashan, Y., Bethlenfalvay, G.J., 1999. Nurse plants, mycorrhizae, and plant establishment in a disturbed area of the Sonoran desert. *Res. Ecol.* 7, 321–335.
- Caravaca, F., Barea, J.M., Roldán, A., 2002. Synergistic influence of an arbuscular mycorrhizal fungus and organic amendment on *Pistacia lentiscus* L. seedlings afforested in a degraded semiarid soil. *Soil Biol. Biochem.* 34, 1139–1145.
- Caravaca, F., Alguacil, M.M., Díaz, G., Roldán, A., 2003. Use of nitrate reductase activity for assessing the effectiveness of mycorrhizal symbiosis in *Dorycnium pentaphyllum* under induced water deficit. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 34, 2291–2302.
- Duponnois R., Ouahmane L., Kane A., Thioulouse J., Hafidi M., Boumezzough A., Prin Y., Baudoin E., Galiana A., Dreyfus B., (2011). Nurse shrubs increased the early growth of *Cupressus* seedlings by enhancing belowground mutualism and soil microbial activity. *Soil Biology & Biochemistry* 43 (2011) 2160-2168.
- Fisher R.A. and Yates F. 1970. *Statistical Tables for Biological Agriculture and Medical Research* 6th ed. Hafner Publ. Comp, Davien.
- Fuentes, D., Valdecantos, A., Llovet, J., Cortina, J., Vallejo, V.R., (2010). Fine-tuning of sewage sludge application to promote the establishment of *Pinus halepensis* seedlings. *Ecological Engineering* 36, 1213e1221.
- García, C., Hernández, T., Albaladejo, J., Castillo, V., Roldán, A., 1998. Revegetation in semiarid zones: influence of terracing and organic refuse on microbial activity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62, 670–676.
- Harrison MJ, 1999. Molecular and cellular aspects of the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50: 361–389.
- Helgason, T., Daniell, T. J., Husband, R., Fitter, A. H. & Young, J. P. Y., 1998: *Nature* 394, 431.
- Helgason, T., Fitter, A.H. (2009). Natural selection and evolution in the arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota). *Journal of Experimental Botany* 60, 2465e2480.
- Herrera M.A., Salamanca C.P. and Barea J.M. 1993. Inoculation of woody legumes with selected arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia to recover desertified Mediterranean ecosystems. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 129–133.
- Hodge, A., Campbell, C.D., Fitter, A.H., 2001. An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material. *Nature* 413, 297–299.
- IFN. 1996. *Synthèse de l'Inventaire Forestier National Marocain*. Direction de Développement Forestier, Rabat.
- Jeffries, P., Gianinazzi, S., Perotto, S., Turnau, K., Barea, J.M., 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biol.Fert. Soils* 37, 1–16.
- Kennedy A.C. and Smith K.L. 1995. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. *Plant Soil* 170: 75–86.
- Lax, A., Roldán, A., Caravaca, F., García-Orenes, F., 1997. Relationships between aggregate improvement, microbiological activity and organo–mineral complex formation in soils from semiarid areas. In: Pandalai, S.G. (Ed.), *Recent Research Developments in Soil Biology and Biochemistry*. Research Signpost, Trivandrum, India, pp. 77–92.
- Luna Zendejas Héctor Santos, Solís Oba Myrna, López Wong Wenndy, Vera Reyes Andrea and González

- Prieto Juan Manuel, 2011, Effects of compost made with sludge and organic residues on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop and arbuscular mycorrhizal fungi density, *African Journal of Agricultural Research* Vol. 6(6), pp. 1580-1585
- Martínez-García, L.B., Pugnaire, F.I., 2009. Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. *Ecosistemas* 18, 44e54.
- Martínez-García, L.B. 2010. Micorrizas arbusculares en ecosistemas semiáridos. Respuesta a factores de estrés ambiental, Tesis Doctorales. Universidad de Almería, Spain.
- Meddad-Hamza A. A Beddiar, A Gollotte, MC Lemoine, C Kuszala, S Gianinazzi, 2010, Arbuscular mycorrhizal fungi improve the growth of olive trees and their resistance to transplantation stress, *African Journal of Biotechnology* Vol. 9(8), pp. 1159-1167
- Msanda F., 2004: Végétation de l'Anti Atlas occidental et de sa retombée saharienne (Maroc) ; Essai de synthèse, thèse de doctorat ès sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, 114 p.
- Murphy, J., Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27, 31-36.
- Olsen S.R., Cole C.V., Watanabe F.S. and Dean L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Circular, Vol 939. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, p. 19.
- Ohtomo R, Saito M, 2005. Polyphosphate dynamics in mycorrhizal roots during colonization of an arbuscular mycorrhizal fungus. *New Phytologist* 167: 571-578.
- Ouahmane L. 2007: Roles des plantes associées (*Lavandula* et *Thymus*) dans la regeneration du cypress de l'atlas - Effets sur la diversité rhizosphérique. Thèse de doctorat nationale, Université Kadi Ayyad Marrakech, 2007.
- Ouahmane L., Hafidi M., Thioulouse J., Ducousso M., Kisa M., Prin Y., Galiana A., Boumezzough A. and Duponnois R. (2007). Improvement of *Cupressus atlantica* Gaussen growth by inoculation with native arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal of Applied Microbiology*, (Volume 103, Number 3, 683-690(8).
- Ouahmane L., Ndoeye I., Morino A., Ferradous A., Sfairi Y., Al Faddy M. Najib and Abourouh M., 2012, Inoculation of *Ceratonia siliqua* L. with native arbuscular mycorrhizal fungi mixture improves seedling establishment under greenhouse conditions, *African Journal of Biotechnology* Vol. 11(98), pp. 16422-16426
- Page, A.L., Miller, R.H., Keeny, O.R., 1982. *Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, 1159 pp.
- Phillips J.M. and Hayman D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular -arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 55: 158 -161.
- Requena N., Perez-Solis E., Azcon-Aguilar C., Jeffries P. and Barea J.M. 2001. Management of indigenous Plant -Microbe Symbioses aids restoration of desertified ecosystems. *Appl. Environ. Microbiol.* 67: 495 -498.
- Rillig M. and Mummey D.L., (2006). Mycorrhizas and soil structure; *New Phytologist* 171 : 41-53.
- Roldán, A., Garc'ia-Orenes, F., Lax, A., 1994. An incubation experiment to determine factors involving aggregation changes in an arid soil receiving urban refuse. *Soil Biol. Biochem.* 26, 1699-1707.
- Roldán, A., Albaladejo, J., Thornes, J.B., 1996a. Aggregate stability changes in a semiarid soil after treatment with different organic amendments. *Arid Soil Res. Rehab.* 10, 139-148.
- Roldán, A., Querejeta, J.I., Albaladejo, J., Castillo, V., 1996b. Growth response of *Pinus halepensis* to inoculation with *Pisolithus arhizus* in a terraced rangeland amended with urban refuse. *Plant Soil* 179, 35-43.
- Roldán, A., Garc'ia, C., Albaladejo, J., 1997. AM fungal abundance and activity in a chronosequence of abandoned fields in a semiarid Mediterranean site. *Arid Soil Res. Rehabil.* 11, 211- 220.
- Schmid T., Meyer J. & Oehl F., (2008). Integration of mycorrhizal inoculum in high alpine revegetation. In: *Mycorrhiza Works*. (Eds Feldmann F, Kapulnik Y, Baar J). Proceedings of the International Symposium «Mycorrhiza for Plant Vitality» and the Joint Meeting of Working Groups 1 - 4 of COST Action 870. Deutsche Phytomedizinische Gesellschaft, Braunschweig, Germany. 278-288.

- Schollemberger, C.J., Simon, R.H., 1954. Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soils. *Soil Sci.* 59, 13–24.
- Sieverding E. 1991. Vesicular –Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. GTZ, Eschborn, Germany, 371 pp.
- Skujins, J., Allen, M.F., 1986. Use of mycorrhizae for land rehabilitation. *MIRCEN J.* 2, 161–176.
- Smith S.E. and Read D.J. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis* 2nd ed. Academic Press, London.
- Smith SE, Smith FA, Jakobsen I, 2004. Functional diversity in arbuscular mycorrhizal (AM) symbioses: the contribution of the mycorrhizal P uptake pathway is not correlated with mycorrhizal responses in growth or total P uptake. *New Phytologist* 162: 511–524.
- Smith, S.E., Read, D.J., (2008). *Mycorrhizal Symbiosis*, third ed. Academic Press, London, UK.
- Smith FA, Grace EJ, Smith SE, 2009. More than a carbon economy: nutrient trade and ecological sustainability in facultative arbuscular mycorrhizal symbioses. *New Phytologist* 182: 347–358.
- Sylvia, D.M., 1990. Inoculation of native woody plants with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for phosphate mine land reclamation. *Agric. Ecosyst. Environ.* 31, 253–261.
- Van der Heijden, M.G.A., Klironomos, J.N., Ursic, M., Moutoglis, P., Streitwolf-Engel, R., Boller, T., Wiemken, A., Sanders, I.R., (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature* 396, 69–72.
- Yanai, R.D., Fahey, T.J., Miller, S.L. (1995). Efficiency of nutrient acquisition by fine roots and mycorrhizae. In: Smith, W.K., Hinckley, T.M. (Eds.), *Resource Physiology of Conifers: Acquisition, Allocation and Utilization*. Academic Press London, pp. 75–103.
- Yeomans, J.C., Bremner, J.M., 1989. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19, 1467– 476.
- Zebarth, B.J., Neilsen, G.H., Hogue, E., Neilsen, D., 1999. Influence of organic waste amendments on selected soil physical and chemical properties. *Can. J. Soil Sci.* 79, 501–504.

Les essais pilotes de régénération artificielle de l'arganier à Tindouf en Algérie

Kéchaïri R.^{1,2}, Abdoun F.²

¹Faculté des sciences de la nature, de la terre et de l'univers - Université Abou Baker Belkaid, Tlemcen.

E-mail : Kéchaïri@yahoo.fr

²Laboratoire Écologie Végétale & Environnement, Faculté des Sciences Biologiques - Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger.

Email : fatabdoun@yahoo.fr

RESUME

L'arganier, *Argania spinosa* (L.) Skeels, arbre endémique entre le Maroc et l'Algérie, est présent par une petite population sur la hamada du Draa à Tindouf. Cette population est isolée du reste de l'espèce qui constitue des peuplements forestiers au Souss Massa Draa. Notre travail a pour but d'évaluer les essais préliminaires de régénération artificielle de l'arganier en pépinière et au champ, en leur aire de répartition géographique au nord ouest de la wilaya de Tindouf, où se trouve dans un état de vulnérabilité critique face au surpâturage qui paralyse la régénération naturelle. Nous avons opté pour une analyse simple et descriptive des données, un échantillonnage mixte a été effectué pour calculer les taux de réussite dans les lots inventoriés et la croissance en hauteur en fonction de l'âge, et la transplantation a été étudiée sur deux placettes de reboisement. Le taux de germination arrive à 90%. L'élevage en pépinière est considérable, mais le reboisement expérimental des plants âgés de 48 mois atteint un taux de réussite remarquable de 73% sous les conditions sahariennes sévère.

Mots clés : Arganier, Régénération artificielle, Reboisement, Tindouf, Algérie.

ABSTRACT

The argan tree, *Argania spinosa* (L.) Skeels, endemic tree from Morocco and Algeria, this is a small population on the Hamada of Draa in Tindouf. This population is isolated from the rest of the species is forest stands in Souss-Massa Draa. Our work aims to evaluate the preliminary tests artificial regeneration of the argan tree nursery and field, their geographical distribution in the northwest of the province of Tindouf, where is in a critical state of vulnerability to overgrazing which paralyzes the natural regeneration. We opted for a simple and descriptive data analysis, a mixed sampling was performed to calculate the success rate in the surveyed lots and height growth as a function of age, and transplantation was studied in two plots reforestation. Germination rate reaches 90 %. Breeding nursery is considerable, but the experimental reforestation old plants of 48 months achieved a remarkable success rate of 73 % under severe Saharan conditions.

Keywords: Argan, artificial regeneration, reforestation, Tindouf, Algeria.

INTRODUCTION

Van der Bach notait en 1889 que des essais d'introduction de l'arganier ont été réalisés sur la longe du littoral algérien, mais ne semblaient pas avoir été satisfaisants. Les tentatives d'introduction de cette espèce se sont poursuivies au nord de l'Algérie (Sicard, 1957). La société des Amis de l'arbre de l'Oranie avec la collaboration de la conservation des eaux et des forêts d'Oran, ont traité les tests de germination et la plantation de

l'arganier pendant les années cinquante, Les témoins de ces travaux persistent à la pépinière d'Oggaz (Mascara) par un sujet d'arganier vigoureux et Six sujets à Stidia près de Mostaganem. Récemment quelques essais de boisement expérimental donnent de bons résultats d'acclimatation à Mostaganem et à Mascara, au jardin d'essai d'El-hamma, de l'E.N.S.A à Alger et à I.N.R.A (Station d'Adrar), aux arboretums de l'I.N.R.F (à Alger et à Tamanrasset), ainsi qu'à Béchar. Actuellement, les expériences de régénération par semis se font par tout,

mais la quasi-totalité ne dépasse guère les laboratoires et les pépinières universitaires et quelques stations de recherches. Néanmoins les plants sont produits in situ en pépinière de la réserve de l'arganeraie dans l'objectif d'alimenter les plantations à Tindouf et ailleurs en Algérie.

Le maintien et l'extension de l'espèce dans son milieu naturel de répartition nécessite une gestion dirigée pour mettre en place d'abord, les conditions favorables de germination en pépinière et sur les placettes préliminaires, la connaissance des potentialités de persistance au stade juvénile des plants s'est ce que nous cherchons par notre travail.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Nous avons réalisé ce travail à la pépinière de la réserve naturelle à Oued El-Ma (à 530mètres d'altitude). Le climat de l'arganeraie de Tindouf est de type saharien à hiver frais, ($Q^2 = 0,44$), le mois le plus chaud est celui de Juillet avec une température moyenne de 45.8°C, alors que le mois le plus froid est Janvier avec une température moyenne de 2,4°C (Kéchaïri, 2009).

Le matériel utilisé provient de la collecte spontanée non identifiée dans les lits d'oued situés dans la réserve naturelle. Les plants sont destinés au reboisement in situ et l'élevage en pépinière reproduit régulièrement les plants depuis le mois de Février 2008.

La présente étude consiste à mesurer la croissance en hauteur et à suivre le taux de germination des graines en pépinière et le taux de réussite des plants. L'étude expérimentale comporte un échantillonnage mixte d'inventaire des taux de réussite de certains lots en fonction de l'âge par occurrence avec les sorties réalisées,

l'échantillonnage de dix (10) plants représentatifs de chaque lot a été adopté. La croissance en hauteur a été mesurée à partir du collet jusqu'au bourgeon terminal. En pépinière trois (03) lots de germination, et neuf (09) lots de plantation ont été suivi avec deux (02) placettes expérimentale de reboisement au champ.

La germination est facilitée par un trempage de quelques secondes dans l'eau bouillante et durant 48 heures dans de l'eau moyennement chaude 50° (Sicard, 1957). Toutefois, un pré-trempage des graines dans l'eau à température ambiante pendant 4 jours est suffisant pour obtenir un pourcentage de germination élevé (>80%) (Kéchaïri et Lakhdari, 2002; Miloudi, 2006). Sur site d'étude, la germination des graines d'arganier a été effectuée par la méthode de scarification dans les lits de sables et traitées par l'eau bouillante, durée 04 jours sur les lits en garantissant l'humidité. Les graines pré germées sont ensemencées dans des sachets en polyéthylène noir à grand format remplis du sol d'épandage des oueds et des buttes sous pieds d'arganier, mélangé avec une poignée de fumier de caprins. La texture du sol est d'un apport limoneux sableux, il est très pauvre en matière organique, souvent salé, le taux de calcaire total est généralement moyen (Kéchaïri, 2009). L'irrigation est régulière de trois fois par semaine. Des potées ont été déjà creusé à l'embouchure pour procéder au reboisement, l'ouverture dont les dimensions sont de 50X50X50 cm.

Une analyse descriptive simple de la croissance en hauteur a été réalisée avec un calcul des taux de réussite au stade juvénile de germination jusqu'à 48 mois. Ceci permet de faire ressortir les potentialités biologiques des plants en fonction de l'âge. Les deux placettes de reboisement ont eu un régime différent en fonction des dates de transplantation (figure 1).

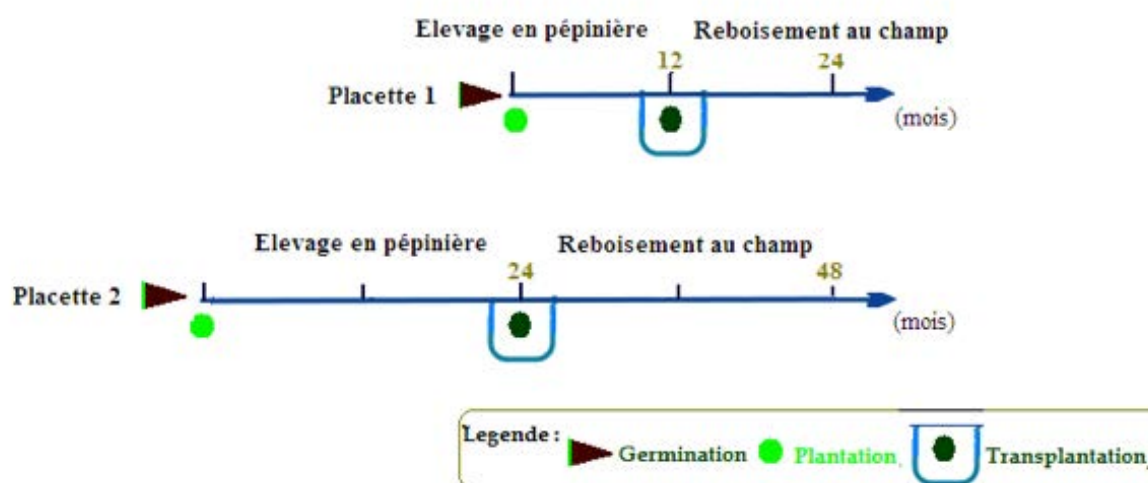


Figure 1 : Durées de l'élevage et de la transplantation dans deux placettes expérimentales.

Les sachets ensemencés sont mis sous abri de l'ensoleillement et la prédation. Le mode d'irrigation par goutte-à-goutte est substitué par l'arrosage en citerne car les tuyaux étaient endommagés par l'amplitude thermique. L'arrosage est assuré chaque 48h et dans les périodes chaudes, chaque jour.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 1 montre les moyennes en hauteur des plants inventoriés en pépinières et au champ. Au premier trimestre, les plants sont à 5,8cm en moyenne à la pépinière locale par rapport 12,7cm obtenue à l'université de Mascara (Benaouf, 2009). Au bout d'un semestre, les plants ont une moyenne de 15,55cm (16,6cm à Mascara). Les plants âgés de 12mois in situ (Lot5; Lot6; Lot7) avaient une moyenne de 32,47cm. En revanche, ceux élevés à la conservation à Tindouf-

ville étaient à 26,3cm. Au 24ème mois de l'élevage en pépinière in situ, la moyenne de croissance en hauteur passe à 65,5cm alors que celle de Mascara, à 40,4cm seulement.

La placette (01), avec 49cm de moyenne semble similaire à celle de la plantation de Mascara (48,67cm). La moyenne de 106cm dans la placette (02) est une performance plus importante par rapport aux deux sites (figure 2). **Quant à la croissance en hauteur**, elle est plus importante dans le milieu naturel (placette 02) que celle de 71,42cm enregistrée à Mascara.

De ces observations, il semble que la transplantation à l'âge d'une année freine la croissance en hauteur par rapport à l'âge de deux années d'élevage en pépinière, ceci peut être expliqué comme le temps nécessaire au renforcement du système racinaire et/ou à la **rigidification** de la tige.

Tableau 1: Moyennes de la hauteur des plants par lots et placettes en fonction de l'âge.

Milieu	En pépinière								Au champ		
	Tindouf <i>In situ</i>							Tindouf <i>Ex situ</i>	Tindouf <i>In situ</i>	Tindouf <i>In situ</i>	
	3 mois		6 mois		12 mois			12 mois	24 mois	24 mois	48 mois
Lots	Lot	Lot	Lot	Lot	Lot	Lot	Lot	Lot	Lot	Placette	Placette
et Palettes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2
H moy. (cm)	4,9	6,7	15,9	15,2	33,1	34,2	30,1	26,3	65,5	49	106
H. Moy. par Lots (cm)	5,8		15,55		32,47			/	/	/	/

H: Hauteur, Moy. : Moyenne

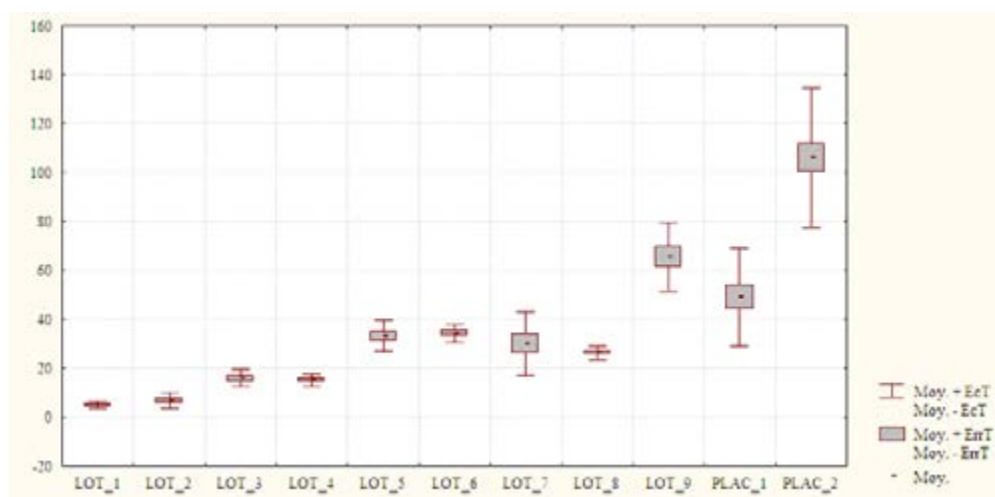


Figure 2 : Hauteurs moyennes en cm des plants en fonction de l'âge

La germination au laboratoire et l'élevage des plants en pépinière ne posent pas de problèmes techniques, mais la transplantation est suivie par une mortalité importante des plants.

Les plants issus des graines germées en pépinière manifestent un bon taux de reprise allant jusqu'à 90% dans le (lot A) qui peut dépendre de l'exploitation de leurs réserves tégumentaires. Le taux de réussite moyen est de l'ordre de 85,66 % pour les Lot A; Lot B; Lot C dès que la germination apparaît au 7^{ème} jour après l'ensemencement. Le taux moyen de réussite au 3^{ème} mois est de 36,67% par rapport au taux de 95% obtenue à Mascara, et au 6^{ème} mois, le taux moyen diminue à 29,81% dans le milieu naturel par contre, à Mascara, sa

valeur est de 80%. Ceci peut être en relation avec les conditions écologiques telles que la structure du sol, les conditions climatiques et la protection.

Notons que le pouvoir germinatif des graines d'arganier varie selon la date de récolte et l'état physiologique (Mokhtari, 2002 et Miloudi, 2006). Bien que la date de récolte et la provenance n'ont pas été prises en considération dans cette étude, les taux moyens pour les plants âgés de 12 mois, ont sensiblement des valeurs proches in situ (41,56%), et à la conservation de Tindouf (39%). Les plants âgés de 24 mois atteignent 72% de réussite (tableau. 2).

Tableau 2 : Taux de réussite de germination et du reboisement en fonction de l'âge.

Milieu		Age	Lots et Placettes	N planté	N vivant	Taux R. (%)	Taux
En pépinière	Tindouf <i>In situ</i>	07 jours	Lot A	180	162	90	Moyens de R. (%)
		13 jours	Lot B	100	89	89	
		27 jours	Lot C	100	78	78	
		3 mois	Lot 1	30	17	56,67	36,67
			Lot 2	66	11	16,67	
		6 mois	Lot 3	78	27	34,62	29,81
			Lot 4	72	18	25	
		12 mois	Lot 5	125	50	40	41,56
			Lot 6	64	35	54,69	
			Lot 7	50	15	30	
Au champ	Tindouf <i>Ex situ</i>	12 mois	Lot 8	100	39	39	/
	Tindouf <i>In situ</i>	24 mois	Lot 9	100	72	72	/
	Tindouf <i>In situ</i>	24 mois	Plac.1	34	16	47,05	/
		48 mois	Plac.2	30	22	73,33	/

N : Nombre de plants, R. : Réussite, Plac. : Placette

Les résultats de la transplantation sur site dans la placette (01) sont à 47,05% de réussite (Tableau II) contre 43,75% à Mascara. La placette (02) présente un développement remarquable des plants à la suite de la transplantation après deux années d'élevage en pépinière avec 73,33% de réussite, contre 71,42% à Mascara. Nous constatons que l'élevage en pépinière ne présage pas les possibilités de persistance qu'après la transplantation en champ.

CONCLUSION

La croissance de l'arganier est très lente. L'accroissement annuel moyen en hauteur durant les vingt premières années varie entre 0,2 et 0,3 m par an en terrain ordinaire dans des parcelles encloses et bien surveillées (Boudy, 1950). Dans la placette expérimentale de boisement de la conservation des forêts située à 90 km au sud de la réserve de l'arganeraie, l'arganier atteint 2,5m de hauteur moyenne et un diamètre de 5cm après 10 ans de transplantation, la fructification apparaît à partir de la huitième année.

Le maintien de l'arganeraie semble problématique car la régénération naturelle est limitée par l'action anthropozoïque. La régénération assistée peut donner des résultats positifs. Le reboisement expérimental sur site a atteint un taux de 73% sous les conditions climatiques sévères. Il demeure nécessaire de mettre en défens les transplantations et certains sujets portes-graines.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Benaouf Z, 2009. Essais de germination : Étude physiologique et comportementale des plantules d'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) soumises à un stress hydrique dans l'étage semi-aride ouest Algérien. Mémoire de magister USTHB, Algérie. 98p.
- Boudy P, 1950. Économie forestière nord-africaine (monographies et traitements des essences forestières), Tome II (1), Larose. Pp : 382-416.
- Kéchaïri R, Lakhdari I, 2002. Contribution à l'étude de l'arganier *Argania spinosa* (L.) Skeels. Essais de multiplication par semis au laboratoire Mascara. Thèse Ing. D'État en Biologie. Option : E.V.E. C.U. de Mascara. 67p.
- Kéchaïri R, 2009. Contribution à l'étude écologique de l'Arganier *Argania spinosa* (L.) Skeels. Dans la région de Tindouf (Algérie). Mémoire de magister USTHB, Algérie. 75p.
- Lefèvre F, 2000. Conservation in situ des ressources

génétiques forestières : réseaux de conservation et espaces protégés. Cahiers Agricultures. Ressources génétiques. Volume 9, Numéro 3, 211-22, Mai - Juin 2000. France.

- Miloudi A, 2006. Les réponses physiologiques et biochimiques de l'arganier (*Argania Spinosa* (L.) Skeels) aux facteurs abiotiques naturels. Thèse de Doctorat, labo de physiologie végétale, Inst. de Biologie, Univ. Es-Sénia, Oran. 100p.
- Mokhtari M, 2002. Production rapide de plants d'arganier Aptés à la transplantation. Laboratoire d'écophysiologie végétale; Institut agronomique et vétérinaire Hassan II. Agadir. Bull. d'information et de liaison du PNTTA, n° 95. Pp : 1-3.
- Sicard P, 1957, Revue de l'arbre en Oranie (Organe de la société des amis de l'arbre), Bull. n° 20. Imprimerie spéciale Aiglon. Oran. 83p.
- Van der Bach, 1889. L'arganier ou arbre à huile du Maroc .bulletin de la société des sciences Naturelles. Acclim. France. Pp : 397-399.

Un modèle climatique de niche pour l'arganier, Application à la vulnérabilité de l'arganeraie aux changements climatiques

Le Boulter H.

Département recherche et développement. Office National des Forêts France CGAF ONF-INRA.

Centre de recherche d'Orléans. 2163 av de la pomme de pin CS 40001 Ardon

Email : Herve.le-boulter@onf.fr

RESUME

L'écosystème forestier de l'arganeraie se situe aux limites climatiques chaudes et sèches permettant la présence des forêts. Les changements climatiques en cours conduisent à une augmentation locale des températures et une baisse des précipitations pouvant conduire à rendre cet écosystème vulnérable. Il est proposé une méthode de calcul de niche climatique permettant d'identifier les limites de tolérance de l'arganier. Ces limites concernent le froid hivernal, les sommes de températures, la satisfaction de l'évapotranspiration potentielle et les précipitations totales. Les compensations climatiques par les précipitations occultes et le sol sont discutées. Le modèle est appliqué à des simulations climatiques futures (GIEC 5) et conduit à distinguer au sein de l'arganeraie actuelle plusieurs zones géographiques de vulnérabilités différentes. Ce modèle pourrait être étendu à d'autres contextes forestiers méditerranéens.

Mots Clés : *Arganier, Argania spinosa, Changements climatiques, Modèle de niche, Vulnérabilité, Maroc.*

ABSTRACT

The forest ecosystem of the argan tree stands near hot and dry climatic limits allowing the presence of forests. The ongoing local climate changes produce higher temperatures and lower rainfall and may lead to increase the vulnerability of this ecosystem. A method is proposed to calculate climatic niche and identify the limits of tolerance of the argan tree. These limits relate to the winter frost, the sum of temperatures, the satisfaction of potential evapotranspiration and total precipitations. Climate compensation by occult precipitations and soil are discussed. The model is applied to future climate simulations (IPCC 5) and leads to distinguish in the current "arganeraie" several geographic areas with various vulnerabilities. This model could be extended to others Mediterranean forest environments.

Keywords : *Argan tree, Argania spinosa, Climate change, Niche model, Vulnerability, Morocco.*

INTRODUCTION

L'arganeraie constitue un écosystème forestier original des zones arides et semi-arides le long de la côte atlantique du Maroc de part et d'autre d'Agadir. Des stations isolées existent dans la région de Tindouf en Algérie.

Les exigences écologiques de l'arganier ont fait l'objet de plusieurs travaux classiques. Ces méthodes de description des milieux ont permis de situer l'arganeraie dans une zone bioclimatique la plaçant immédiatement en contact avec les végétations de type subdésertique et désertique à Acacia. Du côté des étages climatiques supérieurs, l'importance des besoins en chaleur et

l'absence de tolérance au froid de l'espèce ont été soulignés. La niche climatique d'arganier est finalement assez étroite. L'analyse se trouve compliquée par deux phénomènes difficilement modélisables : d'une part des précipitations occultes sous forme de brouillards et de rosées liées à la présence d'un courant marin froid et d'autre part l'utilisation des ressources en eau sub-superficielles dans les ouedset les ravins à la limite sèche de l'aire naturelle de l'espèce.

L'arganeraie est, comme de très nombreux écosystèmes forestiers, sous la menace des impacts des changements climatiques. Le présent document propose une méthode pour commencer à évaluer ces impacts.

MATERIEL ET METHODES

Pour évaluer les relations entre la présence potentielle d'une plante et le climat, il est nécessaire de connaître les limites de sa tolérance. L'une des méthodes consiste à connaître les lieux où l'essence est présente et en déduire les limites, au vu des conditions climatiques qui y règnent.

Cette approche fonde les principes de la méthode des «modèles statistiques de niche climatique». Un premier principe consiste à considérer que partout où l'essence est présente, alors le climat lui convient. Un second principe, plus ou moins corollaire, conclurait que l'absence de l'essence résulte de conditions climatiques défavorables. Ce second principe est très discutable car de multiples raisons non climatiques peuvent expliquer l'absence de l'essence. Cependant, on observe fréquemment que la présence cesse systématiquement au contact d'une ligne fictive présentant une valeur donnée constante pour une variable climatique précise. On peut alors estimer comme probable que l'essence atteint là une limite climatique.

La construction d'un modèle de niche climatique revient à mettre en relation deux ensembles d'informations :

- L'ensemble de l'information sur les lieux de présence ou d'absence de l'essence.
- L'ensemble des informations décrivant l'environnement climatique de ces lieux.

La qualité finale de la modélisation est extrêmement dépendante de la qualité de ces deux ensembles.

Pour l'arganeraie on a utilisé comme indicateur principal de présence, la carte de l'inventaire forestier national marocain. Cette carte ne donne pas d'informations sur l'abondance et le taux de recouvrement de l'arganier à l'intérieur de l'aire décrite. Le pixel élémentaire est un carré de 200 m de côté. Diverses autres sources bibliographiques diversement géo référencées ont également été consultées.

Les données climatiques sont celles fournies par le site Worldclim. Il s'agit des moyennes mensuelles des températures minimales et maximales et de la somme des précipitations. Pour la période de référence (1950-2000) la précision géographique est de 600 m.

Quatre grandeurs climatiques sont utilisées:

- La somme des précipitations annuelles.
- Le bilan hydrique sous forme d'un déficit annuel résultant de la somme des bilans mensuels entre la

demande en eau mesurée par l'ETP Hargreaves et les précipitations et intégrant l'effet tampon éventuel de la réserve en eau du sol maximisée de manière uniforme à 100 mm.

-Le froid hivernal maximum mesuré par la moyenne des minimas du mois le plus froid.

-La somme des degrés jours au delà de la valeur +5° pour la température moyenne.

Pour chaque variable on identifie à partir des points de présence la valeur limite qui inclut 97.5 % des points de présence de la carte de l'aire occupée actuelle.

Pour tout point, en comparant les valeurs climatiques locales et les valeurs limites, on modélise la présence potentielle, du point de vue climatique, si toutes les valeurs climatiques sont conformes. L'ensemble des points de présence potentielle modélisée constitue la carte de potentialité climatique de l'essence dans le contexte climatique.(fig. 1)

Pour le futur, on a utilisé, au pas de 15 km, les données disponibles les plus récentes issues du cinquième rapport du Giec (octobre 2013). Le choix s'est porté sur 15 modèles climatiques différents, tous relatifs à la date 2050 et au scénario d'émission RCP4.5. Ce scénario est alors très proche des anciens scénarios A1B et B1. Ces modèles climatiques ne fournissent pas d'information sur l'évolution du courant marin froid responsable des précipitations occultes sur la façade atlantique.

Les 15 modèles climatiques différents conduisent à autant de cartes de potentialité de présence. Il n'est pas possible de privilégier un de ces modèles climatique. De la même façon, le scénario d'émission retenue bien que central ne rend pas pour autant improbables les scénarios d'émission plus sévères ou plus modérés.

Il a été procédé à une approche de la vulnérabilité des diverses zones actuelles de l'arganeraie en cumulant les impacts de tous les scénarios.

Pour chaque point lorsqu'un scénario se traduit par une dégradation de la présence potentielle de l'arganier on lui affecte une valeur négative. A l'inverse une valeur positive est affectée si des points non adaptés aujourd'hui à l'arganier le deviennent dans le futur. Au final on peut donc produire une carte cumulant les effets des 15 modèles climatiques et classant les zones à arganier selon l'évolution de la potentialité de présence tous modèles confondus. On mesure ainsi la moyenne des scénarios (et non pas le scénario moyen) mais on mesure mal leur convergence.

RESULTATS

Froid hivernal : la limite retenue est l'isotherme $+0.5$
Celle limite, rencontrée sur les versants sud intérieurs du Grand Atlas est significativement inférieure aux valeurs classiques donnant $+3$ degrés et définissant l'étage infra méditerranéen où l'arganier serait limité.

Besoin en chaleur durant la saison de végétation :
5500 degrés jours

La combinaison de ces deux variables détermine clairement la limite supérieure de présence de l'arganier en montagne.

Bilan hydrique et précipitations: la détermination précise d'un seuil maximum de tolérance au déficit hydrique est difficile du fait de l'existence de facteurs important de compensation. Ainsi à Tindouf, on se trouve dans des secteurs à 1800 mm de déficit hydrique alors que les arganeraies marocaines ne se trouvent jamais au delà de 1200-1300 mm de déficit. La répartition des arganiers à Tindouf montre qu'ils sont étroitement cantonnés dans le lit mineur du réseau hydrographique et plutôt en bas de bassin versant. Cela évoque clairement une utilisation des ressources en eau résultant soit d'un stockage long dans le sol soit d'apports latéraux venant de l'amont en condition subi-superficielles. Par ailleurs, le long de l'atlantique, les précipitations occultes pourraient représenter l'équivalent de 50 à 80 mm d'eau par an. En combinant l'ensemble de ces facteurs on est finalement conduit à proposer les limites suivantes:

Pour les précipitations :

- Au delà de 200 mm les pluies ne sont pas limitantes.
- Entre 130 et 200 mm : nécessité de compensation par les précipitations occultes.
- De 60 à 130 mm : présence seulement possible dans les lits mineurs des oueds sous réserve de possibilité de stockage d'eau ou d'apports latéraux.
- En dessous de 60 mm aucune possibilité de présence.

Pour le bilan hydrique :

- En dessous de 1250 mm : aucune contrainte
- De 1250 à 1700 m : présence possible seulement avec une compensation.

Le cas particuliers des compensations conduit par la combinaison de toutes les exigences à trois types de niche climatique :

-L'arganeraie en plein sans besoin de facteur compensateur par les précipitations occultes.(en vert

sur la carte)

-L'arganeraie en plein avec besoin de précipitations occultes. (En jaune sur la carte)

-L'arganeraie azonale du lit mineur des oueds.(rose sur la carte)

La carte de la fig1 rend compte de la modélisation dans les conditions de référence 1950-2000. (La partie présence réelle est manquante pour le sud de l'Anti Atlas).

La synthèse des vulnérabilités pour 2050 conduit aux



Figure 1 : Aire observée, en vert foncé, et aires modélisées de l'arganeraie actuelle.

constats suivants:

- Du fait du réchauffement et de la baisse des précipitations, l'arganier serait éliminé de la région de Tindouf. Cependant, les déterminants pedo-hydriques y étant très supérieurs aux déterminants climatiques purs il semble difficile de préjuger du comportement local de l'espèce sous impact des changements climatiques.

- Près de la limite thermique basse dans les Atlas l'arganier profite du réchauffement général et du radoucissement hivernal pour étendre sa zone de présence potentielle vers le haut.

- Les peuplements côtiers au nord d'Agadir ne verraient pas d'évolution de leur niche climatique et resteraient adaptés.
- Les régions proches d'Agadir à l'est et au sud subiraient une certaine dégradation au regard des besoins hydriques rendant plus nécessaire l'apport des précipitations occultes. Ces régions sont déjà largement soumises, seule une modification importante du régime des courants marins semblerait devoir mettre l'arganeraie en réelle difficulté.
- Les arganeraie de montagne de l'Anti Atlas passeraient également dans un contexte de besoin en compensation pour pouvoir se maintenir. Les complexités microclimatiques locales ne permettent pas de pousser plus loin l'analyse.
- La zone apparemment la plus critique concerne la vallée du Souss en dessous de 600 m et à plus de 30 km de la mer. L'évolution climatique dessinée par l'ensemble des modèles conduit à un passage à l'arganeraie azonale des lits mineurs des oueds et des ravins avec probablement une rétractation forte des espaces aujourd'hui occupés.

DISCUSSION

La méthode utilisée est une transposition de celle en cours de construction en France pour évaluer la vulnérabilité des peuplements forestiers locaux. Elle est également utilisée pour identifier les essences forestières présentes dans des régions dont les climats sont aujourd'hui compatibles avec les climats français futurs.

Dans le cas de l'Arganier, la méthode semble apte à approcher les limites de la niche climatiques. L'outil décrit pourrait donc venir compléter les outils bioclimatiques déjà disponibles pour analyser les vulnérabilités de l'ensemble des écosystèmes végétaux maghrébins et aider à la mise en œuvre des politiques adaptatives.

Il faut cependant rester attentif aux nombreuses incertitudes du modèle et de ses sources : évolution réelle des émissions de GES, qualité des modélisations climatiques, représentativité des données climatiques de référence et des données de présence actuelle. L'outil n'est pas un moyen infaillible pour prédire un futur par définition incertain, il sert seulement à identifier et hiérarchiser les zones à risque.

BIBLIOGRAPHIE

- Ahmed EA, Faouzi SM, Mohamed L, Bernard L. Cartographie de l'occupation du sol et de la densité du couvert arboré dans la région de Tamanar, province d'Essaouira, Maroc..
- Ferradous A, Bani-Aameur F, Dupuis P. Climat stationnel, phénologie et fructification de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels). Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires. 2010;17(1):51–60.
- Kechebar MSA, Karoune S, Belhamra M, Rahmoune C. Characterization of the argan tree of south western Algeria. Int J Curr Microbiol App Sci. 2013;2(6):117–26.
- M'HIRIT O, YASSIN M. a propos de l'utilisation des données climatiques en matière de gestion et de conservation de la forêt. Hommes Terre et Eaux Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires 1993
- MSANDA, F, El Aboudi A, Peltier JP. Originalité de la flore et de la végétation de l'Anti-Atlas sud-occidental (Maroc). Feddes Repertorium. 2002;113(7-8):603–15.
- TAZI MR, BERRICHI A, HALOUI B. Esquisse cartographique de l'aire de l'arganier *Argania spinosa* (L.) Skeels au Maroc nord-oriental. 2013

L'arganeraie algérienne, caractéristiques écologiques et structurales

Aït Hammouda T., Bendou S. et Abdoun F.

Laboratoire d'écologie végétale et environnement, Faculté des sciences biologiques,
 Université des Sciences et Technologie Houari Boumediene USTHB, BP 32 El-Alia, Alger.
 Email: tahar_aithammouda@yahoo.fr

RESUME

L'arganier espèce rare et endémique entre le Maroc et l'Algérie. Plus connu au Maroc où il représente l'essence forestière majeure. En Algérie, il forme de petites populations naturelles occupant les lits de quelques oueds dans la Hamada de Tindouf. Cette population est extrêmement importante sur le plan écologique vu qu'elle représente la limite la plus continentale et la plus aride de l'aire géographique de ce taxon.

L'existence de l'arganier dans cette partie du Sahara est signalée dès 1924 par Emberger, cependant, son étude écologique n'est entreprise que tardivement (Baumer et Zeraia, 1999, Kéchaïri, 2009, Benkheira, 2009, Aït Hammouda, 2011, Bendou, 2011). Ces derniers travaux ont permis d'élargir les connaissances des caractéristiques écologiques de l'espèce et des groupements végétaux qu'elle constitue. Ils ont concerné également l'aspect structural des populations par une approche dendrométrique. Les résultats obtenus permettent une évaluation de l'état de conservation de cet écosystème évoluant dans un environnement hyperaride et perturbé.

Mot clés : Tindouf, Sahara, Algérie, Arganier, écologie, dendrométrie.

ABSTRACT

Argan tree is a rare and endemic species between Morocco and Algeria. It is better known in Morocco, where it represents the major forest tree species. It forms small natural populations, occupying some wadis in Hamada of Tindouf in Algeria. This population is extremely important ecologically because it is the driest and the most continental boundary of the geographical area of this taxon.

The existence of the argan tree in this area of Sahara is indicated by Emberger since 1924, however, his ecological study was not undertaken but tardily (Baumer & Zeraia, 1999; Kéchaïri, 2009; Benkheira, 2009; Ait Hammouda, 2011 and Bendou, 2011). These latter works have enlarged the understanding of the species ecological characteristics and its vegetal groups. They also concerned the structural aspect of populations through a dendrometric approach. The results allow an assessment of the ecosystem conservation state evolving in a hyper-dry and disturbed environment.

Keyword : Tindouf, Sahara, Algeria, Argan tree, ecology, mensuration.

INTRODUCTION

L'Arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) est la seule représentante de la famille tropicale des sapotacées en Afrique du Nord, c'est une espèce rare et endémique entre l'Algérie et le Maroc où elle est plus connue et représente l'essence forestière majeure. En Algérie, l'arganier est concentré dans les lits de quelques oueds dans la Hamada de Tindouf et forme de petites populations naturelles. Ces populations sont extrêmement importantes sur le plan écologique vu qu'elle représente la limite la plus continentale et la plus

aride de l'aire géographique de ce taxon. Cette région notamment l'arganeraie n'a bénéficiée que de peu de travaux de recherche écologique. Baumer et Zeraia (1999) ont proposé un nouveau groupement végétal à *Argania spinosa* et *Acacia herenbergiana*. Ce groupement fut authentifié par Quézel. Ces dernières années après un regain d'intérêt pour cette arganeraie, des travaux d'inventaire et de cartographie ont été entrepris (Kechairi, 2009, Benkheira, 2009, Aït Hammouda, 2011, Bendou, 2011). La direction générale des forêts a classé l'arganeraie en réserve naturelle et

c'est la conservation des forêts de Tindouf qui est chargée de sa protection et sa valorisation. Cette dernière consiste en l'élevage en pépinière et plantation in-situ.

Dans ce contexte, l'objectif de notre travail est de faire une caractérisation écologique la végétation, et de discerner les facteurs qui interviennent dans sa répartition et son l'installation au niveau de la Hamada de Tindouf; enfin de reconnaître la structure verticale de la population d'arganier.

MATERIELS ET METHODES

Présentation de l'arganeraie de Tindouf

L'arganeraie Algérienne est placée à une centaine de kilomètre au nord de la ville de Tindouf plus précisément, dans la Hamada de Tindouf, dans laquelle oued El-Ma prend naissance. Elle est limitée au nord et nord-ouest par la dépression du nord où on trouve les falaises de Kereb El Hamada et les monts d'Ouerkziz, au sud par la dépression de Tindouf, à l'est par la Hamada de Guir.

Le climat de la région est caractérisé par de très faibles précipitations, elles sont de 50 mm par an, avec un pic au mois de septembre. Selon Dubief (1963), une période pluvieuse existe dans les régions sahariennes, l'alternance saison des pluies, saison sèche, joue un rôle régulateur des activités biologiques (Ramade, 1984).

L'amplitude thermique est l'une des particularités du climat saharien, Emberger (1930) remarque que cette amplitude joue un rôle important dans la répartition de la végétation. Pour la période 1994-2004, la moyenne des minimas thermiques de la région de Tindouf est 6,5°C avec une moyenne des maximas de 43,4°C. Sur le plan bioclimatique, la zone d'étude appartient à l'étage saharien à hiver tempéré, et période sèche s'étale sur

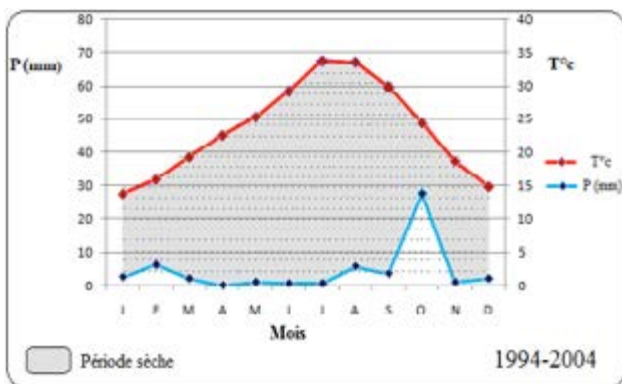


Figure 1: Saison sèche de la région de Tindouf

toute l'année. L'indice de continentalité la situe dans le climat continental au sens large.

Méthodologie

Pour la réalisation de ce travail, nous avons procédé à des relevés phytoécologiques, avec un plan d'échantillonnage subjectif, tenant compte de l'homogénéité et de la représentativité du relevé. Il s'agit du type le plus adéquat et est le plus utilisé dans les milieux arides et sahariens, en raison du faible recouvrement de la végétation (Kassas et Imam, 1954). La taille du relevé varie de 100m² à 1000m² (Kassas, 1953, Quézel, 1965, Barry et al., 1981).

Les données issues des inventaires floristiques sont traitées par le programme STATISTICA avec une analyse factorielle des correspondances (AFC), et une classification ascendante hiérarchique (CAH). L'objectif de ces analyses est la simplification des données brutes avec le minimum de perte d'information. Ces méthodes permettent de décrire la distribution des relevés, des espèces et des descripteurs écologiques, dans un espace graphique les contenant. Ce sont les premiers axes factoriels qui représentent le mieux le nuage (Dervin, 1988), ils apportent le plus d'informations.

La caractérisation dendrométrique a pour objectif d'analyser les distributions des arbres en classes de grosseurs et de tailles (hauteur, circonférence du tronc, surface houppier). Les mesures effectuées sont:

- La hauteur : sa mesure est réalisée avec un dendromètre blum-leiss. Dans le cas des individus ramifiés à la base, c'est la hauteur de la première ramification qui a été mesuré.
- La circonférence du tronc : pour la mesure de la circonférence des pieds des arbres, et comme la majorité des individus échantillonnés ont une forme en cépée de petite taille, épineux inaccessibles et ramifiés, la mesure de la circonférence à 1,30m est quasiment impossible pour tous les individus, nous nous sommes basé dans ce cas sur la mesure du diamètre du tronc à la base.
- Estimation de la surface du houppier : il a été mesuré deux diamètres du houppier à partir des extrémités du branchage, puis calculer la surface du houppier.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Caractérisation écologique de l'arganeraie de Tindouf

L'analyse multivariée fait ressortir les facteurs déterminant la distribution des ensembles végétaux. Il s'agit de la géomorphologie et le type de substrat qui explique le mieux les différents facies rencontrés.

Quatre ensembles ont été identifiés (Figure1), puis caractérisés sur les plans physiologique, écologique et floristique. Ils sont décrits comme suit.

- Pseudo-steppe à *Retama retam* et *Pituranthos chloranthus*, sur un substrat sableux situé dans la partie négative de l'axe 3, cet ensemble, sur le plan physiognomique, est caractérisé par un développement des chamaephytes sur les alluvions caillouteux-sableux comme *Bubonium graveolens* et *Anabasis articulata*. Quand l'accumulation de sable est importante, on assiste à l'installation d'un cortège de psammophytes, tels que *Colocynthis vulgaris* et *Neurada procumbens*.

- Pseudo-steppe arborée à *Acacia raddiana* et *Foleyola billotii*, surlit majeur à substrat sableux-caillouteux situé dans la partie négative de l'axe 2. Cet ensemble est caractérisé sur le plan physiognomique par la présence de plusieurs espèces phanérophytiques à savoir *Acacia albida*, *Ziziphus lotus* ainsi que *Calotropis procera* avec une faible fréquence. L'analyse de cet ensemble fait ressortir aussi des espèces préférentielles (selon l'approche phytosociologique) représentées par *Foleyola billotii* et *Cocculus pendulus*. Notons également la présence de certaines chamaephytes comme *Psoralea plicata* et *Panicum turgidum*.

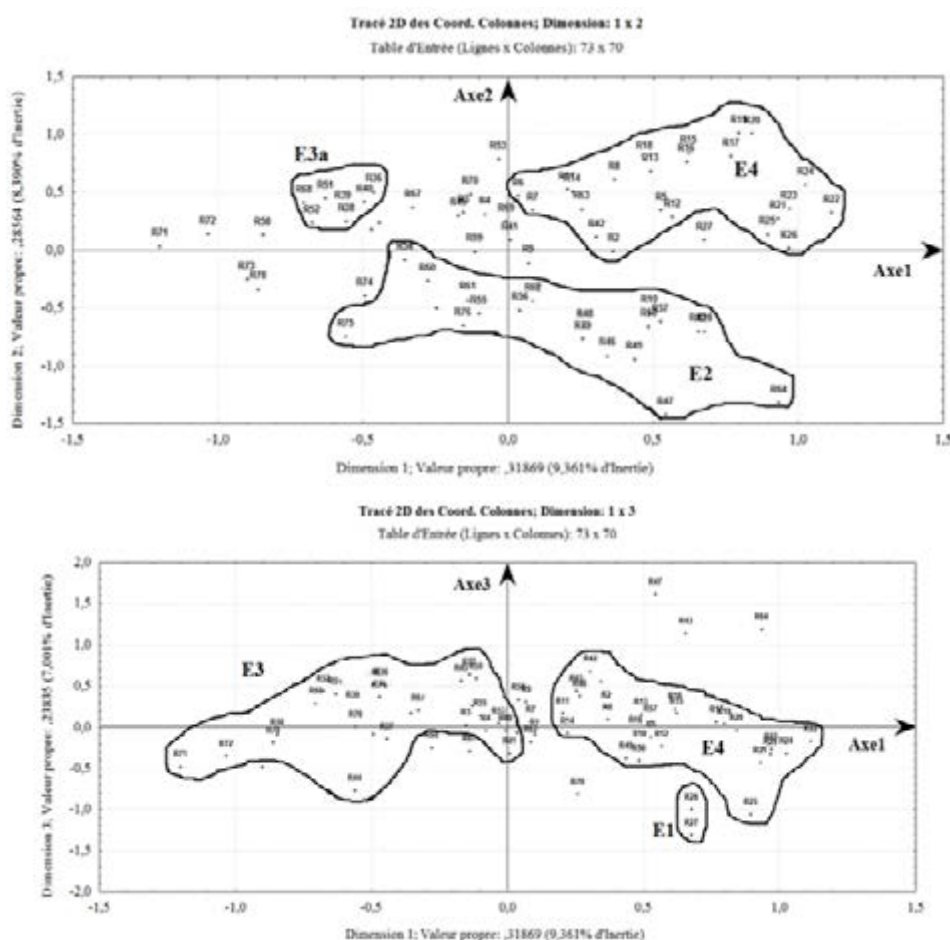
- Pseudo-steppe arborée à *Argania spinosa* et *Acacia raddiana*, se développe dans les affluents et ravins

à substrat caillouteux-sableux et pierreux, parfois rocheux. Cet ensemble est dominé par *Argania spinosa*, *Acacia raddiana* et *Rhus tripartita*. Il est caractérisé floristiquement par des espèces appartenant seulement à cet ensemble tel que *Periploca laevigata* et *Hippocrepis multisiliquosa*. Notons un développement remarquable et considérable d'espèces à caractère saxicole, parmi lesquelles on trouve *Rhus tripartita*, *Gymnocarpus decander* et *Trichodesma africanum* et à faibles fréquences *Cotula cinerea* et *Crotalaria saharae*.

- Pseudo-steppe arborée à *Acacia raddiana* et *Zilla macroptera* développés dans de petites dépressions (daya), qui favorise l'accumulation des eaux de pluie sur la hamada. Cet ensemble est dominé par une structure arborée avec présence à haute fréquence d'une flore chamaephytique importante tel que *Helianthemum lipii* et *Launaea arborescens* ; avec certaines espèces préférentielles comme *Convolvulus trabutianus*, *Zilla macroptera* et *Pergularia tomentosa*.

Caractérisation dendrométrique

Les résultats dendrométriques de la population d'arganier montre que la majorité des arbres ont une hauteur de 1m à 4m, avec une moyenne de 3,2m. L'histogramme de la



circonférence du tronc à la base illustre une abondance de tiges à faibles grosseurs, dont elle varie de 5cm à 25cm. Quant à la surface du houppier, la moyenne de l'ensemble des arbres échantillonnés est de l'ordre de 10,7m², soit un diamètre de 326,4cm. Signalons la présence, à faible fréquence, d'individus de hauteur de 10m avec un diamètre du tronc de près de 70cm.

L'analyse de ces résultats confirme que nous sommes en présence d'une population dégradée, qui nécessitera des actions de préservation. Sur l'ensemble des sujets inventoriés, plus de 80% ont subi des perturbations. En présence constante de pâturage et d'exploitation du bois, ces sujets donnent un aspect buissonneux et rabougris.

CONCLUSION

Le présent travail constitue une des contributions pionnières à la connaissance de cet écosystème particulier. L'analyse multivariée des données phytoécologiques a permis la mise en évidence de quatre ensembles végétaux et les facteurs écologiques qui régissent la

distribution de la végétation. La géomorphologie et le type de substrat sont retenus comme des principaux facteurs responsables de la distribution des différents ensembles végétaux. Il en ressort une diversité d'ensemble, où l'arganier est tantôt dominant, tantôt dominé par *Acacia raddiana* ou « chassé » par endroit par l'*Acacia albida*.

De l'analyse dendrométrique de la population d'arganier, nous constatons que sur l'ensemble des sujets inventoriés, plus de 80% ont subi des perturbations tel que le pâturage et l'exploitation du bois. Parmi les 20% restants, certains individus ont pu se développer en arbre. Ces derniers expriment les potentialités de l'espèce dans les conditions d'hyperaridité de la région.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ait hammouda T, 2011. Evaluation de la diversité écologique des écosystèmes à arganier dans la région de Tindouf. Mémoire magister USTHB, Algérie, 65p.
- Baumer M et Zeraia L, 1999. La plus continentale des stations de l'arganier en Afrique du nord, Rev. For. Fr. LI- 3: 446-452.
- Benkheira A, 2009. L'arganeraie Algérienne, publication du projet ALG/00/G35 N°9, Algérie, 15p.
- Dubief J, 1959-1963. Le climat du Sahara. Vol. I, 1959, 312 p., Vol II, 1963, Inst. Rech. Sahar, Univ. d'Alger. 275p.
- Emberger L, 1930. La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. Rev. Gén. Bot., 42: 641-662 et 705-721.
- Kassas M et Imam M, 1954. Habitat and plant communities in the Egyptian desert. III. The Wadi bed ecosystem. J. Ecol. 42: 424-441.
- Kassas M, 1953. Habitat and plant communities in Egyptian desert: II. The features of desert community. Journal Ecol., 41: 248-256.
- Kechairi R, 2009. Contribution à l'étude écologique de l'Arganier *Argania spinosa* (L.) Skeels. Dans la région de Tindouf (Algérie). Mémoire magister USTHB, Algérie, 75p.
- Quézel P, 1965. La végétation du Sahara. Du Tchad à la Mauritanie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 333p.
- Ramade F, 1984. Elément d'écologie. Ecologie fondamentale. Edition Mc Graw-Hill. Paris. 397p.

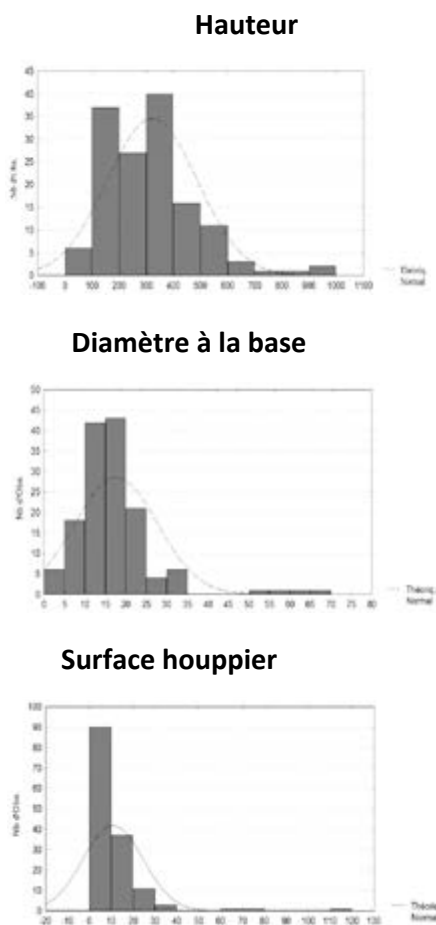


Figure 3: Histogrammes des paramètres dendrométriques

Phytomasse et valeur fourragère de l'arganier

Qarro M.¹, Ponette Q.², Marouch R.¹, Aamou A.¹ & EL Maadoudi E.H.³

¹Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs de Salé Maroc

²Université Catholique de Louvain la Neuve Belgique

³Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat

RESUME

La présente étude a été effectuée dans le massif forestier des 4 communes rurales entourant le SIBE de jbel Amsiten (Essaouira) et consiste à l'évaluation de la phytomasse foliaire des futaies adultes et à l'appréciation de la valeur fourragère des feuilles d'arganier. L'échantillon qui a servi de base à l'étude porte sur 140 placettes circulaires de 5 ares, réparties selon un dispositif d'échantillonnage aléatoire stratifié en fonction du type de peuplement. L'évaluation de la phytomasse a été réalisée par une stratification double verticale et horizontale de l'arbre. Sur la base des données recueillies, des modèles de régressions ont été développés pour estimer la phytomasse foliaire de cette espèce. La production moyenne des futaies adultes d'arganier est de 1,35 tonne de MS/ha. La biomasse foliaire est variable en fonction des facteurs du milieu. Elle est meilleure dans certaines conditions liées surtout aux basses altitudes et aux faibles pentes. L'analyse chimique des feuilles d'arganier a révélé le pourcentage important en protéines et les faibles teneurs en fibres. Ceci donne aux feuilles de l'arganier une bonne appétabilité par les chèvres notamment. De point de vue valeur énergétique et azotée, les feuilles d'arganier sont considérées comme un aliment de qualité avec 0,75 UF/ kg MS et 128,94 g de matière azotée digestible par kg MS.

Mots clés : *Arganier, stratification, biomasse foliaire, valeur fourragère.*

ABSTRACT

This study was carried out in the argan forest covering four rural communities around Jbel Amsiten ecological site (Essaouira). It involves in the evaluation of the leaf biomass of adults argan forests, and the appreciation of the feed value of argan leaves from their chemical composition. The sample used as the basis for the study is 140 circular plots of 5 acres, distributed in a random stratified sampling device according to the type of forest stands. Evaluation of the leaf biomass was carried out by a double stratification; vertical and horizontal stratification of the tree. Based on the data, the regression models were developed to estimate the leaf biomass of this species. The average diameter of the projection of the crown is the best estimator of leaf biomass for adult argan forests. The main production of adult argan forests is 1.35 tones DM/ha. Leaf biomass varies according to the environmental factors. It is better in certain conditions relating especially at low altitudes and low slopes. Chemical analysis of the argan leaves reveal a significant percentage of protein and low in fiber content. This gives the leaves of the argan a good palatability appreciated by goats specially. About the energy and protein value, the argan leaves are considered as a good quality food with 0.75 FU / kg DM and 128.94 g of digestible crude protein per kgDM.

Keywords: *argan, stratification, leaf biomass, feed value.*

INTRODUCTION

L'arganier est un arbre multi-usage, il contribue à la vie de plus de deux millions d'habitants (Tarrier et Benzyane, 2003) du Sud-ouest marocain. Il leur fournit du fourrage, bois de chauffage (principalement pour la cuisine), charbon ainsi qu'une huile de plus

en plus convoitée sur les marchés mondiaux. Le rôle social de l'arganier est marqué depuis longtemps par la grande dépendance de la population rural des ressources produites par les écosystèmes à arganier dont principalement : l'huile d'argan et ses dérivées (pulpe, tourteaux, coque), le fourrage (produit par le feuillage aérien et strates herbacée et arbustive). Les

études réalisées (Benziane, 1989) dans les écosystèmes à arganier ont avancé des estimations pour la production pastorale de ces écosystèmes qui varient du simple au triple (150 à 450 UF/ha/an). A ce sujet et dans l'objectif de mieux approcher et d'une manière plus scientifique et technique on a réalisé l'étude d'évaluation de la production de la phytomasse des arbres d'arganier adulte qui constitue la grande inconnue en matière de production pastorale de ces écosystèmes.

MATERIEL ET METHODE

Les peuplements étudiés sont constitués par des futaies adultes d'arganier pur, répartis sur tout le territoire des quatre communes rurales Smimou, Imi n'tlit, Ida ou Azza et Imagrâd. En se basant sur la carte des types de peuplements (Atifi, 2012), on a pu déterminer deux strates de cette dernière (As2aF ; As3aF), dans lesquelles on a réparti les 140 placettes échantillons par une allocation proportionnelle au poids de chaque strate. Vu la faible densité de l'arganier, on a opté pour des placettes circulaires de 5 ares (rayon de 12,65 m), car cette forme est bien adaptée au peuplement naturel de distribution spatiale aléatoire ; elle ne favorise aucun gradient écologique (Pardé, 1988) et facile à matérialiser sur le terrain. La coupe de phytomasse a été réalisée pendant le mois de Janvier 2013, où la foliation était complète et de jeunes rameaux poussent, favorisées par les conditions pluviométriques de cette période. Les paramètres des arbres mesurés dans chaque placette sont, principalement, la circonférence (1,30m), hauteur, diamètre croisé de la projection du houppier. Les descripteurs écologiques collectés sont les descripteurs topo climatiques et les descripteurs édaphiques. La méthode retenue est la stratification non destructive, en appliquant une stratification double en même temps verticale et horizontale de l'arbre. Cette méthode consiste à stratifier l'arbre en zones homogènes selon les critères de (i) distribution de la phytomasse foliaire sur les branches, (ii) densité et qualité du feuillage et (iii) types et densité des branches. Cette méthode a aussi l'avantage de multiplier l'échantillonnage de façon à toucher l'arbre entier (Bakkali et al, 2001). Pour l'évaluation de la phytomasse foliaire, on a utilisé la méthode de l'arbre de biovolume moyen (assimilé à un cône). Cette méthode qui est rapide, nécessite des mesures préalables.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Modélisation de la phytomasse

L'ensemble des données de l'étude a permis de modéliser la biomasse foliaire des futaies adultes d'arganier au niveau de la zone entourant SIBE d'Amsiten. La

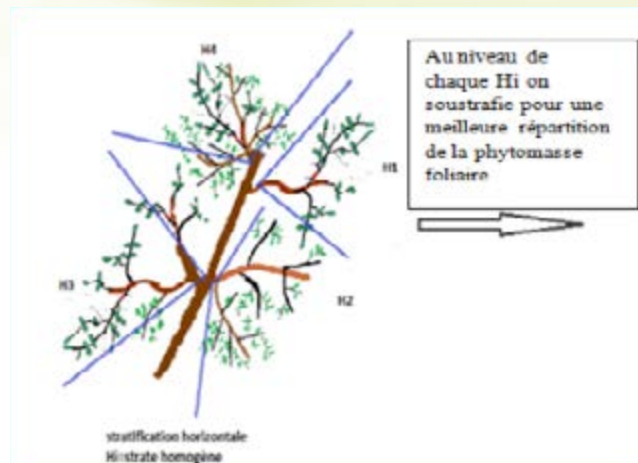


Figure n°1 : Description des mesures de l'arbre

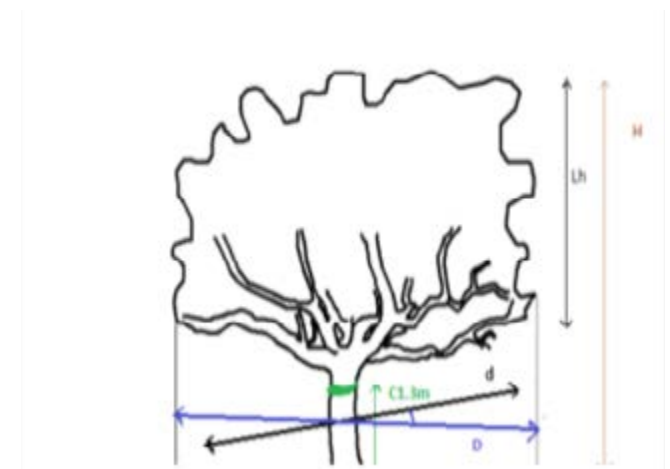


Figure n°1 : Description des mesures de l'arbre

matrice de corrélation montre que la phytomasse foliaire est fortement corrélée avec le diamètre moyen du houppier. Les modèles mathématiques représentant les tarifs biomasses pour la zone sont consignés dans le tableau n° 1.

Tableau n°1. Modèles de régression ajustés pour la phytomasse foliaire

N°	Equations	R ² (%)	Sy.x	IF	Fobs	t obs ⁽¹⁾	d
1	PSF= -4,874 + 1,746 Dm	88	2,12	2,12	1008,65*	-7,715* 31,759*	1,6
2	PSF= 0,53 Dm ^{1,361}	89	0,16	0,15	1119,16*	-6,554* 33,454*	1,5
3	PSF= 3,983+ 0,079Dm ²	88,3	2,09	2,09	1046,01*	10,87 * 32,34*	1,65
4	PSF= 0,786 +0,623 Dm + 0,051 Dm ²	88,3	2,08	2,08	527,68*	0,341NS 1,405NS 2,55*	1,64

(1) tests de student sur la constante et sur le reste des coefficients de régression. *significatifs au seuil de 5% ; NS non significatif
PSF : Poids sec foliaire en Kg. Dm : Diamètre moyen de la projection du houppier au sol en m. Sy.x = Ecart-type résiduel
Le test de Fisher (F observé) ; L'indice de Furnival (IF) ;

Les résultats consignés dans le tableau précédent montrent que le modèle le plus performant est de la forme : **PSF=0,53 Dm ^{1,361}**

1. Analyse chimique et valeur fourragère

L'analyse chimique des feuilles d'arganier, montre que les feuilles renferment 8,81% de MS de matière minérale, 17,28% de MS d'azote, 12,08% de MS de CB, 57,01% de MS d'ENA et 4,82% de MS de lipides, la teneur en fibres est de l'ordre de 27,4% de MS pour NDF, 19,38% de MS pour ADF et 10,31% de MS pour ADL. Ces valeurs expliquent l'appétabilité des feuilles d'arganier due à leur pourcentage important en protéines et la faible proportion en fibres. L'analyse minérale révèle que les feuilles d'arganier contiennent 0,96g/kg MS de phosphore, 16,8 g /kg MS de calcium, 2,3 g /kg MS de sodium, et 7,4 g/kg MS de potassium, ces valeurs montrent la richesse des feuilles d'arganier en Calcium (16,8) et Phosphore (1,01). Les concentrations en calcium et phosphore, comparées à celles recommandées

dans la littérature pour la chèvre, sont suffisantes pour sa croissance et son développement.

National Research Council (1980) recommande 2g/ Kg de MS et 1,4 g/Kg de MS respectivement pour le calcium et le phosphore pour le maintien et la croissance.

Du point de vue valeur énergétique et azotée, les feuilles d'arganier ont une digestibilité importante (dMO =72%). En raison de cette valeur importante de la dMO, la matière sèche des feuilles d'arganier est assez énergétique, elle renferme 0,76UF/kg MS, ce qui permet de caractériser les feuilles d'arganier comme étant un bon aliment pour tout type de production. La quantité en MAD des feuilles d'arganier est élevée, soit 128,1 g/Kg MS. Les animaux en pâturant dans l'arganeraie et consommant en même temps les sous-produits bénéficient d'une ration complète en minéraux.

La valeur fourragère des feuilles d'arganier est de l'ordre 0,75UF/Kg MS (tableau n°2).

Tableau 1. Valeur fourragère des feuilles d'arganier

Composition	MO	dMO	MOD	MOI	UF/Kg MS
Teneur	91,18%	72%	65,65%	25,53%	0,75

-MO : Matière organique en g/Kg MS -MOI : Matière organique indigestible en g/Kg MS -MOD : Matière organique digestible en g/Kg MS (MOI = MO - MOD) (MOD = dMO x MO).

La phytomasse fourragère de la futaie adulte d'arganier est en moyenne de 1,35t MS/ha, sur la base de 0,75 unité fourragère (UF) par kg de matière sèche, la valeur fourragère correspondante est en moyenne de 1026 UF/ha. Les productions fourragères de strates étudiées sont de l'ordre de 1580 UF/ha et 881 UF/ha respectivement pour la strate moyennement dense et claire. Sion considère que seulement 50% de la biomasse foliaire est atteinte par les chèvres la production moyenne des futaies accessibles serait de 513 UF/ha.

CONCLUSION

L'étude de la biomasse foliaire des futaies adultes pures dans la zone entourant l'Amsiten, a permis l'élaboration des relations phytomasse foliaire - paramètre morphométrique. Les résultats des analyses chimiques obtenues démontrent l'appétabilité des feuilles d'arganier par leur pourcentage important en protéines et la faible proportion en fibres. L'analyse minérale révèle que les feuilles d'arganier contiennent 0,96g/kg MS de phosphore, 16,8 g /kg MS de calcium, 2,3 g /kg MS de sodium, et 7,4 g/kg MS de potassium, ces valeurs montrent la richesse des feuilles d'arganier en Calcium et Phosphore. La quantité en MAD des feuilles d'arganier est élevée, soit 128,1 g/Kg MS, ce qui montre que les feuilles d'arganier constituent une source importante en azote, compensant ainsi la rareté de cet élément dans les espèces herbacées de l'arganeraie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Atifi M, 2012. Conception et réalisation d'un système d'information géographique pour la gestion des ressources naturelles dans la zone d'Amsiten (province Essaouira).Mémoire 3eme cycle ENFI, Salé Maroc, p51
- Bakkali M, Qarro M, Ouïja A, Diouri M, Zine El Abidine A, Ezzahiri M, Belghazi B, 2001. Phytomasse aérienne du cytise Battandier (*Argyrocytisus battandieri* M.) dans le Moyen Atlas tabulaire marocain. Exemple des forêts d'Azrou et de Sidi M'guild. Sécheresse, 2001.
- Benzyane M, 1989. Estimation de la biomasse et étude de la croissance de l'arganier (*Argania Spinosa*) dans le plateau de Haha (Essaouira).Mémoire de 3ème cycle. I. A. V. Hassan II. 115p.
- Pardé J, 1988.Dendrométrie. Nancy. ENGREF, 350 p.
- National Research Council, (1980).Mineral Tolerance of domestic animals. Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Tarrier M.R et Benzyane M, 2003. L'arganeraie marocaine se meurt : problématique et bio-indicateur. Sécheresse, 14 (1): 60-62.

L'arganeraie et l'élevage caprin, quelles interactions entre la chèvre et l'arbre et quel impact sur l'écosystème ?

Cas de la région de Haha

Chatibi S.¹, Araba A.¹, Casabianca F.²

¹Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, BP 6202, 10101 Rabat, Maroc

²INRA Centre de Corse, UR LRDE, Quartier Grossetti, 20250 Corte, France

RESUME

L'arganeraie est un écosystème à usages multiples. Il est à la fois un espace forestier par le bois qu'il procure, un environnement agricole produisant des fruits d'argan, source d'une huile précieuse, ainsi que des cultures au sol (céréales notamment) et enfin, un vaste parcours propice à l'élevage sylvo-pastoral du cheptel caprin en particulier. Ce dernier est mis en cause dernièrement pour sa contribution éventuelle dans la dégradation de l'écosystème. Quel rôle joue réellement l'élevage caprin dans l'arganeraie ? Quelles interactions entre l'élevage pastoral et l'espace forestier et quel impact de la chèvre sur l'arbre ? Ce travail tente, en s'appuyant sur une étude de terrain réalisée dans la région de Haha (province d'Essaouira), d'apporter des éléments de réponse à ces interrogations. Il aborde essentiellement la dynamique spatio-temporelle de l'élevage caprin dans l'espace forestier et analyse dans cette perspective les impacts négatifs potentiels de cet élevage sur l'arganeraie et les interactions qui existent entre ces deux composantes.

Mots clés : *Arganeraie, écosystème, élevage, caprin, interaction,*

ABSTRACT

Argan area is a multiple use space. At the same time a forest providing wood, an agro-system producing fruits source of a precious oil, and crop cultivation, but also a vast pasture and suitable for a sylvo-pastoral livestock system, particularly goats. Recently goats have been questioned for the eventual degradation of the eco-system. Which roles for the goat breeding in the argan area? Which interactions between pastoral system and forest? What impact of the goat on the tree? By a field study realized in the Haha region (Essaouira province) our work aims at bring some answers. We tackle mainly the spacio-temporal dynamics of goat breeding within the forest area. So, we analyze the potential negative impacts of this activity on the argan forest and the interactions existing between both components.

Keywords: *Argan forest, eco-system, livestock, goats, interaction.*

INTRODUCTION

L'écosystème de l'arganeraie a toujours joué un rôle socio-économique important pour les populations qu'il abrite, par ses usages multiples. A la fois espace forestier par le bois qu'il procure, environnement agricole produisant des fruits d'argan, source d'une huile précieuse, mais aussi des cultures au sol (céréales notamment), il est enfin un vaste parcours pastoral propice pour l'élevage extensif du cheptel caprin

en particulier, offrant une multitude de ressources fourragères spontanées.

Par ailleurs, l'ampleur internationale qu'a pris l'arganeraie et son inscription au patrimoine mondial de l'UNESCO ainsi que le succès commercial spectaculaire de l'huile d'argan, ont fait que cet écosystème fait l'objet actuellement d'une attention très particulière au niveau national et international. Une attention qui se manifeste par de nombreux

programmes de protection, de reconstitution et de lutte contre la dégradation que l'arganeraie a subie de manière continue depuis de nombreuses décennies. Si les principaux facteurs responsables de cette dégradation par le passé ont été identifiés et atténués (urbanisation et extension des villes, intensification de l'agriculture, défrichement, coupe de bois, succession des années de sécheresse, etc.), un facteur potentiel est de plus en plus montré du doigt ces dernières années, l'élevage caprin.

En effet, deux avis divergents émergent à ce sujet, d'un côté des acteurs incriminent la chèvre pour les dommages qu'elle est censée causer aux arganiers durant le pâturage. De l'autre côté, des éleveurs locaux mettent en avant la présence ancienne des caprins dans cet écosystème et leur rôle potentiel dans son entretien et son renouvellement. Ces deux avis sont souvent posés comme a priori et demeurent peu documentés.

Ce travail vise à examiner les interactions entre l'élevage caprin et l'arganeraie. Il aborde essentiellement la dynamique spatio-temporelle des caprins dans l'espace forestier et analyse dans cette perspective les éventuels impacts négatifs et/ou positifs de cet élevage sur l'arganeraie.

MATERIEL ET METHODES

Pour répondre aux questionnements de ce travail, une étude de terrain a été réalisée dans la région de Haha (province d'Essaouira) durant l'année 2012. Cette région représente la moitié sud de la province d'Essaouira et comporte 4 Caïdats et 28 communes (26 rurales et 2 urbaines). Nos enquêtes ont concerné 6 communes rurales réparties sur les 4 caïdats.

Des outils méthodologiques variés et complémentaires ont été utilisés pour recueillir l'information la plus complète possible :

- Des enquêtes individuelles par questionnaire ; une cinquantaine ont été réalisées et ont concerné des éleveurs et des ayants droits ;
- Des entretiens collectifs, il s'agit d'entretiens réalisés avec des groupes d'éleveurs de quelques communes réunis ensemble. L'idée était de créer une sorte de débat et d'échange entre les membres du groupe plus riche qu'une simple réponse aux questions. Trois entretiens collectifs ont été organisés.
- Des suivis de troupeau sur le parcours : il s'agit là de l'observation de la conduite d'élevage et des comportements des caprins in situ à travers le suivi des troupeaux sur les parcours. Cinq sorties « suivi de

pâturage » ont été réalisées.

- Des entretiens semi-directifs : Ils ont été réalisés auprès des responsables administratifs (DPA, Eaux et Forêts, CTA, autorités locales...) et des représentants d'organisations professionnelles. Des trames d'entretien adaptées à chaque interlocuteur ont été conçues pour cibler l'objet de l'entretien.

Le travail de terrain a été également complété par une analyse de la bibliographie récente en relation avec le sujet.

RESULTATS ET DISCUSSION

Généralités sur la zone d'étude

La zone des Haha s'intègre dans un paysage où s'alternent les hauts plateaux et collines prolongeant le Haut Atlas occidental avec des cuvettes et vallées plus ou moins encaissées. Sa superficie totale est de 314 662 ha, dont 207 068 ha de forêt (Arganier et thuya), soit 67% de la superficie totale de Haha ; ce qui montre l'importance de l'espace forestier dans cette zone. Le territoire des Haha abrite une population d'environ 173 581 habitants (Recensement général 2004) et 24728 exploitants agricoles. 88% des agriculteurs de Haha pratiquent l'élevage (notamment caprin) (El Hadi, 2012). En effet, la province d'Essaouira compte un effectif de 369 mille caprins dont 76% sont dans la zone de Haha (MAPM 2005). Avec une production carnée de 550 tonnes, l'élevage caprin offre 61% des viandes rouges consommées dans la zone de Haha.

Ces éléments montrent le rôle socio-économique important que joue l'élevage caprin dans cette zone, d'une part par l'emploi et l'apport de revenus à la population locale et d'autre part, par l'approvisionnement de cette population en protéines animales.

Ressources pastorales de l'arganeraie

Dans la zone des Haha, l'alimentation des caprins est largement dépendante des parcours forestiers de l'arganeraie. Cette dernière offre plusieurs ressources fourragères réparties en trois étages :

- L'étage herbacé : Au niveau de l'arganeraie, la strate herbagère est constituée notamment de graminées, de légumineuses et de liliacées (en particulier l'asphodèle). Cet étage contient également des plantes aromatiques et les chaumes des parcelles mises en culture. Il offre entre 44 et 55% de la masse fourragère de l'espace forestier selon la saison agricole et la situation.
- L'étage arbustif : les principales espèces de l'étage arbustif sont le lentisque et le doum. Cette strate offre

entre 17 et 30% de la masse fourragère globale selon les situations.

- L'étage arboré : en plus de l'arganier, la zone des Haha est caractérisée par la présence de thuya également apprécié par les caprins. Dans l'ensemble, la contribution de cet étage, à travers le feuillage notamment, à la masse fourragère globale varie de 20 à 35% selon les années et selon la production des autres strates (Naggar et al., 2006).

Les caprins cherchent leur alimentation dans toutes les strates. Ils préfèrent la strate herbacée, mais quand celle-ci n'est pas disponible, ils s'adaptent en consommant des plantes ligneuses.

En plus du parcours, les caprins reçoivent une légère supplémentation (en période de soudure notamment). Cette supplémentation est basée sur l'orge, la paille et la pulpe sèche d'argan «Alig».

Comportement des caprins sur le parcours

- Pâturage au sol : En général, les caprins privilégient la strate herbacée (herbe, plantes aromatiques, chaumes...). Au printemps, lorsque cette strate herbacée est abondante, une partie prépondérante du pâturage se fait au sol. Le pâturage au sol est pratiqué dès les premières repousses de végétation suite aux premières précipitations de l'automne et se poursuit jusqu'aux mois les plus secs de l'année (juillet – Août).

- Pâturage en bipédie : Pour brouter les feuillages de l'arganier et d'autres espèces arborées, les caprins adoptent la position bipède. Avec cette position, les caprins consomment les feuilles des branches les plus basses et peuvent atteindre des hauteurs de 1.5 à 2 mètres.

- Pâturage aérien : Enfin, les caprins pratiquent également le pâturage aérien qui consiste à grimper sur l'arbre pour brouter les feuilles. Le pâturage aérien devient plus fréquent lorsque la strate herbacée est très pauvre. Ce comportement est observé particulièrement en automne, avant les premières pluies. Il faut signaler que ce mode de pâturage n'est pas à la portée de tous les caprins ; seuls 20 à 30 % de chaque troupeau arrivent à le pratiquer. L'âge, le poids, les accidents et l'apprentissage sont les facteurs qui limitent ce mode de pâturage.

L'alimentation des caprins dans l'arganeraie est basée sur des ressources très diversifiées. Les arbres (arganier et thuya) ne sont sollicités que lorsque l'étage herbacé est pauvre. Néanmoins, nos observations ont montré que, même dans cette situation, les caprins ne peuvent se contenter des feuilles des arbres comme unique

ressource alimentaire ; arrivés à un certain seuil, les caprins repassent à la strate herbacée, malgré sa pauvreté en herbe, comme s'ils cherchaient à tout prix à équilibrer leur ration. **La diversité des ressources offertes dans la zone de Haha et la sélectivité des caprins limitent au final la pression** exercée par ces derniers sur l'arganier.

Gestion coutumière des parcours et dégradation de la ressource

La forêt de l'arganeraie est séparée de manière coutumière en deux types de parcours qui ne sont pas exploités de la même manière :

- Les « *Agdal* » (espace domanial privatisé)

Sur ces parcelles, les bénéficiaires (appelés « les ayants droit ») jouissent en effet de manière individuelle de la récolte des noix d'argan et de la mise en culture, mais le pâturage y reste collectif. A partir de mi-mai, ces parcelles sont fermées au pâturage pour permettre le ramassage des fruits. Cette mise en défens, appelée *Agdal*, débute quand le fruit d'argan mûrit et s'étale sur une période de trois mois et demi (mi-mai à fin août). Les caprins regagnent ces parcelles quand la collecte des noix est achevée.

- Les « *Mouchaa* » (espace domanial collectif)

Ce sont des espaces domaniaux collectifs où aucune restriction de parcours n'est appliquée ; ils constituent, avec les chaumes, des zones de repli pour les caprins pendant la période de mise en défens. En général, les *Mouchaa* se retrouvent sur les versants accidentés, difficiles d'accès et plus éloignés des douars que les *Agdal*, ce qui y rend le pâturage particulièrement contraignant. Ainsi, et malgré le fait que ces zones sont accessibles toute l'année, elles ne sont vraiment exploitées en tant que parcours que pendant la période de mise en défens. Pour le reste de l'année, le pâturage s'effectue essentiellement sur les *Agdal*. Il faut également noter que dans la zone de Haha, les *Mouchaa* correspondent surtout à des zones où l'on retrouve un mélange arganier-thuya (Soreil 2011), et que même les autres droits (collecte de noix, ramassage de bois mort) sont collectifs sur ces espaces.

Dans toute la région des Haha, l'arganeraie apparaît plutôt en bon état en comparaison avec les autres arganeraies marocaines (Faouzi, 2011), pourtant en présence d'un effectif de caprins conséquent dans cette zone. Ceci nous amène à s'interroger sur un éventuel rôle positif des caprins dans la conservation de cet écosystème.

Néanmoins, nos observations et la bibliographie

(Faouzi, 2011 ; Soreil, 2011) concordent sur le fait que les *Mouchaa* sont des espaces moins bien conservés que les Agdal. D'après la population locale, les coupes importantes et le gaulage, qui consiste à faire tomber les fruits avant leur chute naturelle, pratiqués dans ces zones sont les principales causes de la différence observée entre les Mouchaa et les Agdal. L'absence de règles, l'accessibilité des Mouchaa à tous et la concurrence sur le ramassage des fruits, favorisent ces pratiques nuisibles à l'arganeraie.

L'Agdal ou la mise en défens, pratique coutumière adoptée par la population locale, montre **que les communautés rurales de la zone sont conscientes du besoin de réguler la pression des animaux sur la forêt. Cette pratique permet, outre la récolte des fruits, une sorte de repos biologique pour une grande partie de la forêt dans un moment doublement critique du cycle de l'arganier** (maturation des fruits et floraison). Ceci favorise le maintien de la biodiversité et de la couverture végétale. En revanche, la forme de gestion actuelle des Mouchaa doit être repensée afin de limiter la dégradation de ces espaces.

Analyse de l'impact de l'élevage caprin sur l'arganeraie

- La chèvre détruit-elle les jeunes pousses ?

Les jeunes pousses d'arganier possèdent des feuilles et des tiges fragiles et sans protection (sans épines), ils peuvent être facilement consommés par les caprins. Le pâturage pourrait donc empêcher le développement des jeunes pousses d'arganiers (Hammi et al., 2007). Néanmoins, la régénération spontanée de l'arganier étant très difficile, des opérations de replantation et de densification sont de plus en plus menées par les eaux et forêts et l'ANDZOA. Les parcelles replantées sont mises en défens pendant plusieurs années (environ 10 ans). Normalement les jeunes pousses replantées ne sont donc pas accessibles aux caprins. Dans certaines zones (Smimou, Tamanar) un système de compensation sur l'interdiction du pâturage est mis en place par les eaux et forêts.

Par ailleurs, lors d'une régénération spontanée, l'arganier se développe dans un premier temps de manière horizontale, constituant une sorte de « rocher vert » très épineux repoussant toute agression. Arriver à un certain stade, un rameau émerge au milieu de ce rocher et se développe verticalement, relevant ainsi progressivement l'arganier.

- Le pâturage aérien affecte-t-il la production de fruits ?

Les caprins par le pâturage aérien pourraient consommer les fleurs et donc affecter la production

de l'année suivante. Il convient de rappeler ici que la maturité des fruits présente un caractère bisannuel ; les fleurs apparaissent d'avril à juillet. Les jeunes fruits issus de cette floraison restent incomplètement développés jusqu'aux premières pluies de l'automne. Leur grossissement se fait par la suite entre novembre et mai et arrivent à maturation entre juin et juillet.

On note donc que la phase de floraison commence au printemps lorsque la strate herbacée est riche en végétation et se poursuit pendant l'Agdal. Quand l'Agdal est bien respecté, ce risque devient quasiment nul.

- Mécanismes d'autodéfense de l'arganier ?

L'arganier est un arbre qui emploie différents mécanismes pour se défendre et limiter les agressions. Il a été constaté la présence systématique d'épines autour des bourgeons et des fruits, qui repoussent d'éventuels prédateurs et donc contribuent à protéger la production. Lors du pâturage aérien, les caprins prélèvent ainsi essentiellement des feuilles.

En situation de stress, l'arganier change la coloration de ses feuilles d'un vert vif à un vert pâle ; ces feuilles deviennent donc moins attractives et plus amères selon les éleveurs, ce qui repousse les caprins. Si le stress se poursuit, l'arganier fait complètement tomber ses feuilles pour réduire les dépenses. Dès les premières pluies, l'arganier reprend sa coloration verdâtre.

- Y-t-il des effets positifs de l'élevage caprin sur l'arganeraie ?

Plusieurs effets positifs de l'élevage caprin sur l'arganier, largement partagés par les différents acteurs interviewés (éleveurs, ayants droits, agents locaux), ont été notés.

- Les caprins limitent le développement des arbustes nuisibles aux arganiers. On peut citer à titre d'exemple un arbuste appelé localement « Jbarto » qui asphyxie certains arganiers selon nos observations. Les éleveurs et des agents des eaux et forêts à Smimou, ont déclaré que sans les caprins, cet arbuste peut provoquer beaucoup de dégâts dans l'arganeraie.

- Un autre rôle important des caprins dans l'arganeraie consiste dans le débroussaillage de la forêt facilitant la collecte des fruits et surtout contribue à limiter les risques d'incendies.

- Les caprins effectuent une sorte de dépressage à la base des arbres, ce qui améliore leur développement en hauteur et leur production. En effet, étant donné que le dépressage est interdit par les services des eaux et

forêts sur les parcelles domaniales, les caprins restent l'unique moyen pour réaliser le dépressage de manière indirecte en s'alimentant des rejets qui poussent à la base des arbres.

- Dans le même sens, les éleveurs affirment que les caprins en effectuant des prélèvements sur les arbres, contribuent à une taille de fructification. En effet, le pâturage dans l'arganier favorise la production des noix d'argan car l'ablation de l'apex stimule la ramification et le bourgeonnement de l'arganier (Nouaim et al., 1991). Dans ce cas, il y aurait une synergie entre la production de l'huile et la production caprine (Delente, 2011).

- Par ailleurs, les caprins favoriseraient la régénération spontanée des arbres, car, selon nos enquêtes, les noix ayant transité par le rumen des caprins avant d'être régurgitées, disposent d'un meilleur potentiel de germination par rapport aux noix qui n'ont pas été ingurgitées. Ce constat largement partagé par les éleveurs, mérite d'être vérifié par la communauté scientifique.

- Enfin, on note le rôle fertilisant des déjections (fèces) des caprins. Il s'agit d'un rôle indéniable pour le maintien de la structure et de la fertilité des sols dans l'arganeraie (Naggar et al., 2006), ce qui révèle une sorte de symbiose entre la chèvre et la forêt d'arganier.

CONCLUSION

A l'issue de ce travail, on peut noter qu'une relation de symbiose semble exister entre l'élevage des caprins et l'espace forestier. L'arganeraie offre une alimentation variée à un animal qui contribue à son entretien et à sa préservation. Avec une charge de 1.4 UPB/ha, les effectifs actuels de caprins dans la zone des Haha semblent supportables par la forêt. L'impact négatif que peut avoir l'élevage caprin sur l'arganeraie concerne certains stades (jeune pousse) et périodes de l'année (floraison/fructification) bien précis. Cet impact, devient négligeable, voire absent si les règles de gestion coutumières (Agdal, ...) et les interventions des services des eaux et forêts (mise en défens des parcelles replantées) sont effectives. Les propres mécanismes d'autoprotection de l'arganier sont également à prendre en compte. Aucun effet direct du pâturage sur la mort des arbres n'a pu être

observé (Le Polain et Lambin, 2011). La dégradation de l'arganier serait donc à imputer plus à des facteurs humains, historiques et naturels (aridification du climat) qu'à l'action de la chèvre.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Delente A, 2011. Impact des usages et des conditions du milieu sur l'état de vitalité de l'arganier au sein de l'Agdal, Communes d'Im'Grad et de Smimou Province d'Essaouira, Maroc, mémoire d'ingénieur, Université catholique de Louvain, 2011.
- Faouzi H, 2011. L'Agdal dans la dynamique des systèmes agraires des arganeraies des Haha (Haut-Atlas Occidental, Maroc), Tourisme, culture(s) et attractivité des territoires, Problématiques environnementales africaines, Décembre 2011.
- El Hadi A, 2012. Le chevreau de l'Arganeraie : Valorisation du Système de Production et Interaction avec l'Espace Forestier. Mémoire d'ingénieur, IAV Hassan II, Juillet 2012
- Hammi, S., V. Simonneaux, M. Alifriqui, L. Auclair & N. Montes, 2007. «Evolution of forest and land coverage from 1964 to 2002 in the high valley of Ait Bouguemez (Central High Atlas, Morocco). Impact of management modes », Sécheresse, 18(4) : 271-7.
- Le Polain de Waroux Y, Lambin E. F., 2011. La dégradation de l'arganeraie et ses causes dans la province de Taroudant. Actes du Premier Congrès International de l'Arganier, Agadir 15 - 17 Décembre 2011.
- Ministère de l'Agriculture et de la pêche maritime, Direction des productions animales, 2005. Cahiers de l'Agriculture vol.14 n°5, septembre-octobre 2005.
- Naggar M., Omar Mhirit O., 2006. Sécheresse, vol. 17, n° 1-2, janvier-juin 2006
- Soreil A, 2011. Comparaison de l'impact des usages et des conditions du milieu sur la dégradation des arganiers, dans deux zones contrastées en gestion de type Agdal, de la province d'Essaouira, Maroc. Mémoire d'ingénieur, Université catholique de Louvain, 2011.

Caractérisation des peuplements d'*Argania spinosa* (L.) Skeels du massif des Béni-Snassèn au Maroc oriental

Ziri R. et Gmira N.

Laboratoire de Biodiversité et des ressources naturelles, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kenitra.

RESUME

Ce travail porte sur la caractérisation, la hiérarchisation phytosociologique et l'analyse floristique des peuplements d'*Argania spinosa* dans les Béni-Mahiou (Béni Snassèn occidentaux). Il est organisé autour de deux volets. Le premier est consacré à la hiérarchisation des écosystèmes à base d'arganier. Il a été conduit selon l'approche méthodologique phytosociologique. Cette partie de l'étude a abouti au classement de ces structures au sein de la sous- association *arganietosum* de l'association *Periploco laevigatae* – *Tetraclinetum articulatae*. Contrairement aux autres formations d'*Argania spinosa*, qui s'intègrent dans l'ordre des Acacio-Arganietalia, cette association a été rangée, grâce à l'importante présence de ses caractéristiques, dans l'ordre des Pistacio-Rhamnetalia de la classe des Quercetea ilicis. Le deuxième volet a été réservé à l'analyse de la diversité floristique de ces peuplements. 60 espèces ont été recensées à l'intérieur de l'arganeraie. Elles se répartissent sur 32 familles et 52 genres. Les familles les plus répandues sont les: Lamiaceae, Poaceae, Fabaceae, et Asteraceae. Ces quatre familles englobent à elles seules plus de 36 % de la flore totale de ses structures.

Mots clés : *Argania spinosa*, Béni-Snassèn, Phytosociologie, Biodiversité.

ABSTRACT

This study concerns the characterization, phytosociological hierarchy and the floristic analysis of *Argania spinosa* woodlands in the Beni-Mahiou (Western Beni-Snassen). It is composed of two parts. The first concerns the hierarchy of ecosystem based on argan tree. It was conducted according to the phytosociological methodological approach. The result is the classification of these structures in the *arganietosum*, a sub- association of *Periploco laevigatae* - *Tetraclinetum articulatae* association. Dissimilar to other formations of *Argania spinosa* which fit into the range of Acacio - Arganietalia, this association has been classified within Pistacio - Rhamnetalia of the class Quercetea ilicis, thanks to the significant presence of its characteristics. The second part was devoted to the analysis of the floristic variety of these woodlands. 60 species have been recorded within the argan tree . They are spread over 32 categories and 52 types. The most common categories are : Lamiaceae, Poaceae, Fabaceae, and Asteraceae. They comprise, on their one, over 36% of the total flora.

Keywords : *Argania spinosa*, Beni Snassen, Phytosociology, Biodiversity.

INTRODUCTION

D'origine tropicale, l'arganier se trouve actuellement essentiellement développé en région méditerranéenne (Benabid, 2011). En effet, en dehors de ses petites stations aux Béni-Snassèn occidentaux et dans la vallée de l'oued Grou, l'arganier se développe dans les zones arides et semi-arides du Sud-Ouest Marocain (Radi, 2003). Il couvre une superficie d'environ 800.000 hectares (Msanda et al., 2005). L'arganier a souffert fortement de l'action de l'homme et l'exploitation

abusive si ancienne de l'arganeraie laisse penser que les stations isolées des Béni-Snassèn et de la haute vallée de l'oued Grou, ne sont que des témoins d'une possible extension de l'espèce (Peltier, 1982).

L'arganier, essentiellement développé au sud-ouest du Maroc, est un arbre xérophile et thermophile, il ne peut vivre que dans des conditions très strictes de températures et d'humidité (Benziane, 1989). A l'intérieur de l'aire de l'arganier les précipitations moyennes annuelles peuvent varier de 116 à 519 mm,

toutefois son optimum pluviométrique paraît se situer entre 200 et 250 mm en moyenne (Dalai, 1993). La température maximale que peut supporter cet arbre est de 50,2 °C (El Yousfi, 1988). L'arganier peut également résister à des températures basses aux environs de 0°C pourvu qu'elles soient de courte durée (Dalai, 1993).

Sur le plan édaphique, l'arganier peut s'accommoder de tous les types de substrats excepté les sables mobiles.

Il occupe une tranche altitudinale allant du niveau de la mer jusqu'à 1600 m.

Partout au Maroc, les peuplements d'arganier se développent en ambiance bioclimatiques semi-aride et aride où il joue un rôle important dans la lutte contre la désertification (Nouaim et al., 1991).

Ces peuplements s'étendent dans l'étage de végétation infra-méditerranéen. Sur le plan phytosociologique, la plupart des groupements climaciques qui s'y développent sont intégrés dans l'ordre des *Acacio-Arganietalia* (Achhal, 1986).

MATERIELS ET METHODES

Milieu physique

La chaîne des Béni-Snassèn est un ensemble montagneux du Maroc oriental, d'orientation WSW-ENE. Elle débute à l'Ouest par des plateaux bordant la Moulouya et se poursuit vers l'Est à travers des montagnes plus élevées jusqu'en Oranie (Laouina, 1990). Elle est subdivisée en deux parties par un accident de faille au niveau de Taforalt. Il s'agit des Béni-Snassèn occidentaux, qui se caractérisent par une nette homogénéité dans leur stratigraphie et où les séries jurassiques sont largement dominantes (Sarsri, 1994), et des Béni-Snassèn orientaux.

Les principaux facteurs climatiques identifiés pour cette chaîne sont (Khattabi, 1995):

- Précipitations moyennes : de 251 à 553 mm / an
- Nombre de jours de pluies : de 45 à 50 jours
- Régime saisonnier des pluies : HP AE
- Températures moyennes minimales du mois le plus froid : de -0,2 à 4,6 °C.
- Températures moyennes maximales du mois le plus chaud : de 26,7 à 30,8 °C.
- Bioclimats : A, SA, SH

Méthodologie

Parmi les méthodes d'étude de la végétation, la méthode

phytosociologique est la plus utilisée au Maroc pour la hiérarchisation et la caractérisation floristique et écologique des écosystèmes forestiers, pré-forestiers, pré-steppiques et steppiques. Elle consiste en la réalisation de relevés de la végétation et du milieu. Dans chaque relevé, chaque espèce est affectée de deux indices, l'un traduit son abondance – dominance, l'autre la sociabilité selon une échelle établie par Braun-Blanquet. Ces relevés sont regroupés selon leurs affinités floristiques et suivant les variables du milieu pour aboutir à l'élaboration du tableau final de l'association.

La diversité floristique au sein de l'arganeraie des Béni-Mahiou, a été examinée dans un premier temps sur le plan numérique et ce pour les diverses unités systématiques à savoir les familles, les genres et les espèces. L'étude floristique a concernée aussi l'établissement du spectre biologique de cette formation.

RESULTATS

Organisation phytosociologique

D'une manière générale, les peuplements d'*Argania spinosa* sont très ouverts et se présentent sous l'aspect de forêts claires et ce en raison de l'exploitation abusive à laquelle ils sont continuellement soumis. L'arganeraie, où les arbres ne dépassent que rarement les 8 m de hauteur est aujourd'hui considérée comme dense lorsque leur nombre dépasse les 40 /ha, et dans tous les cas, ressemble plus à un verger qu'à une forêt proprement dite (Bencherkroun et Buttoud, 1989). La situation des peuplements de l'arganier dans les Béni-Snassèn est encore plus critique. En effet, les arbres, quand ils existent, sont très dispersés et le recouvrement global de la végétation est très faible. Du point de vue phytosociologique, ces structures se rattachent à la sous association *arganietosum* de l'association *Periploco laevigatae-Tetraclinetum articulatae* décrite pour la première fois par Benabid (1982). Cette sous-association se caractérise par la présence d'*Argania spinosa* et de *Caralluma europaea*. Elle forme des peuplements très ouverts où l'arganier est subordonné au thuya. Toutefois, et par endroits l'arganier arrive à dominer le paysage (relevés 1 et 4, tableau 1).

Le *Periploco laevigatae-Tetraclinetum articulatae* se rattache à l'ordre des *Pistacio-Rhamnetalia* alors que pour les peuplements d'*Argania spinosa* du domaine macaronésien un ordre spécial a été mis en évidence par Barbero et al., (1982), il s'agit du l'ordre des *Acacio-Arganietalea*.

Les caractéristiques de l'ordre des *Pistacio-Rhamnetalia* et de la classe des *Quercetea ilicis* sont très présentes. Il

s'agit de : *Eryngium maritimum*, *Chamaerops humilis*, *Ampelodesma mauritanica*, *Rubia peregrina*, *Olea europaea*, *Ephedra fragilis*.

La forte pression anthropozoogène à laquelle ces peuplements sont soumis, en plus des conditions de développement de l'arbre, ont favorisé l'installation au sein de cette formation, d'un grand nombre d'espèces se rattachant à la classe des *Ononido-Rosmarinetea* à savoir *Genista tricuspidata*, *Fagonia cretica*, *Lavandula multifida*, *Fumana thymifolia*, *Thymus mumbayanus*, *Stipa tenacissima*, *Ulex africanus*.

Dans les Béni-Mahiou, la sous-association *arganietosum* se rencontre sur les collines de Tikermine, entre la plaine de Bou Ghriba et la plaine d'El Hofra. Elle se développe dans les variantes chaude et tempérée des bioclimats semi-aride et aride supérieur. Ses espèces caractéristiques soulignent bien ses aspects xérophile et thermophile. L'accroissement d'humidité met l'arganier en concurrence avec l'olivier, le pistachier et le thuya.

Au sein de cet arganeraie, les précipitations moyennes annuelles sont d'environ 350 mm. La température moyenne minimale du mois le plus froid (m) est comprise entre 3 et 5°C. La durée de la période sèche s'allonge de 5 à 7 mois. De point de vue édaphique, cette sous-association occupe des substrats calcaires. Le sol est très squelettique.

Diversité floristique

L'inventaire floristique des peuplements d'*Argania spinosa*, a permis de recensement de 60 espèces réparties sur 52 genres et 32 familles. Quatre familles dont les *Lamiaceae*, *Poaceae*, *Fabaceae* et *Asteraceae*, englobent à elles seules environ 36 % de l'effectif total des espèces inventoriées avec des effectifs respectifs de 8, 6, 4 et 4 (Tableau 2).

L'importance spécifique de ces familles tient son origine tout d'abord de la place qu'elles occupent dans l'ensemble de la flore totale marocaine, puisque leurs effectifs au sein de celle-ci sont respectivement 226, 351, 471 et 601, ensuite de leur aire de répartition biogéographique méditerranéenne et enfin de leur capacité à occuper des milieux très diversifiés (Taleb et Maillet, 1994).

Pour l'arganeraie des Béni-Snassèn, le spectre biologique est à prédominance chaméphytique (25 %). Viennent ensuite les *nanaphanérophytes* (20 %), puis les *hémicriptophytes* (18 %), les *géophytes* (15 %), les *thérophytes* (13,3 %) et enfin les *phanérophytes* (8,3 %).

Tableau 1 : *Periploca laevigatae*-*Tetraclinium articulatae*

N° des relevés	1	5	2	3	4	
Altitude (x10)	28	13	29	20	25	
Exposition	SE	N	NW	NE	E	
Pente	20	30	40	30	25	
Recouvrement	30	45	40	50	40	
Substrat	C	C	C	C	C	
Les caractéristiques de l'association						P
<i>Tetraclinis articulata</i>	1.1	1.2	1.2	2.2	1.1	5
<i>Periploca laevigata</i>	2.1	+	+	1.3	+	5
<i>Argania spinosa</i>	2.3	2.2	1.3	2.2	2.3	5
<i>Caralluma europaea</i>	+	1.1	+	1.2	1.2	5
<i>Convolvulus siculus</i>	.	+	.	.	1.2	2
<i>Lavandula dentata</i>	.	1.1	.	2.1	.	2
<i>Pistacia lentiscus</i>	.	.	+	.	.	1
Les caractéristiques de l'<i>Asparago-Rhamnion oleoidis</i>						
<i>Withania frutescens</i>	2.3	1.2	1.2	3.2	3.2	5
<i>Asparagus albus</i>	1.1	.	.	+	+	3
<i>Calicotome intermedia</i>	.	+	2.3	+	.	3
<i>Rhamnus lycioides ssp oleoidis</i>	+	.	.	+	1.2	3
<i>Rhus pentaphylla</i>	.	+	+	+	.	3
<i>Asparagus altissimus</i>	+	.	+	.	+	3
<i>Ziziphus lotus</i>	1.1	+	.	.	1.1	3
Les caractéristiques du <i>Pistacio-Rhamnetalia</i>						
<i>Eryngium maritimum</i>	1.1	.	+	1.2	+	4
<i>Ballota hirsuta</i>	+	+	+	2.1	.	4
<i>Chamaerops humilis</i>	+	.	.	+	.	2
<i>Ephedra fragilis</i>	+	.	+	.	.	2
<i>Rubia peregriana</i>	+	.	+	.	.	2
<i>Prasium majus</i>	.	.	+	.	.	1
<i>Ampelodesma mauretanica</i>	+	.	.	.	.	1
Les caractéristiques des <i>Quercetea ilicis</i>						

<i>Olea europaea</i>	1.1	2.3	1.1	3.2	2.2	5
<i>Arisarum vulgare</i>	+	.	+	.	.	2
Les caractéristiques des <i>Ononido-Rosmarinetea</i>						
<i>Genista tricuspidata</i>	1.2	3.3	+	2.3	2.2	5
<i>Fagonia cretica</i>	2.3	.	1.3	1.1	1.2	4
<i>Lavandula multifida</i>	2.3	+	.	1.2	2.2	4
<i>Phagnalon saxatile</i>	+	1.2	.	1.1	.	3
<i>Fumana thymifolia</i>	+	.	+	.	.	2
<i>Thymus munbyanus</i>	.	.	1.2	.	1.1	2
<i>Stipa tenacissima</i>	3.2	.	.	.	.	1
<i>Artemisia inculta</i>	1.1	.	.	.	.	1
<i>Ulex parviflorus ssp africanus</i>	2.1	.	.	.	.	1
Espèces compagnes						
<i>Plantago amplexicaulis</i>	+	2.2	1.2	.	2.2	4
<i>Bituminaria bituminosa</i>	+	+	+	.	+	4
<i>Echium suffruticosum</i>	1.2	.	+	.	+	3
<i>Stipa capensis</i>	2.2	.	.	+	1.1	3
<i>Dactylis glomerata</i>	+	.	.	2.1	1.2	3
<i>Scabiosa atropurpurea</i>	+	.	+	+	.	3
<i>Carlina brachylepis</i>	+	.	.	+	+	3
<i>Lavatera maritima</i>	+	.	+	1.1	.	3
<i>Urginea maritima</i>	+	.	.	+	+	3
<i>Ziziphora hispanica</i>	+	.	+	.	+	3
<i>Delphinium peregrinum</i>	+	.	+	.	.	2
<i>Ajuga iva</i>	+	.	+	.	.	2
<i>Peganum harmala</i>	.	+	.	+	.	2
<i>Limonium lobatum</i>	+	.	.	+	.	2
<i>Carlina racemosa</i>	1.1	.	.	.	+	2
<i>Campanula dichotoma</i>	+	.	+	.	.	2
<i>Paronychia argentea</i>	1.1	.	1.3	.	.	2
<i>Anagalis arvensis</i>	+	.	.	+	.	2

Tableau 2: Effectifs spécifique et générique des familles rencontrées

Famille	Effectif spécifique	Effectif générique
<i>Lamiaceae</i>	8	6
<i>Poaceae</i>	6	2
<i>Fabaceae</i>	4	4
<i>Asteraceae</i>	4	3
<i>Apiaceae</i>	3	2
<i>Asparagaceae</i>	3	1
<i>Anacardiaceae</i>	2	2
<i>Asclepiadaceae</i>	2	2
<i>Cistaceae</i>	2	2
<i>Convolvulaceae</i>	2	1
<i>Rhamnaceae</i>	2	2
<i>Zygophyllaceae</i>	2	2
<i>Araceae</i>	1	1
<i>Arecaceae</i>	1	1
<i>Asphodelaceae</i>	1	1
<i>Boraginaceae</i>	1	1
<i>Campanulaceae</i>	1	1
<i>Caryophyllaceae</i>	1	1
<i>Chenopodiaceae</i>	1	1
<i>Cupressaceae</i>	1	1
<i>Dipsacaceae</i>	1	1
<i>Ephedraceae</i>	1	1
<i>Hyacinthaceae</i>	1	1
<i>Malvaceae</i>	1	1
<i>Oleaceae</i>	1	1
<i>Plantaginaceae</i>	1	1
<i>Plumbaginaceae</i>	1	1
<i>Primulaceae</i>	1	1
<i>Ranunculaceae</i>	1	1
<i>Rubiaceae</i>	1	1
<i>Sapotaceae</i>	1	1
<i>Solanaceae</i>	1	1

CONCLUSION

Le but de cette étude a été d'abord de préciser les conditions écologiques dans lesquelles se développent les peuplements d'*Argania spinosa* des Béni-Snassèn occidentaux, et de les ranger en unités syntaxonomiques. Dans un deuxième temps ce travail a visé l'analyse floristique de cette formation.

L'analyse proche des ces structures a permis, malgré leur grande pénétration par des espèces qui se rattachent à la classe des *Ononido-Rosmarinetea*, de les intégrer dans la sous-association *arganietosum* de l'association *Periploco laevigatae-Tetraclinietum articulatae*. Cette association se rattache par la présence des espèces telles que *Asparagus albus*, *Asparagus altissimus*, *Withania frutescens*, *Rhamnus lycioides*, *Rhus pentaphylla*, *Ziziphus lotus* et *Calicotome infesta* à l'alliance *Asparago-Rhamnion* de l'ordre des *Pistacio-Rhamnetalia*.

L'étude floristique a permis de recenser à l'intérieur de ces peuplements 60 espèces qui se répartissent sur 52 genres et 32 familles avec une importante représentativité spécifique mais aussi générique des familles : *Lamiaceae*, *Poaceae*, *Fabaceae* et *Asteraceae*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Achhal A, 1986. Etude phytosociologique et dendrométrique des écosystèmes forestiers du Bassin versant du N'fis (Haut – Atlas central). Thèse Doct. Es-Sciences, Univ. Aix Marseille: p204.
- Barbero M, Benabid A, Quezel P, Rivas Martinez S, Santos A, 1982. Contribution à l'étude des Acacio-Arganietalia du Maroc sud-occidental. Documents phytosociologiques, 6 : 312-338.
- Benabid A, Melhaoui Y, 2011. Ecosystèmes naturels à Arganier (*Argania spinosa*), Patrimoine national et universel: Bio-écologie, phytosociologie, phytodynamique et Ethnobotanique. Restauration et certification. Premier Congrès International sur l'Arganier, Agadir.
- Bencherkroun F, Buttoud G, 1989. L'arganeraie dans l'économie rurale du sud-ouest marocain. Forêt Méd, 11: 127 – 136.
- Benzyane M, 1989. Estimation de la biomasse et étude de la croissance de l'arganier (*Argania spinosa*) dans le plateau de Haha (Essaouira). Mém. 3ème cycle I.A.V. Hassan II, Rabat: p115.
- Dalai M, 1993. Contribution à l'étude écologie, à la cartographie des types de peuplements et à l'évaluation socioéconomique des systèmes d'exploitation de l'arganier. Cas d'Ida ou Trhouma (Région d'Essaouira, SW du Maroc). Mém. 3ème cycle ENFI, Salé, p135.
- El Yousfi S M, 1988. La dégradation forestière dans le sud marocain. Exemple de l'arganeraie d'Admine (Sous) entre 1960 et 1986. Mém. 3ème cycle I.A.V. Hassan II, Rabat: p117.
- Khattabi A, 1995. Etude phytoécologique et phytosociologique des matorrals du massif des Béni-Snassèn, de la chaîne des Horst et des monts de Debdou (Maroc Oriental). Thèse Doct 3ème cycle. Univ. Med 1er Oujda, p214.
- Laouina A, 1990. Le Maroc nord oriental : reliefs, modelés et dynamique calcaire. Pub. Rect. Univ. Med 1er Oujda.
- Msanda F, El Aboudi A, Peltier JP, 2005. Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie Marocaine. Cahiers Agricultures vol. 14, n° 4, 353 - 364.
- Nouaim R, Chaussod R, El Aboudi A, Schnabel C, Peltier JP, 1991. Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides. Groupe de l'étude de l'arbre. Paris, 373 – 388.
- Peltier JP, 1982. La végétation du Bassin versant de l'oued Sous (Maroc). Thèse Doct. Es-Sciences, Univ. Sci. Méd. Grenoble, p201.
- Radi N, 2003. L'arganier : arbre du sud ouest Marocain, en péril, à protéger. Thèse Doct. Etat, Univ. Nantes, p59.
- Sarsri A, 1994. Contribution à l'étude de l'écologie et du cycle biogéographique du Pin d'Alèp (*Pinus halepensis* Mill.) dans l'oriental du Maroc. Univ. Med 1er Oujda, p130.
- Taleb A, Maillet J, 1994. Mauvaises herbes des céréales de la Chaouia (Maroc). Aspect floristique. Weed Research, 34 : 345-352.

Effets de l'arganier sur la qualité des sols, activités biologiques, matière organique et phosphore

Nouaïm R.¹, Fardeau J.C.² et Chaussod R.¹

¹Services & Etudes en Microbiologie du Sol et de l'Environnement (SEMSE)

²Chemin du Lavoir, 21310 Viéville France - E-mail : contact@semse.fr

Expert, ancien chercheur en Radio-Agronomie au CEA de Cadarache France

RESUME

La connaissance des principales interactions biologiques entre l'arganier et son environnement peut apporter des informations utiles pour la réussite des plantations. Nous avons mis en évidence, expérimentalement, que l'arganier est très dépendant de son système racinaire mycorhizé pour sa croissance et sa nutrition minérale (phosphore et oligo-éléments). Réciproquement, nos mesures physico-chimiques et biologiques sur des échantillons de sols provenant de divers endroits de l'arganeraie montrent que l'arganier améliore réellement la qualité des sols. Les teneurs en matière organique et en éléments nutritifs, de même que les activités biologiques, sont toujours plus élevées sous l'arbre qu'à découvert. En effet, après leur absorption par le système racinaire mycorhizé dans les couches profondes du sol où ils se trouvent en faible concentration, les nutriments sont transportés vers les feuilles. Lorsque ces dernières retombent au sol, elles l'enrichissent en matière organique par un «effet litière». La minéralisation biologique libère les éléments nutritifs, améliorant ainsi la fertilité du sol. Ces mécanismes, et le rôle central des champignons endo-mycorhiziens, doivent être pris en considération pour les reboisements et pour la conception de nouveaux systèmes agroforestiers à bas niveau d'intrants, pour valoriser des sols pauvres.

Mots-clés : *fertilité du sol, biomasse microbienne, champignons endomycorhiziens, matière organique, phosphore.*

ABSTRACT

The knowledge of the main biological interactions between argan tree and its environment can give useful indications for successful plantations. We pointed out, experimentally, that argan tree is highly dependant upon its mycorrhizal root system for growth and mineral nutrition (phosphorus and micro-elements). Conversely, our physico-chemical and biological measurements on soil samples from various locations in the argan forest showed that argan tree do improve soil quality. Organic matter and nutrient contents as well as biological activities were always higher below the argan tree canopy, compared to bare soil outside the canopy. Indeed, after their uptake by mycorrhizal root system in deep soil layers, where they are present in low concentrations, the nutrients are translocated to the leaves. When the leaves fall on the soil, the organic matter content in surface soil layer is increased through a "litter effect". Nutrients are then released by biological mineralization, improving soil fertility. These ecological features, including the role of mycorrhizal fungi, must be kept in mind for reforestation and for the design of new low-input agroforestry systems, on low-fertility soils.

Keywords: *soil fertility, microbial biomass, arbuscular mycorrhizal fungi, organic matter, phosphorus.*

INTRODUCTION

La régression des arganeraies est une préoccupation majeure et si l'arganeraie «naturelle» doit impérativement être protégée, l'avenir est aussi au développement de systèmes agroforestiers modernes qui permettent d'accroître la production globale en tirant le meilleur parti des contraintes climatiques tout

en protégeant les sols et en améliorant la productivité des terres. Dans tous les cas, la réussite des plantations repose sur une meilleure connaissance de l'arbre, mais aussi et surtout des conditions du milieu.

Nous analysons ici les processus biologiques d'interaction entre l'arbre et son milieu, ainsi que les implications pratiques.

CONNAISSANCE DE L'ARBRE (ARGANIER)

Il est connu de longue date que l'arganier possède un système racinaire extrêmement puissant, capable de puiser l'eau dans les couches profondes du sol. Mais ce n'est qu'à l'occasion de nos premiers travaux sur cet arbre, en 1988, qu'a été établie la nature « mycorhizienne » du système racinaire de l'arganier (Nouaïm & Chaussod, 1990, 1991, 1992). Dans la nature, tous les arganiers sont mycorhizés. Cela signifie que le système racinaire est en fait le résultat d'une symbiose entre les racines de l'arbre et un ou plusieurs partenaires fongiques appartenant au phylum des glomérômycètes. Or il s'avère que l'arganier est extrêmement dépendant de cette symbiose : sur des clones d'arganier propagés par multiplication in-vitro, l'indice de dépendance mycorhizienne relative (IDMR) est de plus de 80% après 6 mois de croissance (Nouaïm & Chaussod, 1994). Chez l'arganier, seule la symbiose mycorhizienne permet d'assurer une nutrition minérale correcte : à partir de quantités disponibles identiques dans le milieu, les plants d'arganier mycorhizés absorbent 15 fois plus de phosphore que les plants non mycorhizés et de 4 à 7 fois plus des oligo-éléments cuivre et zinc (Nouaïm et al., 1994). Sans partenaire fongique efficace, la plantule d'arganier serait condamnée à végéter. L'amélioration de la résistance au stress hydrique par la mycorhization s'explique d'ailleurs principalement par les conséquences directes et indirectes de l'amélioration de la nutrition minérale (Nouaïm & Chaussod, 1995).

CONNAISSANCE DU MILIEU (SOLS D'ARGANERAIE)

Des travaux de terrain, dans différentes zones de l'arganeraie (Haut Atlas, plaine du Souss, Anti-Atlas), nous ont permis d'évaluer la "fertilité" chimique et biologique des sols. Les analyses de terre classiques ont été complétées par des méthodes isotopiques pour évaluer la disponibilité du phosphore, ainsi que par des mesures biologiques : biomasse microbienne et activités de minéralisation du carbone et de l'azote, abondance et diversité des populations de champignons endomycorhiziens. Ces paramètres biologiques sont de bons indicateurs de la « qualité biologique » des sols (Chaussod, 1996).

Les sols « naturels » d'arganeraies ont généralement une fertilité chimique limitée. Les teneurs en phosphore disponible (méthode Olsen) sont le plus souvent faibles à très faibles (< 10 mg/kg) mais peuvent parfois atteindre localement des valeurs très élevées (> 100 mg/kg dans l'Anti-Atlas, région d'Argana). Les teneurs en cuivre et en zinc extractibles à l'EDTA sont toujours faibles avec des valeurs inférieures à 2 mg/kg dans une majorité de

situations, soit au niveau des seuils de carence pour ces oligo-éléments.

La comparaison de prélèvements adjacents effectués respectivement sous l'arbre et à découvert, montre que les échantillons de sols prélevés dans l'horizon superficiel (0-20 cm) sous arganier sont nettement plus riches en matière organique et en éléments fertilisants que les sols prélevés à découvert. Les cinétiques de dilution isotopique du phosphore ont montré que l'enrichissement du sol en matière organique, sous arganier, tend à diminuer le pouvoir fixateur et augmente la disponibilité du phosphore pour les plantes.

Les mesures de biomasse microbienne ont montré que les sols sont toujours biologiquement plus actifs sous l'arbre. Ceci est lié aux teneurs en matière organique (1,5 à 6 fois plus élevées qu'à découvert) et à l'humidité du sol. La teneur en eau pondérale est toujours plus élevée sous l'arbre, en raison de l'effet ombrage et des « précipitations occultes » par condensation atmosphérique. Plus généralement, in situ, les activités de minéralisation du carbone et de l'azote sont avant tout limitées par l'humidité du sol. Lors de la ré-humectation du sol (après une pluie par exemple), la minéralisation de la matière organique se traduit par la production de quantités importantes d'azote minéral... pouvant être prélevé par l'arganier ou les plantes associées.

Enfin, les populations de champignons endomycorhiziens, étudiées dans ces sols d'arganeraies par la méthode du tamisage humide, se sont avérées à la fois abondantes et diversifiées. La végétation herbacée qui se développe sous l'arbre participe clairement à l'entretien de ces populations et donc à la fertilité biologique du milieu. En outre, les hyphes mycéliens des champignons endomycorhiziens (et des autres) participent aux mécanismes biologiques d'agrégation, susceptibles d'améliorer la résistance à l'érosion hydrique ou éolienne. La diversité des champignons endomycorhiziens se traduit aussi par leur plus ou moins grande efficacité au niveau de la symbiose. A partir de sols pédologiquement différents, nous avons donc sélectionné des complexes mycorhiziens natifs sur leur aptitude à améliorer la nutrition minérale de plantules d'arganier (Nouaïm, 1994). De tels complexes, produits en masse et conservés sur une plante-hôte de multiplication, sont aujourd'hui utilisés pour la production de plants d'arganier mycorhizés en pépinière (Nouaïm, 2007).

Au total, l'intensité des cycles biogéochimiques et les stocks d'éléments intéressant la production végétale sont nettement plus importants sous l'arbre qu'à découvert, en raison de deux mécanismes complémentaires :

- Une «remontée biologique» des éléments minéraux, en particulier du phosphore et des oligo-éléments, prélevés en profondeur par le vigoureux système racinaire de l'arganier. Grâce à la symbiose mycorhizienne, ce dernier est capable de prélever les éléments peu mobiles présents en faibles concentrations pour répondre aux besoins des parties aériennes.

-Un « effet litière » correspondant à la chute des feuilles et donc à l'enrichissement de la couche superficielle du sol en matière organique et en éléments minéraux.

CONCLUSION

Le rôle écologique de l'arganier s'avère remarquable. En présence de l'arbre, les stocks organiques et les cycles biogéochimiques des éléments intéressant la production agricole, ainsi que les activités biologiques (biomasse microbienne et champignons endomycorhiziens) sont nettement améliorés. L'arganier participe à la formation et à la conservation des sols, dont il améliore les propriétés à travers divers mécanismes.

Nos travaux sur l'écologie des champignons mycorhiziens et sur la dépendance mycorhizienne de l'arganier montrent que ce sont principalement ses mycorhizes qui sont à l'origine de ces effets (Nouaïm & Chaussod 2007). L'efficacité exceptionnelle de la symbiose mycorhizienne chez l'arganier explique au moins en partie que cette sapotacée d'origine tropicale puisse se maintenir dans des sols pauvres en zones semi-arides à arides. Toutefois, au plan éco-physiologique, l'arganier n'est pas spécialement économe en eau. Dans les zones où le bilan pluviométrique lui est défavorable, l'arganier a besoin de trouver des couches de sol humides en profondeur. C'est d'ailleurs ce caractère « phréatophyte » qui explique sa présence dans la région de Tindouf ou, autrefois, la vigueur de la forêt de la plaine du Souss... lorsque la nappe phréatique était encore à portée de ses racines.

Ainsi, le fait que l'arganier ait existé à un endroit donné ne signifie pas nécessairement qu'on pourra l'y réintroduire (même mycorhizé !) si les conditions de milieu se sont trop dégradées. Dans la nature, le processus de « restauration écologique » reste un préalable indispensable (Benabid 2013). Des analyses physico-chimiques et biologiques des sols s'avèrent particulièrement utiles pour évaluer l'état du milieu.

Par ailleurs, dans les zones qui lui sont climatiquement favorables, les caractéristiques de l'arganier en font un arbre de choix comme pivot de systèmes agroforestiers modernes (Nouaïm, 2007 ; Nouaïm & Chaussod 2011), capables de valoriser des sols pauvres ou à bas niveaux d'intrants.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Benabid A. 2013. Nouvelles données sur l'état actuel, la biogéographie et la restauration naturelle des écosystèmes à arganier. In : 2ème Congrès International sur l'Arganier, Agadir 99-11/12/2013, Résumés p. 22.
- Chaussod R. 1996. La qualité des sols : évaluation et implications. *Etude & Gestion des Sols*, 3, pp 261-277.
- Nouaïm R. et Chaussod R. 1990. Les mycorhizes de l'arganier : travaux préliminaires. In : Colloque "Physiologie des ligneux en zones arides", INRA Nancy (France), 20 Mars - 6 Avril 1990.
- Nouaïm R. et Chaussod R. 1991. Les mycorhizes de l'Arganier. In : Colloque International "L'Arganier, recherches et perspectives", Agadir (Maroc) 11-15 Mars 1991.
- Nouaïm R. et Chaussod R. 1992. L'arganier. *Le Flamboyant*, 21, pp. 3-8.
- Nouaïm R. 1994. Ecologie microbienne des sols d'arganeraies : activités microbiologiques des sols et rôle des endomycorhizes dans la croissance et la nutrition de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). Thèse de doctorat d'Etat, Université Ibnou Zohr (Agadir), 193 p. + annexes.
- Nouaïm R. and Chaussod R. 1994. Mycorrhizal dependancy of two clones of micro-propagated argan tree (*Argania spinosa*) : I) Growth and biomass production. *Agroforestry Systems*, 27, pp 53-65.
- Nouaïm R., Linères M., Esvan J.M. and Chaussod R. 1994. Mycorrhizal dependancy of two clones of micropropagated argan tree (*Argania spinosa*) : II) Mineral nutrition. *Agroforestry Systems*, 27, pp 67-77.
- Nouaïm R. et Chaussod R. 1995. Rôle des mycorhizes dans l'alimentation hydrique des plantes, notamment des ligneux de zones arides. *Options Méditerranéennes*, 20, pp 9-26.
- Nouaïm R. 2007 : Vergers d'Arganiers pour une Agroforesterie Moderne et Durable (VARGAMED), Programme de recherche d'appui au projet Arganier. UE – ADS. Rapport d'étude. 125p
- Nouaïm R. et Chaussod R. 2007. L'arganier : une symbiose parfaite. *Pour la Science*, 359, pp 2-7.
- Nouaïm R. et Chaussod R. 2011. Des vergers d'arganier : une agriculture innovante pour une production durable d'huile d'argane. In : Actes du 1er Congrès International de l'Arganier, Agadir 15-17 Décembre 2011, pp 70-79.

Recherche sur quelques aspects de réaction de défense de l'Arganier à l'attaque par *Ceratitis capitata*

Zhar N., Naamani K., El Keroumi A. and Baaziz M.

Cadi Ayyad University, Faculty of Sciences Semlalia, Laboratory of Biotechnologies, Biochemistry, Valorization and Protection of Plants, BP: 2390, My Abdallah Street, Marrakesh 40000, Morocco

E-mail : nawal.zhar@edu.uca.ma

RESUME

L'Arganier est connu comme étant un grand réservoir de la prolifération et de la dissémination de *Ceratitis capitata* Wied qui est une mouche polyphage et cosmopolite migrant activement de l'Arganier pour envahir d'autres arbres fruitiers. Afin de comprendre la réaction des fruits d'Arganier suite à l'attaque par la Cératite, nous nous sommes intéressés à la variation par rapport aux fruits sains de quelques facteurs biochimiques tels que la teneur en sucres totaux et en protéines dans la pulpe de fruit de l'Arganier et leur relation avec le stade de maturité, le phénotype du fruit (4 types) et l'effet de la continentalité.

Nous avons noté des teneurs en protéines élevées dans les fruits provenant de la région semi-continente par rapport à ceux prélevés dans la zone littorale et leur valeur augmente lors de l'attaque du fruit par la mouche dans les deux zones. L'étude de la concentration en sucres, montre que la réponse varie selon les quatre formes de fruits de manière différente dans les deux régions. Tenant compte de l'état de maturation, les fruits sains à l'état vert et murissant cumulent moins de sucres dans les deux régions par rapport aux fruits attaqués ; alors que ceux attaqués à différents degrés de maturation synthétisent plus de protéines dans les deux régions par rapport aux témoins.

Cette augmentation de la synthèse des protéines et la diminution de la teneur en sucres dans les fruits attaqués par la mouche pourraient représenter une réaction de défense de la plante au stress biotique provoqué par cette infection.

Mots clés : *Arganier, Ceratitis capitata, sucres totaux, protéines, continentalité, degré de maturité.*

ABSTRACT

The argan tree is known as being a large reservoir of the proliferation and dissemination of *Ceratitis capitata* Wied which is a polyphagous and cosmopolitan fly, migrating actively from the argan tree to invade other fruit trees. To understand the reaction of the fruits of argan tree after the attack by the Mediterranean fruit fly, we were interested in the variation compared to healthy fruits of some biochemical factors such as the content of total sugar and of proteins in the pulp of the argan fruit and their relationship to the stage of maturity, the phenotype of the fruit (4 types) and the effect of the continentality.

We noted a high content of protein in the fruits coming from the semi-continental area compared to those collected in the littoral zone and their value increases after the attack of fruit by the fly in both areas. The study of the concentration in sugars shows that the response varies according to the four forms of fruits in a different way in both areas. Taking account the state of maturation, the healthy fruits in the green and maturing state accumulate less sugar in both regions with regard to attacked fruits; while those attacked in various degrees of maturation synthesize more proteins in both regions compared with the controls ones.

This increase of the synthesis of proteins and decrease of the sugars content in the attacked fruits by the fly could represent a defense reaction of the plant to the biotic stress caused by this infection.

Keywords: *Argan tree, Ceratitis capitata, sugars totals, proteins, continentality, stage of maturity.*

INTRODUCTION

L'Arganier, *Argania spinosa* (L.) Skeels, est un arbre endémique et emblématique dans le centre et sud-ouest du Maroc qui régresse en termes de superficie et surtout de densité : en moins d'un demi-siècle, la densité moyenne de l'arganeraie nationale est passée de 100 arbres/ha à 30 arbres/ha, tandis que les superficies couvertes régressaient en moyenne de 600 ha par an (Statistiques du ministère de l'Agriculture marocaine). Ceci est dû à une multitude de pressions aussi bien biotiques qu'abiotiques. Mais le stress biotique le plus redoutable sur l'arganier est la mouche du fruit (*Ceratitis Capitata*) qui occasionne de véritables ravages aux fruits de l'arganier. En effet, elle affecte la qualité oléagineuse des fruits entraînant des dégâts économiques très graves.

La cécidose se caractérise par une hétérogénéité dans l'attaque des différentes formes du fruit d'arganier, ainsi le facteur morphologique interviendrait dans l'attraction de l'insecte. Des recherches menées par (Dhouibi et al., 1995) (in Naamani, 2004) ont montré que la quantité de sucres contenue dans le fruit exerce un rôle dans l'attractivité de la cécidose puis qu'elle constitue un appât pour elle (Sandret, 1957a). Le même auteur a constaté dans une autre étude que les larves de la cécidose se nourrissent aux dépens des matières sucrées et protéiques, d'où une diminution de sa valeur alimentaire (Sandret, 1957b). Malheureusement, Les études concernant la relation de ce diptère avec l'arganier sont rares et incomplètes. Pour cela, notre recherche a fait l'objet d'étudier les réactions de défense élaborées par les fruits d'arganier en réponse à l'attaque par la cécidose en tenant compte la variabilité phénotypique du fruit d'arganier, du stade de maturité et de l'effet de continentalité.

MATERIEL ET METHODES

Le matériel végétal utilisé est la pulpe fraîche de quatre phénotypes de fruits d'arganier (fusiforme, ovale apiculée, globuleuse et sphérique) sains et attaqués appartenant à trois stades de maturité : vert, murissant et mûr au sein

des deux stations : semi-continentale (Mijji) et littorale (R'zwa).

Notons ici que la pulpe des fruits attaqués utilisés dans notre travail a concerné les points de piqûre qui se trouvent sur les fruits.

La pulpe de fruit d'Arganier a fait l'objet de deux extractions : extraction des sucres totaux et des protéines totales.

1. Extraction et dosage des sucres totaux

L'extraction des sucres totaux a été faite par l'utilisation de l'éthanol 80% et leur dosage a été déterminé par la méthode de (DUBOIS et al., 1956) ou méthode phénol / acide sulfurique.

La lecture de la densité optique des différents échantillons a été précédée par celle de la gamme étalon à 485 nm.

2. Extraction et dosage des protéines

La méthode est celle utilisée au laboratoire Biotec-VRV (Zouiten, 2002 ; El Hasni, 2005). Elle consiste à broyer la pulpe à froid (4°C) dans le tampon Tris-maléate (0.1M pH 6.5) contenant le Triton X-100. L'extrait protéique est ajouté au réactif de Bradford, après l'incubation à 30 degrés pendant 30 min, l'absorbance des échantillons est déterminée par mesure de la densité optique à 595 nm, et la teneur en protéines est estimée à partir de la courbe d'étalonnage établie avec une solution de SAB (Sérum Albumine Bovin).

RESULTATS

La teneur en sucres totaux des fruits d'arganier

Nous remarquons que la teneur en sucres dans la pulpe de fruit d'arganier varie d'une forme à l'autre dans les deux régions, semi-continentale et littorale (figure 1). Notons aussi que les fruits attaqués de forme fusiforme, globuleuse et sphérique comportent moins de sucres par rapport aux fruits témoins dans la zone semi-continentale (figure 1A) ; alors que dans la zone littorale (figure 1B), la forme globuleuse et ovale apiculée attaquées cumulent moins de sucres comparées aux témoins.

Figure 1 : Teneurs moyennes en sucres totaux de la pulpe des fruits d'arganier témoins et attaqués par la cératite en fonction des formes et de la continentalité (A : région semi-continentrale ; B : région littorale)

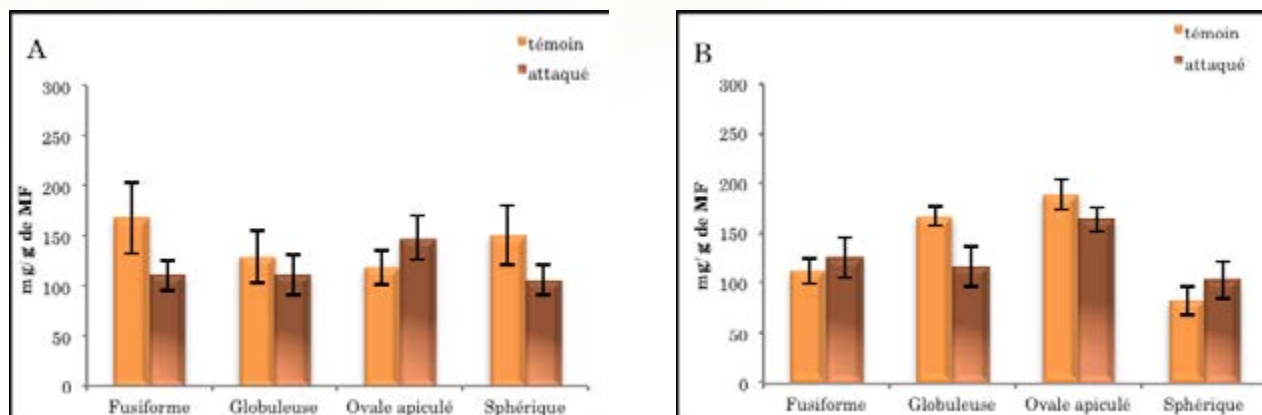


Tableau 1 : Teneurs moyennes en sucres totaux de la pulpe des fruits d'arganier témoins et attaqués par la cératite en fonction de l'état de maturation et de la continentalité

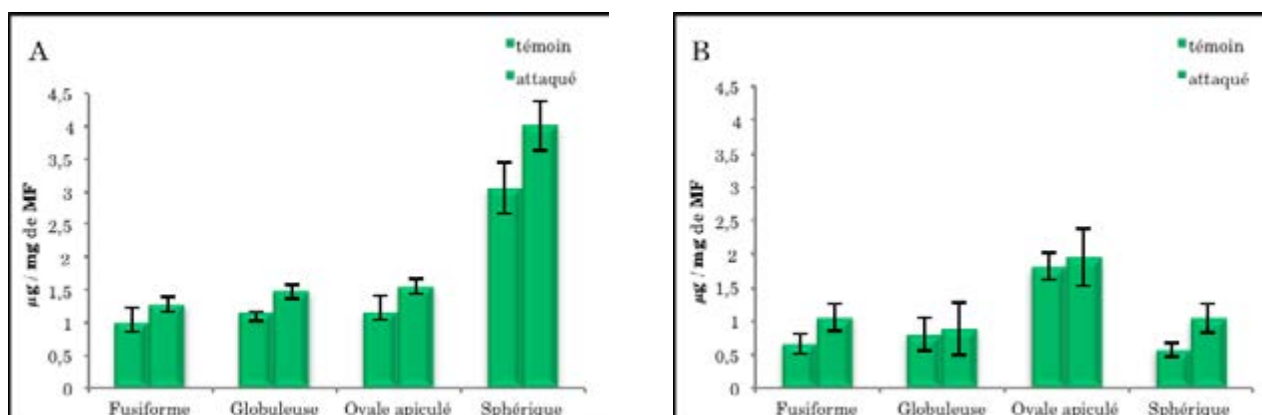
état de maturation	Région semi-continentrale		Région littorale	
	témoin	attaqué	témoin	attaqué
vert	62,36625	80,3374167	60,1795	91,0686667
murissant	118,362583	152,03075	139,515167	143,447083
mûre	245,357167	124,56325	212,44	148,797

La teneur des protéines totales des fruits d'arganier

Tous les formes attaquées de fruits d'arganier accumulent plus de protéines que les fruits sains quelque soit la région d'étude (figure 2), et nous

remarquons aussi que les fruits provenant de la région semi-continentrale entassent plus de protéines par rapport à ceux provenant de la région littorale.

Figure 2 :Teneurs moyennes en protéines totaux de la pulpe des fruits d'arganier témoins et attaqués par la cératite en fonction des formes et de la continentalité (A : région semi-continentrale ; B : région littorale)



Et lorsque nous prenons en considération l'état de maturation, nous constatons aussi que tous les fruits attaqués à différents degrés de maturation renferment plus de protéines que les fruits sains dans les deux régions (tableau2).

Tableau 2 : Teneurs moyennes en protéines totaux de la pulpe des fruits d'arganier témoins et attaqués par la cératite en fonction de la forme et de la continentalité

Etat de maturation	Région semi-continentrale		Région littorale	
	témoin	attaqué	témoin	attaqué
Vert	1,32	2,16	0,90	1,14
Murissant	1,65	1,94	0,84	1,24
Mûre	1,80	2013	1,12	1,31

CONCLUSION

L'attaque par la cératite provoque une diminution de la quantité de sucres chez certaines formes de fruits d'arganier et son augmentation chez d'autres. Cela peut être expliqué par le renforcement des mécanismes de défense de la plante contre l'agression par la cératite, et aussi par l'intervention de la continentalité. En plus de cette réaction biochimique, une autre réaction biochimique intervient pour faire face à l'attaque par la cératite c'est l'augmentation du pool protéique dans les fruits.

Ces réactions de défense des fruits d'arganier à l'attaque par la Cératitis capitata pourraient apparaître comme une adaptation aux agressions biotiques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dubois M, Gilles K.A, Hamilton J.K, P.A, Rebers and Smith F, 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28:350-356.
- Dhouibi M.H, Gahbich H et Saaidia B, 1995. Evolution de l'attaque des fruits par *Ceratitis capitata* en fonction de la position du fruit sur l'arbre et du degré de maturité des oranges. Fruit, vol. 50, n° 1, p. 39 – 49.
- El Hasni M, 2005. Interaction Palmier dattier-*Fusarium oxysporum abledinis* : Elicitation des

réactions de défense et développement de nouvelles stratégies pour le biocontrôle de la maladie du bayoud. Thèse de Doctorat, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc 187 p

Naamani k, 2004. Etude de l'entomofaune de l'Arganier (*Argania spinosa*) et de la bio-écologie de son ravageur *Ceratitis capitata* Wiedman (diptère:Tephritidae) dans la région d'Essaouira (Maroc). Thèse doct. Cadi Ayyad fac. Semlalia, 220 p.

Sandret F.G, 1957a. Etude préliminaire des glucides et du latex de la pulpe du fruit d'Argan (*Argania spinosa*). Variation au cours de la maturation. Bull. Soc. Chim. Biol. 39, N° 5–6. pp. 619 – 631.

Sandret F.G, 1957b. La pulpe d'Arganier, composition chimique et valeur fourragère. Variation au cours de la maturation. Ann. Rech. Forest. Maroc. Rabat. Rapport annuel, 152 – 177 p.

Zouiten N, 2002. Interaction Olivier-Psyle : Caractérisation et rôle des composés phénoliques dans l'attraction des cultivars d'olivier (*Olea europea* L.) Vis-à-vis de l'insecte (*Euphyllura olivina* Costa). Thèse Univ Cadi Ayyad., 168p.

Identification des changements récents de l'occupation du sol de la commune de Temsia en Souss à partir d'images de télédétection à haute résolution spatiale

**Aouragh M.¹, Lacaze B.², El Mahdad El H.¹, El Aboudi A.³, El Mousadik A.⁴,
 Msanda F.⁴, Defaa C.⁴.**

¹Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Université Ibnou Zohr, Agadir, Maroc

²CNRS UMR 8586 PRODIG et Pôle Image, Université Paris Diderot, Paris, France

³Faculté des Sciences, Université Mohammed V, Rabat-Agdal, Maroc

⁴Faculté des Sciences, Université Ibnou Zohr, Agadir, Maroc

RESUME

La commune de Temsia est une commune du bassin du Souss occupant une superficie d'environ 62 km², dont l'occupation traditionnelle du sol était liée à la présence de l'arganeraie remarquable de la forêt d'Admine. Cette forêt a subi des dégradations importantes à la fin du 20^{ème} siècle, qui se sont poursuivies durant la dernière décennie : extension de l'urbanisation, intensification agricole (cultures irriguées et cultures sous serres), implantation de l'aéroport d'El Massira.

L'objet de notre étude est d'évaluer ces changements récents à partir de la comparaison d'images de télédétection à haute résolution spatiale. L'étude diachronique a été réalisée en utilisant une image provenant de Google Earth (juin 2003) et une image Pléiades acquise en septembre 2012. Après avoir effectué une correction géométrique image à image, nous visualisons les changements d'occupation du sol par la technique de composition colorée multi-dates. Cette technique permet d'identifier facilement les principaux changements intervenus entre les deux dates : suppression de serres, mise en place de nouvelles serres et extension de l'urbanisation. Cette étude doit se poursuivre par la réalisation de la cartographie de l'occupation du sol aux deux dates, et la quantification des changements observés entre 2003 et 2012.

Mots clés: *occupation du sol, télédétection, analyse diachronique, vallée du Souss, Maroc*

ABSTRACT

The country of Temsia is located in the Souss valley (South West of Morocco), with an area about 62 km². Traditionnal land use (agroforestry and pastoralism) was linked to the prominent argan tree woodlands (Admine forest). This forest underwent important degradation processes during the 20th century, with an increase in the last decade: extension of urbanization, agricultural intensification (irrigated crops and greenhouses) and implementation of the international airport Agadir El Massira. The aim of our study is to estimate these recent changes, from the comparison of high-resolution remote sensing images. The multi-temporal analysist was carried out through the comparison of an image issued from Google Earth (acquired June, 2003) and a recent image of Pleiades sensor (September, 2012). After images registration, land-use land-cover changes have been assessed through visual analysis of a multi-temporal color-composite image. This technique allows identification of major changes: implementation or removal of greenhouses, extension of urbanized areas. Further study is needed to derive land-use – land-cover maps and quantify changes between 2003 and 2012.

Key words: *land-use, land-cover, remote sensing, multitemporal analysis, Sous valley, Morocco*

INTRODUCTION

La commune de Temsia est située dans la vallée du Souss à environ 22km à l'ouest d'Agadir (coordonnées géographiques : 30°21'57"N 9°24'52"W). Elle occupe une superficie d'environ 62 km², ce qui représente environ 0,1% par rapport à la surface totale de la région administrative de Souss-Massa-Drâa. Elle occupe une position très favorable en aval de la vallée d'Oued Souss ; la commune abrite l'aéroport international El Massira qui a été implanté au milieu de la forêt d'Admine.

La commune de Temsia est représentative de l'agro-système sylvo-pastoral traditionnel de l'arganeraie de plaine, qui se caractérisait jadis dans cette portion de la vallée du Souss par la présence de la forêt d'Admine, considérée comme la plus étendue des formations arborées claires d'arganiers dans la vallée du Souss. Cette forêt a subi une importante dégradation vers la fin du vingtième siècle, consécutive à la mise en place de cultures irriguées. El Yousfi, 1988 (cité par M'Hirit et al., 1998) a étudié les changements intervenus entre 1969 et 1986 sur la zone de la forêt d'Admine et a constaté une perte de 8960 ha des surfaces occupées par l'arganeraie (21232 ha en 1969, 12272 ha en 1986), soit une diminution de 42,2% en 16 ans. Outre la diminution de surface de l'arganeraie dans la vallée du Souss à cause de l'urbanisation et de l'intensification agricole, on assiste également à une diminution de densité des arganiers dans les zones non détruites (TTOBA, 2007).

Nous nous proposons, dans la présente étude, d'étudier les changements d'occupation du sol survenus durant la dernière décennie (1983-2012) dans la commune de Temsia, sur la base de la comparaison d'images de télédétection à haute résolution spatiale.

DONNEES ET METHODES

L'état actuel de l'occupation du sol a été estimé à partir d'un extrait d'image Pléiade, obtenu par le Pôle Image de l'Université Paris Diderot (image obtenue avec un coût réduit dans le cadre programme CNES-ISIS). Cet extrait d'image englobe la commune de Temsia et couvre une superficie de 122 km² (environ 11km x 11km). Les données sont disponibles au format GeoTiff en projection UTM zone 29N, avec une résolution de 2m (image multi-bandes bleu, vert, rouge, proche infrarouge) et une résolution de 0,5 m pour l'image panchromatique enregistrée simultanément.

Pour effectuer l'étude comparative, nous avons eu recours à des extraits d'images issus de *Google*

Earth. Ce type d'image a l'avantage d'être accessible gratuitement, mais présente divers inconvénients liés au fait qu'il s'agit d'une mosaïque d'images de diverses provenances et résolutions spatiales, présentée sous forme d'une composition colorée dont on ne connaît pas les conditions de réalisation.

La taille de l'image extraite est limitée par la résolution de l'écran, sauf si l'on utilise *Google Earth Pro*.

Si on ne peut pas exploiter de façon précise les réponses spectrales des pixels de ces images, on peut en revanche analyser les structures spatiales et les textures des objets de la surface du sol, et observer les changements de l'occupation du sol qui entraînent une variation importante de l'albedo (par exemple mise en place de serres).

Les images *Google Earth* sont généralement disponibles à plusieurs dates et sont géo-référencées en latitude-longitude, avec leur système propre de projection. Cependant la précision géométrique n'est pas suffisante pour pouvoir superposer entre elles les images de plusieurs dates. Dans le cas présent, nous avons opté pour une correction géométrique image à image, en utilisant l'image Pléiades à résolution 2 m comme référence. La correction est effectuée à l'aide du progiciel ENVI, en appliquant un polynôme de degré 1 et en utilisant une dizaine de points d'appui, l'erreur résultante (RMSE) restant inférieure à un pixel.

La mise en coïncidence des 2 imageries, *Google Earth* 2003 et Pléiades 2012, permet alors la création d'une composition colorée multi-dates. A cette fin, nous avons créé d'une part l'imagerie panchromatique *Google Earth* 2003 (somme des 3 canaux R V B) et, d'autre part, l'imagerie panchromatique Pléiades 2012 (somme des canaux 1, 2 et 3). L'application d'un coefficient d'ajustement permet d'obtenir des imageries panchromatiques ayant des valeurs moyennes proches. Nous avons créé également une image neutre, présentant la même valeur pour l'ensemble des pixels. Finalement la composition colorée multi-dates est obtenue par superposition des canaux Rouge Vert Bleu, selon le schéma suivant :

Bleu	Vert	Rouge
Imagerie neutre	Imagerie panchro 2003	Imagerie panchro 2012

Selon cette superposition, on aura alors la clé d'interprétation suivante :

Luminance en 2012	Luminance en 2003	Couleur
forte	faible	Rouge
faible	forte	Vert
forte	forte	Jaune
faible ou nulle	faible ou nulle	Gris foncé

RESULTATS

3.1 Extraction des imagerie Google Earth 2003 et Pléiades 2012

La figure 1 présente un exemple de portion d'image issu de Google Earth (1a) et la même zone dans l'image Pléiades (1b). Les images sont des compositions colorées de 3 canaux : pour l'image Pléiades nous avons effectué la composition Rouge = canal1, Vert = canal 3, Bleu = canal 2, avec une fonction augmentation de contraste de type gaussien.

Figure 1. Compositions colorées d'extraits d'images :
Pléiades (1a) et Google Earth (1b)
Composition colorée Pléiades 2012



Google Earth 2003



3.2 Obtention et mise en coïncidence des imagerie Google Earth 2003 et Pléiades 2012

Figure 2. Extraits d'images panchromatiques Google Earth (1a) et Pléiades (1b)
image panchromatique Pléiades 2012(1a)



Sum_google_Earth 2003 (1b)



La figure montre un exemple de portion d'image après création des images panchromatiques et application de la correction image à image.

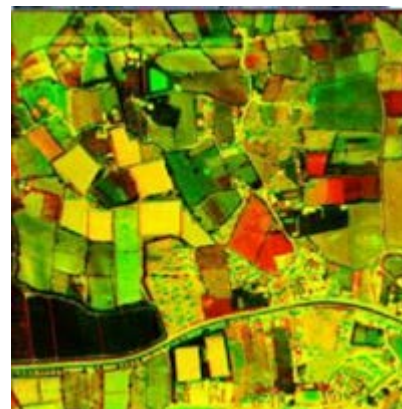
3.3 Composition colorée multi-dates et détection des changements

La figure présente le résultat de la composition colorée multi-dates, établie selon la méthode décrite ci-dessus.



Figure 3. Composition colorée des images panchromatiques de 2003 (vert) et 2012 (rouge)

Figure 4. : Changements d'occupation du sol entre 2003 et 2012 : exemple des cultures sous serre

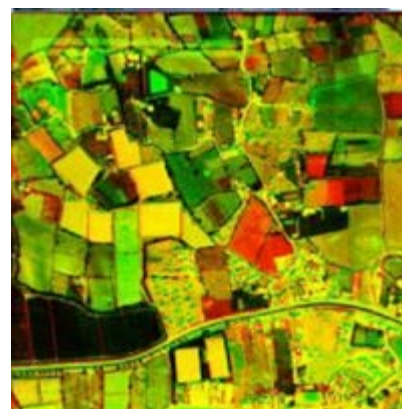


Supression Création

La figure 4 illustre les changements observés en ce qui concerne les cultures sous serres : on note en effet des serres qui ont disparu entre les deux dates (en vert sur la composition colorée), alors que d'autres ont été implantées récemment et n'apparaissent que sur la deuxième image (en rouge sur la composition colorée). Les serres qui ont une couleur jaune sur l'image sont présentes à la fois en 2003 et 2012.

Ce type de composition colorée permet un diagnostic rapide de l'évolution des cultures sous serre ; il faut toutefois noter que l'apparence des serres sur l'image n'est pas uniforme, en raison de différences dans le matériau plastique utilisé pour leur fabrication et de l'adjonction éventuelle d'une couche de terre à la surface de la serre pour éviter une augmentation de température excessive.

Figure 5. Changements d'occupation du sol entre 2003 et 2012 : exemple de l'extension de l'habitat urbain



CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Nous avons montré la possibilité d'utiliser des images Google Earth pour l'analyse diachronique des changements majeurs de l'occupation du sol, tels que l'implantation de cultures sous serre, ou bien la croissance des zones urbaines. Au-delà du diagnostic rapide proposé ici, il faut envisager de mettre en œuvre des méthodes de traitement numérique d'images (classification objet) et de détection des changements pour une évaluation précise et une quantification des changements observés.

Il faut noter que l'obtention d'une image de télédétection spatiale à haute résolution s'avère nécessaire pour disposer d'une image géo-référencée de bonne qualité pouvant servir de référence pour les corrections géométriques image à image. Nous avons utilisé la même approche (avec une image IKONOS comme référence) pour faire une étude diachronique de la densité des arganiers dans la région d'Ait Baha (Aouragh et al., 2012).

On peut donc préconiser la généralisation de cette approche pour le suivi de toutes les zones de l'arganeraie de plaine menacées de dégradation, en particulier les zones périurbaines et les zones d'intensification agricole ; de la même façon, on pourrait suivre le développement du couvert arboré dans les zones reboisées, voire identifier des zones de régénération spontanée en cas de déprise agricole dans certaines zones de montagne.

Le principal obstacle à cette généralisation reste le coût élevé des images à haute résolution spatiale, si l'on doit les acquérir au tarif commercial et non au tarif recherche. L'obtention d'au moins une image (référence) apparaît cependant justifiée dans la plupart des cas, et pourra s'avérer très utile pour de nombreuses

applications de gestion, d'aménagement local et de suivi environnemental du territoire de l'arganeraie.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Marianne Cohen, directrice du Pôle Image de l'Université Paris-Diderot, pour la prise en charge de l'acquisition de l'extrait d'image Pléiades.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aouragh M., 2012 – Dynamique du « paysage-arganeraie » dans le Sud-ouest marocain. Apport des données de télédétection et perspectives de les intégrer dans un SIG. Thèse de Doctorat : Géographie, Université Paris IV Sorbonne, 381 p.
- Aouragh M., Lacaze B., Hotyat M., Ragala R. El Mahdad El H., 2012 – Cartographie de la densité des arbres de l'arganeraie à partir des données de télédétection à haute résolution spatiale. Communication à International Symposium of the African Association of Remote Sensing of Environment (AARSE), El Jadida, Maroc, xxx 2012 (sous presse).
- M'Hirit O., Benzyane M., Benchekroun F., El Yousfi S. M., Bendaanoun M., 1998 – L'arganier. Une espèce fruitière-forestière à usages multiples. Mardaga, Sprimont, Belgique, 150 p. + 1 carte h. t
- El Yousfi S. M., 1988 – La dégradation forestière dans le Sud marocain. Exemple de l'arganeraie d'Admine (Souss) entre 1969 et 1986. Mémoire de 3ème cycle; I. A. V. Hassan II, Rabat, 117 p.
- TTOBA, 2007 – Etude d'aménagement par identification des impacts des mises en culture sur la forêt d'arganier de la plaine de Souss. Rapport d'étude réalisé pour la DREFLCD-SO, volume II, 99 p. + annexes.

Gestion traditionnelle des systèmes agroforestiers à arganiers

Sabir M.¹, Qarro M.², Ponette Q.³, Lahlal A.⁴ et Benomar I.⁴

¹Enseignant-chercheur, Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs,
 BP 511, 10015, Salé. miloudsaadia@hotmail.com

²Enseignant-chercheur, Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs,
 BP 511, 10015, Salé. mohamedq53@gmail.com

³Professor, Université catholique Louvain, Forest Sciences,
 Croix du Sud, 2 - box L7.05.09, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium. quentin.ponette@uclouvain.be

⁴Ingénieur des eaux et forêts, HCEFLCD, Rabat.

RESUME

Dans l'arganeraie, la conservation des ressources et le développement affrontent les évolutions de la société et son interaction avec le milieu. Les systèmes agroforestiers sont en déséquilibre. Leur analyse structurale et fonctionnelle permet d'orienter leur aménagement. Cette étude a porté sur la zone d'Amsiten (Essaouira). L'analyse de l'espace et la gestion des ressources a été réalisée par des interviews et ateliers semi-structurés. L'espace est organisé en unités socio-territoriales. L'arbre est présent sur l'ensemble des terres. L'espace agricole est organisé en terres fertiles à usage agrosylvopastoral, terres forestières domaniales à usages agrosylvopastoral ou sylvopastoral «agdal» et les terres à usage collectif sylvopastoral «mouchaâ». Les parcours sont réglementés dans les agdals et sont libres dans les mouchaâ. Le chevauchement de l'agriculture, l'élevage et l'arboriculture est très complexe. La gestion paysanne traditionnelle de ces ressources a permis leur conservation. Cependant, l'évolution sociétale de la zone induit des changements dans les comportements et risque d'entraîner une évolution régressive de ce patrimoine naturel « le système arganier traditionnel».

Mots clés: Systèmes agroforestiers, Arganier, Pratiques paysannes, Amsiten.

ABSTRACT

In the argan area, resource conservation and development are faced with changes in society and its interaction with the environment. Agroforestry systems seem to be out of balance. Their structural and functional analysis can guide their planning and development. This study focused on the area of Amsiten (Essaouira). The analysis of space, resource management was carried out by field surveys, interviews and semi-structured workshops. The space is organized in Socio-territorial units. The tree is present on all agricultural land. Farmland is organized into fertile land used as an agrosilvopastoral system, forest land to agrosilvopastoral or silvopastoral practices "agdal" and forest lands used as a silvopastoral system called "mouchaâ". Grazing is regulated in agdals and is free in mouchaâ. The overlap of agriculture, livestock and orchards is very complex. Traditional peasant management of these resources has allowed their conservation and heritage by the current generation. However, the societal change that knows the area induces changes in behavior and may lead to a regressive evolution of this natural heritage "traditional argan system".

Keywords: Agroforestry systems, Argan, Peasant practices, Amsiten.

INTRODUCTION

L'arganeraie, par ses particularités naturelles, socioéconomiques, culturelles et historiques confrontées à une gestion non durable, a poussé les pouvoirs publics à la proclamer « Réserve de

Biosphère de l'Arganeraie » en 1998. Sur le plan de la conservation des espèces, les écosystèmes présentent une riche biodiversité. Sur le plan de la protection des milieux, les peuplements constituent une barrière contre le désert. Sur le plan socio-économique, elle fournit la plupart des ressources aux populations.

L'espace est subdivisé en deux arganeraies : de plaine (vallée du Souss) et de montagne (Haut et Anti Atlas). Les écosystèmes de plaine sont fortement menacés par une de gestion capitaliste cherchant à maximiser les bénéfices financiers. Cette situation est liée à la mutation socioculturelle que connaît le Souss. Par contre, les écosystèmes de montagnes, utilisés selon un modèle agrosylvopastoral ancestral, sont relativement bien conservés. Les peuplements évoluent peu en densité et en structure (Mounir, 2012). L'arganier pèse beaucoup dans le revenu de l'exploitation (Sabir et al., 2012 ; Tarmadi, 2010 ; Charif, 2011).

Ce travail s'est penché sur le diagnostic du système agroforestier « arganier de montagne », de point de vue structure, fonctionnement et pratiques paysannes dans l'espace rural entourant le SIBE « Amsiten ». L'objectif est de comprendre pourquoi ces écosystèmes se maintiennent toujours et de donner quelques éléments de réflexion sur leur évolution future. Il fait partie d'une étude plus globale cherchant à produire une approche d'aménagement concerté des espaces à arganier en partenariat avec l'Université Catholique de Louvain et le Centre de Recherche Forestière de Marrakech.

LA ZONE « D'AMSITEN »

L'étude a porté sur l'espace utilisé par les douars entourant le Jbel Amsiten. La population est organisée par le lien du sang en unités socioterritoriales. La densité est faible, 26 habitants/km² (Lahlal, 2008 ; Ben Omar, 2008). Le nombre moyen de personnes par ménage est de 6. L'accroissement annuel de la population est faible, 0,5%. Le ménage est structuré autour du père, mais les femmes ont un rôle primordial dans son fonctionnement (Lalouani, 2009). L'émigration est très importante chez les jeunes (13,5% de la population). Elle constitue l'un des facteurs importants de changement. Il y a de moins en moins de bergers, d'ouvriers et de jeunes femmes pour collecter les noix d'argan. Cependant, elle assure un transfert financier important. L'école et les moyens de communication (TV, téléphone) ont joué un rôle important dans l'exode des jeunes vers les grandes villes. Cette dynamique a contribué à la disparition des structures ancestrales d'organisation de la population et de gestion de l'espace (Jmaà) (Sabir et al., 2012).

Le bioclimat est aride. Les sols sont à dominance peu évolués d'érosion. Dans les bas fonds, l'accumulation d'alluvions a donné des sols plus fertiles. Les ressources en eau sont limitées. Les paysans ont développé des techniques de collecte des eaux de ruissellement

et de conservation des eaux et sol remarquables. L'espace rural est occupé dans sa grande majorité par des peuplements d'arganier d'âges, régimes et densités très variables. Le thuya occupe les sommets de l'Amsiten (Atifi, 2011), très riches en PAM (thym, lavande). Mounir (2011) et Atifi (2012) ont montré que sur 22 ans il n'y pas eu de dégradation quantitative de l'arganeraie des Haha. De légers changements ont concerné les peuplements domaniaux. Cependant, Ba (2009) a noté que ces arbres ont subi un écimage et surpâturage sur pied.

Les exploitations agricoles sont mixtes. Le rôle de l'élevage extensif est très important dans le revenu. L'alimentation est basée sur le parcours aériens des arganiers, les chaumes et les jachères. Les forêts d'arganier sont surpâturées. L'agriculture est dominée par la céréaliculture. La paille est aussi importante que les grains. L'olivier est l'élément principal de l'arboriculture. Le revenu moyen de l'exploitation est très faible, 12 600 dh/an. La forêt y contribue à 55,3% (noix argan, fourrage aérien, bois). D'autres activités existent, notamment l'apiculture, l'exploitation et la commercialisation des PAM et le petit élevage.

EUDE DU SYSTEME AGROFORESTIER ARGANIER

L'étude du système agroforestier d'Amsiten dans sa structure, fonctionnement et pratiques paysannes de gestion des ressources a nécessité une analyse documentaire, des prospections du terrain, la réalisation d'ateliers semi-structurés dans les douars, des enquêtes et visites d'exploitations agricoles différenciées par la taille du troupeau et la SAU.

ORGANISATION ET UTILISATION DE L'ESPACE RURAL

L'espace est organisé en 21 UST correspondant chacune à l'espace vital d'un douar. Elle renferme les terrains de parcours (forestiers), les terres agricoles et les habitats. La circulation des troupeaux et les parcours y sont bien définis. La disposition des arbres d'arganier différencie les usages entre individuels (privés), agdals et mouchaàs (collectifs). Les terres à usages privés 'Melk' et sont concernées par la céréaliculture, l'arboriculture (olivier, amandier, caroubier) et des arganiers fruitiers. Les agdals correspondent à des terres forestières domaniales (arganier) où la production fruitière est primordiale. Les bonnes terres sont cultivées sous arganier. Les limites des parcelles sont bien définies. Le parcours y est interdit pendant l'agdal, période de collecte des noix. Les mouchaàs sont des zones à circulation libre des animaux toute l'année (mélanges d'arganier et de

thuya ou thuya pur) (figure 1).

STRUCTURES ET FONCTIONNEMENT DU SYSTEME AGROFORESTIER ARGANIER

Ce système est de type « agrosylvopastoral complexe » où l'arbre, l'agriculture et l'élevage sont associés pour tirer le meilleur profit de la terre.

Dans les terres agricoles privées près des cases, les arganiers sont conduits en arbres fruitiers et sont bien soignés. Ils sont taillés pour occuper moins d'espaces et sont poussés en hauteur pour réduire l'ombrage et faciliter le passage des araires. Les cuvettes autour des arbres sont aménagées pour recueillir l'eau de ruissellement et le fumier. Des chenaux sont creusés pour y drainer les eaux de ruissellement des ravines et des pistes. Les paysans sont convaincus que plus l'arganier est soigné, plus il est productif. Les chèvres sont interdites. Les bovins et les ovins peuvent pâturer en période de jachère et chaumes. L'olivier et le caroubier connaissent une extension sur ces terres plus fertiles. L'olivier y est planté par de longues boutures (1,5m) pour protéger les jeunes pousses des animaux. Les jeunes plants sont protégés par des épines ou sacs en plastiques. Le caroubier compte de plus en plus dans le revenu de l'exploitation et les paysans soignent les jeunes semis issus des graines apportées dans le fumier. Cependant, ils les empêchent de concurrencer les oliviers. Les oliviers sont traités en taillis avec plusieurs branches maîtresses. Les paysans pensent que plus l'arbre a de la biomasse, plus il est productif! Ces parcelles fertiles sont destinées à la production céréalière (blé, orge, maïs ; grains et pailles). Ces terres sont souvent valorisées : épierrage, construction de cordons en pierres sèches, terrasses, talus. Les ravines sont traitées par des seuils en pierres et branchage. Certaines vallées sont aménagées en gradins et plantées en olivier. L'eau du ruissellement est stockée dans les sédiments. Diverses citernes (matfia) sont construites pour recueillir les eaux de ruissellement des pistes (abreuvement des animaux). La proximité de ces terres aux cases et leurs fertilités conduisent les paysans à y investir en temps, argent (de l'émigration) et effort. Certains y introduisent d'autres arbres (citronniers, vignes grimpantes, cognassiers), cultures (armoise, maraichage) et l'apiculture. Ces terres sont en « agdal » permanent.

Les terres « agdals » sont des forêts domaniales d'arganier où la production fruitière est primordiale. Elles sont interdites au parcours durant la période de récolte des noix « agdal » (juin-août). Les zones fertiles et productives sont cultivées et pâturées. Les



Figure 1. Organisation de l'espace agroforestier de l'arganeraie d'Amsiten (Photo Sabir, 2012).

parcelles sont bien définies et clôturées. Les terres peu fertiles sont uniquement pâturées et les limites des parcelles n'y sont pas nécessairement matérialisées. Les terres proches des douars sont pâturées par les ovins et les bovins. Celles lointaines et en pente sont pâturées par les caprins. Ces derniers empruntent des circuits bien définis entre la montagne et la vallée. Ces peuplements fournissent aussi du bois de feu. Les arganiers ne reçoivent aucun soin. En outre, sous la pression de la démographie et la précarité, la récolte des noix a fortement changé. Au lieu de trois mois et ne récolter que les fruits murs, actuellement, elle se fait par gaulage en deux semaines pour ramasser tous les fruits. Les arbres proches des circuits pastoraux sont surpâturés et dégradés. Leurs architectures évoluent vers des formes très basses. La jmaâ n'existant plus, ces zones à usages communs sont les lieux de nombreuses mauvaises pratiques. Les formes des arbres sont le résultat combiné des pratiques des usagers et de la pression pastorales (figure 2).

Les terres « mouchaâ » sont des peuplements à usage collectif d'arganier et de thuya en mélange ou thuya pur où l'accès des animaux est libre toute l'année. Cet espace était géré autrefois par la jmaâ qui régulait l'accès des animaux et les prélèvements. Actuellement, l'accès y est totalement ouvert, même à de récents immigrés. Les mouchaâ sont actuellement sans aucune régulation paysanne des pratiques de parcours et de prélèvement de bois.

CONCLUSION

La structure traditionnelle de l'arganeraie de montagne et sa gestion paysanne, sous les effets de la dynamique sociétale des Haha, sont entrain d'évoluer vers plus

d'individualisme dans « l'appropriation des terres » et dans l'exercice des droits d'usage autrefois organisés dans le cadre de la jmaâ et par la jmaâ. Certes, il existe plusieurs bonnes pratiques de gestion des ressources qui constituent un patrimoine technologique et culturel. Cependant, des mauvaises pratiques paysannes, autrefois inexistantes, deviennent de plus en plus courantes (ébranchages des arbres pour le bétail, coupes de bois vif, extraction des PAM, abandons des terrasses agricoles).

Smimou, Imin Tlit et Ida Ou Azza. Mémoire de fin d'étude. ENFI. 124 p.

Lahlal A, 2008. Diagnostic des systèmes d'utilisation des terres et identification des unités socio-territoriales dans les zones forestières et péri-forestières du massif d'Amsiten (Cas de la commune rurale d'Imgrad). Mémoire de fin d'étude. ENFI. 209 p.

Lalouani F, 2009. Le rôles de femmes dans la gestion

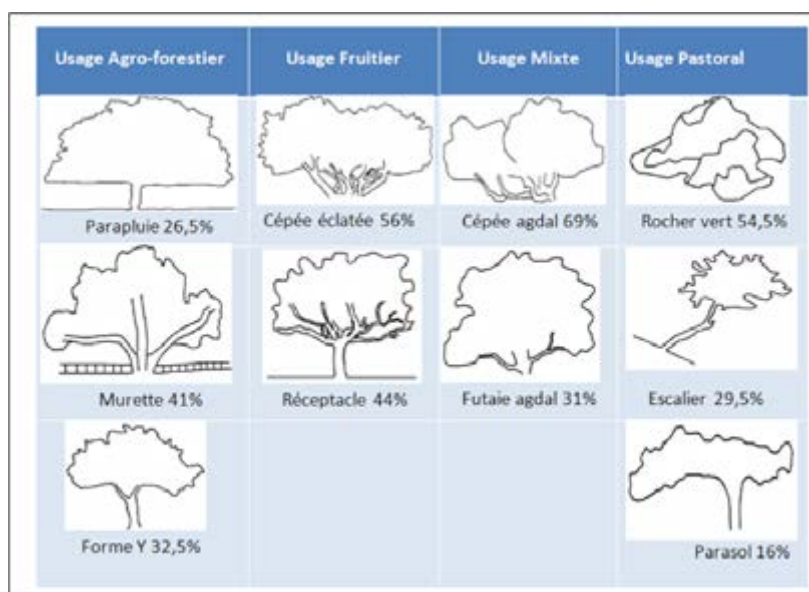


Figure 2. Conformations prises par les arbres d'arganier selon les types d'usages. Les % représentent leur apparition dans les sous-systèmes agroforestiers.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Atifi M. 2012. Conception et Réalisation d'un Système d'Information Géographique pour la Gestion des Ressources Naturelles dans la zone d'Amsiten (Province d'Essaouira). Mémoire de fin d'étude. ENFI. 79 p.
- Ba M. 2009. Etude des Impacts des usages et pratiques des populations sur les conformations de l'Arganier, zone d'Amsitten, Province d'Essaouira. Mémoire de fin d'étude. ENFI. 118 p.
- Ben Omar I. 2008. Diagnostic des systèmes d'utilisation des terres et identification des unités socio-territoriales dans les zones forestières et peri-forestières du massif d'Amsiten (Cas de trois communes rurales: Smimou, Imin Tlit et Ida ou azza). Mémoire de fin d'étude. ENFI. 121 p.
- Charif S, 2011. Etude de la filière huile d'argan dans la zone d'Amsitten, cas des communes rurales :

des ressources naturelles dans la zone d'Amsiten. Mémoire de Master en « Développement durable », FLSH, Kénitra. 75 p.

Mounir F, 2012. La dynamique du couvert végétal de l'arganeraie dans la zone d'Amsiten, Essaouira. Atelier de présentation des résultats du projet PIC « Aménagement concerté de la zone d'Amsiten ». ENFI, 4 novembre 2012. 12p.

Sabir M, Qarro M, et Ponette Q. 2012. Le milieu naturel, le milieu humain et la dynamique du changement dans l'arganeraie de montagne du Jbel Amsiten, Essaouira. Rapport de synthèse du projet PIC « Aménagement concerté de la zone d'Amsiten ». ENFI. 83p.

Tarmadi A, 2010. Contribution de la composante agroforestière arganeraie dans le revenu des ménages. Cas des 3 communes rurales du massif de l'Amsiten: Smimou, IminTlit et Ida ou Azza. Essaouira. Mémoire de fin d'étude. ENFI. 109 p.

Analyse et modélisation spatiale multicritère des facteurs de pression sur l'arganeraies pour identifier les zones à priorité d'action, Cas des communes autour du massif forestier d'Amsiten, province d'Essaouira

Mounir F., Affif Y., Sabir M., Qarro M.

Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Tabriquet, Salé 11000, BP 511.

RESUME

L'arganeraie subit une forte pression anthropozoogène, conséquence directe de multiples facteurs de changement (El Wahidi, 2013). Cette étude vise l'identification des principaux facteurs de pression, leur analyse et leur cartographie à l'échelle de l'unité socio-territoriale (UST). Une analyse de la documentation et un diagnostic participatif a permis de mettre en évidence les principaux facteurs de pression suivants : l'accroissement démographique, l'émigration, la pauvreté de la population, l'évolution du cheptel ainsi que l'érosion de l'institution (Jmaa). Ensuite la spatialisation de chaque facteur a été réalisée pour apprécier le degré de pression sur l'arganier au niveau de chaque UST. La méthode d'analyse multicritères AHP (Analytic Hierarchy Process) a permis de dégager les coefficients de pondération de chacun des facteurs de pression. Ces coefficients nous ont permis de combiner l'ensemble des facteurs pour l'obtention de la carte potentielle de pression. Celle-ci a donné lieu à 3 classes de pression : fort (A), moyen (B) et faible (C) qui diffèrent par le degré de pression exercé sur la forêt. Cette spatialisation, obtenue par modélisation cartographique, constitue donc un outil d'aide à la décision pour la priorisation des zones d'actions et la proposition de mesures visant la réduction de la pression sur l'arganeraies.

Mots clés : *Pression, Unité Socio-Territoriale, modélisation cartographique, Amsiten, AHP.*

ABSTRACT

The argan forest suffers from strong anthropozoogène pressure direct result of multiple factors of change. This study aims at identifying the main pressure factors, their analysis and mapping across the socio-territorial unit (STU). A literature review and participatory diagnosis helped to highlight the main factors of pressure following: population growth, migration, population poverty, trends in livestock and erosion of the institution (Jmaâ). Then the spatialization of each factor was conducted to assess the degree of pressure on the argan forest at each STU. The MCA AHP (Analytic Hierarchy Process) method was used to identify the weights of each factor of pressure. These weights have allowed us to combine all the factors to obtain the map of potential pressure. This has given rise to three pressure classes: strong (A), medium (B) and low (C) which differ in the degree of pressure exerted on the forest. This spatialization obtained by cartographic modeling constitutes a tool for decision support for prioritization of areas needing action and proposition of measures to reduce the pressure on the argan forest.

Keywords: *Pressure, Socio-Territorial Unit (STU), cartographic modeling, Amsiten, AHP.*

INTRODUCTION

Au Sud-Ouest marocain, l'arganeraie est l'un des écosystèmes pour lequel les cris d'alarmes se sont multipliés ces derniers temps. Cet écosystème occupe une superficie de 868034 ha (AEFCS, 1996) et constitue le pivot de l'économie rurale dans cette région

(Bencheckroun et Buttoud, 1989). D'un autre côté, cet écosystème constitue un véritable rempart contre l'extension du désert venant du Sud (Bencheckroun, 1989). Cependant, il est sujet à des pressions multiples qui contrarient sa pérennité à cause d'un déséquilibre entre l'offre et la demande croissante des populations rurales qui dépasse de loin ses potentialités surtout

avec la sécheresse que connaît la région (Bouzemouri, 2007). En effet, la pression sur les peuplements d'arganiers est due à de nombreux facteurs (le surpâturage, la déforestation, l'urbanisation intensive et anarchique, l'ensablement, l'épuisement des eaux souterraines, l'envahissement des cultures intensives dévoreuses d'espace, etc.). Cette pression est amplifiée aussi par le manque de respect des droits de jouissance reconnus aux usagers de la forêt par la législation spéciale de l'arganeraie (Brahim, 2009). Dans l'optique d'une gestion efficace, il est nécessaire de mettre à la disposition des décideurs des cartes contenant des informations pertinentes relatives aux facteurs de pressions sur les peuplements d'arganiers pouvant leur permettre de mieux gérer les ressources (Aronof, 1989). Dans ce sens la cartographie des facteurs de pressions sur les peuplements d'arganiers semble donc d'une importance capitale dans le but d'avoir une vision globale et claire sur les zones sensibles les plus touchées par la pression et qui nécessitent la priorité d'intervention. Les objectifs spécifiques assignés à ce travail consistent particulièrement à :

- Déterminer les facteurs de pressions sur les peuplements d'arganiers ;
- Voir parmi ces facteurs ceux qui sont spatialisables ;
- Elaborer les processus de spatialisation de ces facteurs;
- Elaborer la carte potentielle de pression sous l'effet des facteurs de pression identifié.

MATERIEL ET METHODES

1. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude fait partie des plateaux des Haha dans la province d'Essaouira au sud-ouest marocain. Elle fait partie de la Réserve de Biosphère de l'Arganeraie de l'UNESCO (PCDA, 2001). Elle s'étend sur environ 96 000 ha (34*33 km²) à cheval sur quatre communes rurales (Smimou, Imin T'lit, Idda Ouazza et Imgrad) autour du SIBE d'Amsiten. Les essences forestières majeures rencontrées dans la zone d'étude sont : Le thuya domine les massifs d'Amsiten, Aguirar et Adrar n'Ait M'hand (Benabid, 1976). Il se trouve pur ou en mélange avec l'arganier et le chêne vert respectivement comme limites basses et hautes de son aire de répartition. Le chêne vert en mélange avec le thuya sur le massif d'Amsiten à l'étage supérieur. Sur les plateaux et les vallées c'est le domaine de pure arganeraie. La zone connaît une faible croissance démographique (0,46 %), négative dans certaines communes (Imgrad et Imin T'lit) et

inférieure au taux de croissance national (2,6%) pour la dernière décennie (HCP, 1994 ; HCP, 2004). Dans le climagramme pluviométrique, la zone d'étude se situe en grande partie dans l'ambiance bioclimatique aride supérieure à variante tempérée. Le semi-aride chaud est limité aux zones proches de l'océan (station d'Essaouira).

2. Méthodologie d'approche

Dans le cadre de ce travail, on a adopté une méthodologie qui a pour objectif principal la réalisation des différentes cartes des facteurs de pression ainsi que la carte potentielle de pressions sur les peuplements d'arganiers. L'unité de gestion est L'unité socio-territoriale (UST) (Ben Omar, 2008) qui correspond à l'unité de base pour la gestion des ressources naturelles.

2.1. Collecte de données :

Cette étape a pour objet principal de collecter le maximum de données concernant la zone d'étude à travers l'élaboration du questionnaire, la collecte des réponses et l'analyse et le traitement. Une analyse bibliographique approfondie relative aux travaux qui ont eu lieu dans la région a été réalisée.

2.2. Cartographie des facteurs de pressions :

a) Accroissement démographique :

Pour cartographier L'évolution de la démographie on a calculé le taux d'accroissement annuel de la population entre 1994-2012 à partir de la formule suivante : $V_n = V_0 (1 - T)^n$ où V_n : valeur finale, V_0 : valeur initiale et n : le nombre d'années de la période, ainsi que la densité en rapportant le nombre de la population à la superficie de chaque UST.

b) L'Emigration :

Ce que nous avons fait pour l'accroissement démographique, on l'a fait pour l'émigration où on a calculé le taux d'émigration par UST.

c) L'érosion de la Jmaâ :

Cette partie concerne la détermination des UST où l'institution Jmaâ subsiste encore, si l'institution Jmaâ n'existe plus on détermine si elle est substituée par une association ou une coopérative. Pour cartographier ce facteur on a attribué un indice de 0 aux UST dont l'institution Jmaâ n'existe plus et un indice de 1 pour les UST dont l'institution Jmaâ a été substitué par des associations ou des coopératives.

d) L'évolution du cheptel :

Ce volet consiste à mettre l'accent sur l'effectif du

cheptel par espèce : caprins, ovins, bovins et camelins puis on dégager le bilan fourrager et les différentes charges animales. Pour avoir une idée sur l'état actuel des parcours, et savoir est-ce que le phénomène d'évolution du cheptel a servi à réduire ou non la problématique de la dégradation des parcours au niveau de la zone d'étude, on a fait une comparaison entre les coefficients de surpâturage S2008 et S2013 entre 2008 et 2013. Pour ce facteur, on a calculé le coefficient de surpâturage (S) pour deux dates différentes, dont la finalité de comparer la pression entre 2008 et 2013 dans chacune des UST formant la zone d'étude.

e) La pauvreté et la précarité :

Pour cartographier ce facteur nous avons pris le revenu de chaque UST comme indicateur. Le revenu moyen calculé pour chaque UST est composé de deux sources : i) Un revenu issu de l'agriculture ; ii) Un revenu issu de la forêt.

2.3. Application de la méthode AHP (Analytic Hierarchy Process)

L'AHP (Saat, 1980) est un outil puissant pouvant être utilisé dans le cas de problème complexe nécessitant une analyse multicritère basé sur le jugement humain (Xiong et al., 2007).

• Détermination des priorités

Afin de déterminer les poids de chaque critère on a adopté l'approche expert, le choix des experts n'a pas été au hasard, nous avons choisi 3 experts de domaine différents

• Combinaison binaires

On a comparé l'importance relative de tous les éléments appartenant à un même niveau de la hiérarchie pris deux par deux, par rapport à l'élément du niveau immédiatement supérieur.

• Synthèse des priorités

Une fois que les priorités locales pour tous les critères figurant dans la hiérarchie ont été déterminées, AHP calcule un score d'évaluation global attaché à chacune des alternatives (sous-critères) identifiées.

RESULTATS

1. Modélisation spatiale des facteurs de pression

A la suite de l'identification des principaux facteurs de pression, qui sont: i) l'accroissement démographique, ii) l'émigration, iii) l'érosion de la Jmaa, iv) l'évolution du cheptel et v) la pauvreté et la précarité, nous avons

procédé à leur spatialisation par une modélisation SIG (en se basant sur des indicateurs quantitatifs ou qualitatifs (Ludeke, Maggio and Reid, 1990). A titre d'exemple nous présentons ici le procédé adopté pour le facteur "accroissement démographique". Le taux d'accroissement annuel de la population par UST entre 1994 et 2012 a été calculé sur la base des recensements généraux de 1994 et 2004 (HCP, 1994 ; HCP, 2004) en plus de l'enquête du terrain de 2012. Le tableau 1 donne le résultat des calculs et la figure 1 donne la représentation spatiale de cet indicateur.

Cette démarche a été suivie pour tous les autres facteurs identifiés, mais pour un objectif de résumé nous avons présenté uniquement le facteur "accroissement démographique".

Tableau 1. Taux d'accroissement annuel entre 1994 et 2012.

Commune Rurale	Noms des UST	Taux d'accroissement annuel entre 1994 et 2012
IMGRAD	Tabrida	1.76
	Id Ouachma	1.63
	Ihoumach	1.46
	Id Letta	1.12
	Tifghlal	0.03
	Ait Taabit	-0.13
	Id ouagualz	-1.51
	Tizguad	-0.90
	Amarzag	-0.43
	Ait bahmou	1.13
	Ighalen	1.65
SMIMOU	Ida ou Tallit	1.73
	Tidourine	1.89
	Sidi bouskri	1.57
	Id addi	0.29
IDA OUAZZA	Id mabarekou hmad	0.05
	Tourghnaist	0.87
	Tadart	-0.26
IMINTLIT	Ait ahmad	0.09
	Ibourache	0.20
	El Mahisser	-0.79

2. Résultat de l'AHP

La synthèse des priorités nous a permis d'obtenir alors un vecteur ($\Sigma(1) \times (2)$) qui indique la contribution de chaque facteur avec ces alternatives sur la pression potentielle globale (Très faible, Faible, Moyenne et Forte) (Tableau 2). Le tableau 3 donne les modalités de

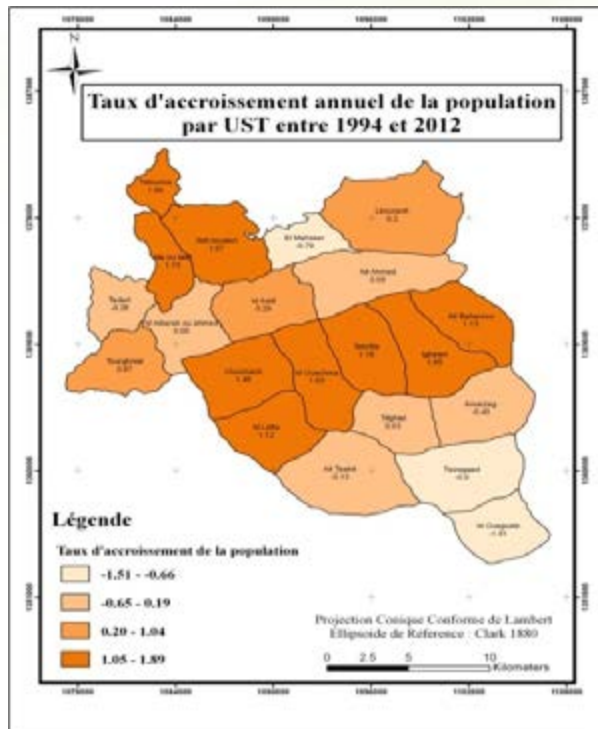


Figure 1. Spatialisation du taux d'accroissement annuel entre 1994 et 2012.

classification des valeurs des indicateurs pour chaque facteur et leurs pondération par le vecteur des poids ($\Sigma(1)^*(2)$) afin de montrer l'impact relatif de chacun d'eux dans la carte la pression potentielle globale.

L'analyse multicritère par la méthode AHP nous a donné des poids relatifs de chaque facteur de pression. La combinaison des poids relatif et des classes de chaque facteur nous a permis de déterminer les trois classes de pression potentielle globale et d'y référer

Critères	Population	Emigration	Erosion de la Jmaa	Evolution du cheptel	Pauvreté	
Vecteurs propres des critères (1)	0.11	0.09	0.32	0.17	0.31	$\Sigma(1)^*(2)$
Alternatives (2)	1	0.05	0.10	0.38	0.05	0.16
	2	0.17	0.21	0.16	0.28	0.22
	3	0.13	0.19	0.23	0.15	0.18
	4	0.65	0.51	0.23	0.52	0.43
Vecteurs propres normalisés de chaque alternative en regard au critère						1.00

Tableau 2. Matrice des poids.

chacune des UST de la zone d'étude. Ceci nous a donné la possibilité de produire la carte de la figure 2 qui détermine 3 classes d'UST qui diffèrent par leur degré

commune rurale	UST	Population		Emigration		Erosion de la Jmaa		Evolution du cheptel		Pauvreté		poids* classe
		valeur	classe	valeur	classe	valeur	classe	valeur	classe	valeur	classe	
IDIGRAD	Tabrida	1.76	4	-0.84	1	0	4	6.96	4	62.58	4	6.20
	Id Ouachma	1.63	4	-2.34	1	1	1	6.08	4	70.18	4	5.48
	Deumach	1.48	4	-3.59	1	1	1	6.25	4	52.74	3	4.30
	Id Latta	1.12	4	4.10	2	0	4	3.25	3	61.06	4	5.30
	Tidjhal	0.03	2	6.97	3	0	4	6.65	4	67.01	4	5.30
	Air Taahit	-0.13	2	8.10	3	1	1	-0.62	1	59.66	3	1.84
	Id ougual	-1.51	1	14.88	4	0	4	-1.75	1	51.24	3	3.46
	Targard	-0.90	1	12.34	4	1	1	-1.70	1	46.79	2	1.64
	Amaraq	-0.43	2	9.84	3	0	4	-0.63	1	62.51	4	3.74
	Al balmev	1.13	4	5.93	3	0	4	7.03	4	48.73	2	5.30
SMIMOU	Ighalen	1.65	4	-1.75	1	1	1	4.78	3	58.88	3	3.12
	Ida ou Taht	1.73	4	3.62	2	1	1	3.02	3	43.38	2	3.30
	Tideurbe	1.89	4	3.31	2	1	1	4.06	3	54.77	3	3.40
	Sidi beyah	1.57	4	2.41	2	1	1	4.53	3	59.61	3	3.40
Ida Ouara	Id add	0.29	3	0.32	1	1	1	7.60	4	56.77	3	3.12
	Id mabrek ou hand	0.05	2	3.29	2	1	1	3.59	3	44.38	2	1.02
	Tougrout	0.87	3	11.16	4	1	1	2.01	2	46.39	2	3.30
IMENTLIH	Tadert	-0.26	2	7.27	3	1	1	2.27	2	66.00	4	3.30
	Ait ahmad	0.09	2	4.46	2	1	1	3.45	3	50.36	1	1.74
	Deurache	0.10	2	7.20	3	1	1	0.92	2	58.11	2	2.02
	El Mahour	-0.79	1	12.88	4	0	4	-0.57	1	44.77	2	3.26

Tableau 3. Degré de pression (P).

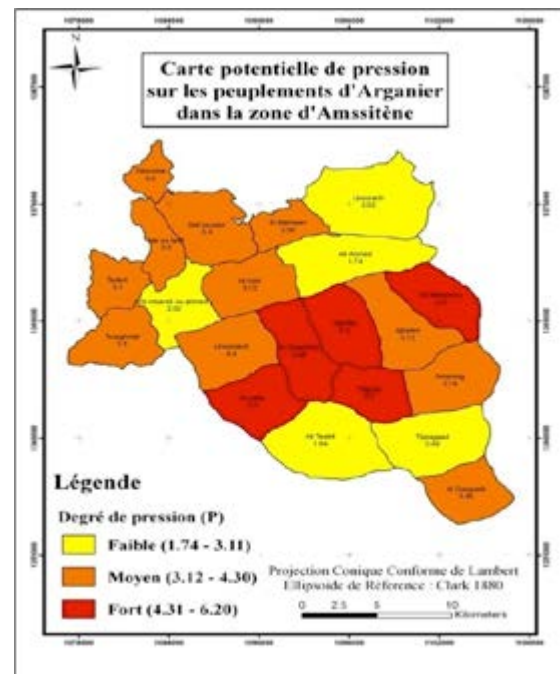


Figure 2. Carte potentielle de pression sur les peuplements d'Arganiers.

de pression exercé sur la forêt. D'après ces résultats, l'arganeraie marocaine est sujette à de nombreux facteurs de changements qui menace sa pérennité et auxquels il faut trouver des stratégies d'actions.

CONCLUSION

L'Arganeraie s'est toujours prêtée à une exploitation traditionnelle que les populations usagères continuent à pratiquer. En effet, elle constitue le principal recours pour la survie de ces populations. Cependant, cet écosystème très remarquable du Sud-Ouest marocain, est soumis à une forte pression contribuant à sa dégradation. La souplesse de la législation spéciale régissant cet espace naturel combiné à l'accroissement démographique, l'émigration et à la pauvreté des collectivités rurales vivant dans et de l'arganeraie, ainsi que l'évolution du cheptel, l'érosion de l'institution Jmaa sans oublier la sévérité des conditions naturelles, constituent des facteurs réels de cette pression. Face à ces défis, les gestionnaires se trouvent obligés de mettre l'accent sur les zones vulnérables les plus touchées par la pression et qui nécessite la priorité d'intervention, ainsi la modélisation cartographique est parmi les outils puissants qu'offre la technologie actuelle, et qui peut être utilisée comme outils d'aide à la prise de décision en matière de gestion des ressources naturelles (Bernard, et Essevaz. 1995). En se basant sur cette technologie, nous avons pu spatialiser les principaux facteurs de pression identifiés. Par la suite, au moyen de la méthode d'analyse multicritère AHP, nous avons déterminé l'importance relative de chaque facteur en calculant son poids et nous avons élaboré une fonction de combinaison de ces facteurs pour produire une carte de pression potentielle globale ventilée par UST. Cette carte présente trois classes de pression potentielle : (A) forte, (B) moyenne et (C) faible, elle peut être utilisée comme outil d'aide à la décision en matière de priorisation des UST pour des actions de réduction de la pression.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

- AEFCS, 1996. Synthèse de l'Inventaire Forestier National Marocain. Direction de Développement Forestier, Rabat.
- Aronof, 1989. « Geographic information Systems : a management perspective ». WDL publication, Ottawa, Canada.
- Benabid A., 1976. Etude écologique, phytosociologique et sylvo-pastorale de la tétraclinaie d'Amssiten. Thèse de doc. 3ème cycle, univ. D'Aix-Marseille III, Marseille, France, 155p.
- Benchekroun F. et Buttoud G., 1989. L'arganeraie dans l'économie rurale du Sud-Ouest marocain. Forêt méditerranéenne, pp 21-23.
- Benchekroun F., 1989. L'arganeraie en zones arides : système efficace pour la lutte contre la désertification. Actes du Symposium international sur la lutte contre la désertification. 19-21 Juin 1989.
- Ben Omar I., 2008. Diagnostic des systèmes d'utilisation des terres Et identification des unités socio-territoriales Dans les zones forestières et péri-forestières Du massif d'Amsitten (cas de trois communes rurales: Smimou, Imin tlit et Ida ou azza).
- Bernard J. L., et Essevaz Roulet M., 1995. « mise en œuvre d'un système d'information géographique dans une commune ». Voiron, Ed. de la lettre du cadre, 1995-III-145p.
- Bouzemouri B., 2007. Problématique de conservation et du développement de l'arganeraie. Colloque international, 27-28 Avril, rabat.
- Brahim El Fasskaoui, 2009. Fonctions, défis et enjeux de la gestion et du développement durables dans la Réserve de Biosphère de l'Arganeraie (Maroc). Bull. Soc. Hist. Toulouse, Tome 88, p. 193-239.
- El Wahidi F., 2013. Dynamiques des dégradations de l'arganeraie et modélisation spatiale de l'évolution forestière : scénarios d'aménagement pour une gouvernance locale. Thèse de doctorat, Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale, université catholique de Louvain, Belgique, 241 pp.
- HCP, 2004 et 1994. Recensement Général de la Population et de l'Habitat. Direction de la statistique, Haut Commissariat au Plan, Rabat.
- Ludeke, A.K., R. C. Maggio and Reid., L.M., 1990. An analysis of anthropogenic deforestation using logistic regression and GIS. Journal of Environmental Management, 31: 247-59.
- PCDA, 2001. Synthèse du plan cadre de la réserve de Biosphère de l'Arganeraie. Projet conservation et développement de l'Arganeraie. Version préliminaire, Agadir - Maroc.
- Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process, New York, USA.
- Xiong, Y. et al., 2007. Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality-a case study of Hunan Province. China. Ecol. Model, 209: 97-109.



Structure et fonctionnement de l'écosystème arganeraie

Communications affichées

Étude comparative de deux huiles d'argan, *Argania spinosa* L. provenant de deux périmètres : Merkala et Targant (Tindouf)

Aci L¹ ; Saidi F.²

¹ Doctorante en Écologie Forestière, Université Ziane Achour, Djelfa

² Professeur Université Saàd Dahlab, Blida. louizaaci@yahoo.fr

Laboratoire Ressources Naturelles, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algérie.

RESUME

Notre travail est une étude comparative de l'huile d'argan extraite à partir de graines d'*Argania spinosa* L. provenant de deux périmètres de la wilaya de Tindouf : Merkala et Targant. Dans ce but, nous avons mis en valeur ses différentes propriétés phytochimiques à intérêt thérapeutique par la mise en place de plusieurs analyses. Ainsi une étude sur la composition en acides gras par CPG a révélé une teneur en acides gras insaturé de 78.33% pour l'huile du périmètre de Merkala, et 78.88% pour celle de Targant. La teneur en acides gras saturés était quant à elle de l'ordre de 21% pour les deux échantillons.

Nous avons également déterminé la teneur en α -tocophérol des deux huiles par HPLC. Cette dernière a révélé des teneurs en α -tocophérol plus élevées dans l'huile en provenance de Targant que celle de Merkala. Les teneurs étaient de 18.95mg/100gr pour Targant et 14mg/100g pour Merkala, soit un pourcentage respectif de 3.79% et 2.80%. Une évaluation de l'activité anti-oxydante par la méthode du DPPH a été réalisée, et s'est avérée positive puisque, le pouvoir inhibiteur pour les deux échantillons d'huile des graines de Merkala et Targant était respectivement de 72.45% et 82.48%.

Ainsi, nous pouvons en déduire que l'huile d'argan du périmètre de Targant est plus riche en α -tocophérol mais aussi présente une meilleure activité anti-oxydante que celle de Merkala.

Mot clés : *Argania spinosa* L., Merkala, Targant, acides gras, α -tocophérol, activité antioxydante.

ABSTRACT

Our work is a comparative study between Argan Oil with drawn from seeds of *Argania spinosa* L. belonging to two regions of Tindouf: Merkala and Targant. Aiming to this, we have valorised its different phyto-chemical characteristics having therapy interests by placing different analyses.

Then, a study of fat acids composition by CPG has shown the existence of the rate 78.33% of non-saturated fat acids in Merkala region Oil and 78.88% in Targant one. The composition of saturated fat acids is about 21% for both samples.

We also determinate the content of α -tocopherol in the two oils by HPLC. This study shows that it is higher in oil belonging to Targant than in oil belonging to Markala: 18.95 mg/100g for Targant and 14mg/100g for Merkala or a respective percentage of 3.79% and 2.80%. An evaluation of Antioxidant activity has been realized by DPPH method, it appears that it was positive. The Inhibitor power for the two oil samples in Merkala and Targant is about 72.45% and 82.48%.

Therefore, we can deduce that Argan oil in Targant region is wealthy of α -tocopherol, but it presents also a best antioxidant activity than that belonging to Merkala.

Keywords: *Argania spinosa* L., Merkala, Targant, Fat acids, α -tocopherol, antioxidant activity.

INTRODUCTION

De par sa situation géographique et sa grande surface, l'Algérie est un pays doté d'une richesse végétale spontanée qui fait de lui un remarquable laboratoire naturel.

L'arganier (*Argania spinosa* L. ou *Argania sideroxylon*, Skeels, Roem et Schult) appartient à la famille essentiellement tropicale des Sapotaceae. C'est une espèce endémique Algéro-marocaine. En effet, l'arganier est le seul représentant du genre *Argania*. L'espèce la plus voisine est *Sideroxylon marmulano* Banks qui pousse sur l'île Madère et au Cap Vert.

C'est un arbre intéressant, non seulement par ses caractéristiques écologiques, puisqu'il pousse sur les

sols salés, mais aussi pour son potentiel économique et la valeur de ses produits. L'huile d'argan est recherchée par les industries pharmaceutique et alimentaire alors que son feuillage constitue un fourrage. Ces qualités ont fait de l'Arganier un arbre apprécié pour les reboisements à vocation agro-industrielle en zone aride et semi-aride. C'est ainsi qu'il a été introduit en Tunisie, en Israël, en Afrique du Sud, en Australie, en Floride et dans d'autres régions du globe (Nouaim et Chaussod, 1993).

En Algérie, cette espèce est méconnue encore et il y a beaucoup à faire. En effet, c'est dans une optique de valorisation des sous produits de cette espèce que le présent travail a été réalisé. C'est une étude comparative qui consiste à extraire de l'huile d'argan à partir de

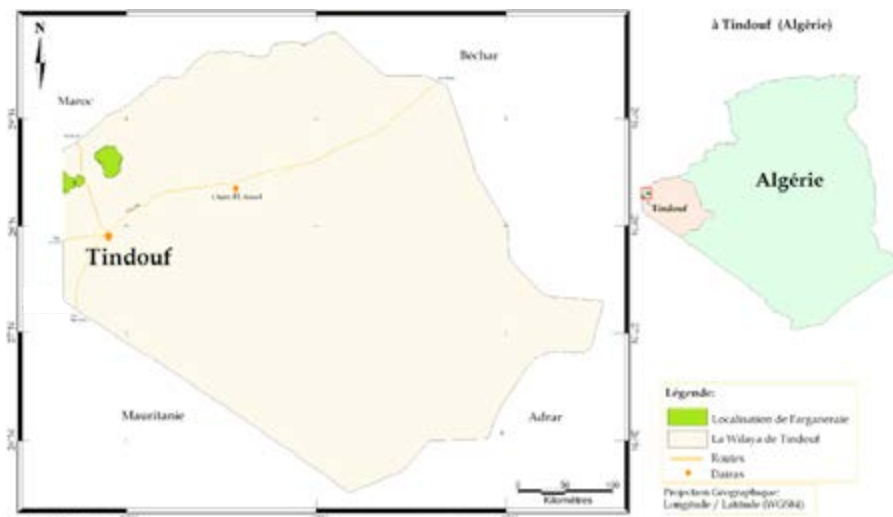


Figure O1 : aire de répartition d'*Argania spinosa* L. à Tindouf (Kechairi, 2009).

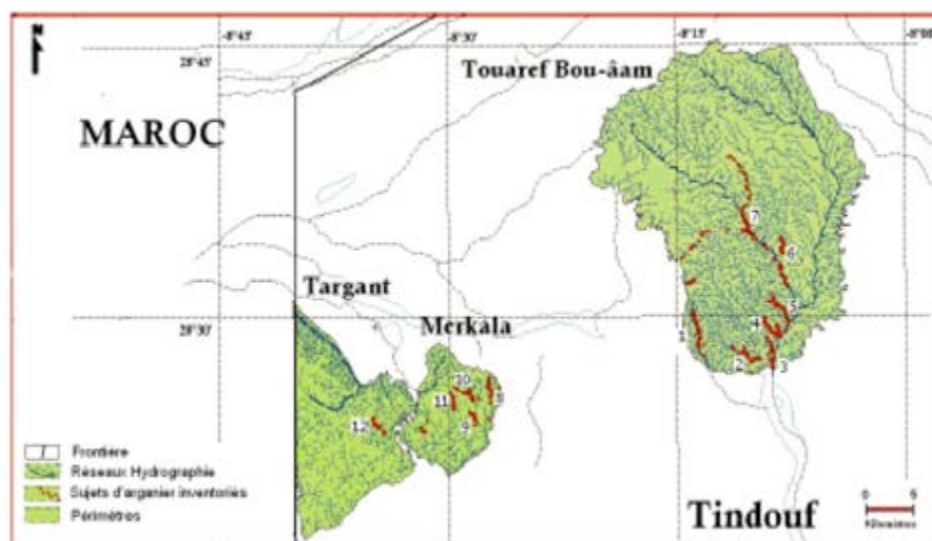


Figure O2 : répartition des stations d'arganier inventorié (Kechairi, 2009).

graines récoltées au niveau de deux régions « Merkala et Targant » dans la wilaya de Tindouf, et comparer la composition biochimique en acides gras, et l'activité antioxydante de l'huile.

MATERIEL ET METHODES

Matériel Végétal

L'étude a été effectuée sur des graines récoltées au mois de septembre 2010 dans la wilaya de Tindouf (fig. 01), au niveau des deux périmètres: Merkala et Targant (fig. 02).

METHODES D'ETUDE

Extraction de l'huile d'argan

Après concassage des graines, séparation, séchage et broyage des amandes, nous avons extrait l'huile d'argan à l'aide d'un soxhlet. Le solvant utilisé est le n-Hexane. En termes d'extraction d'huile, l'hexane est le solvant organique apolaire qui assure un meilleur rendement que l'éther de pétrole ou encore l'acétone.

Analyses des acides gras par chromatographie

L'analyse des acides gras a été réalisée par Chromatographie Phase Gazeuse.

Détermination de la composition des esters méthyliques d'acides gras (AFNOR ISO 5509) :

Le corps gras est estérifié en présence de méthanol. Les esters méthyliques d'acides gras sont séparés sur une colonne polaire et sont élevés en fonction de leur poids moléculaire. La surface correspondant à chacun d'eux est calculée et rapportée à la surface totale des différents acides gras pour obtenir un pourcentage.

Détermination de la teneur en α -tocophérols

La détermination de la teneur en vitamine E « α -tocophérol » a été réalisé par HPLC.

Principe de l'HPLC «Chromatographie Liquide à Haute Performance »

Il s'agit d'une chromatographie de partage qui est fondée sur la différence de solubilité des substances à séparer dans deux liquides parfaitement miscibles. Un des liquides est retenu sur un support inerte et constitue la phase fixe (stationnaire). L'autre liquide en déplacement, constitue la phase mobile « l'éluant » (Kamoun, 1993).

Détermination du pouvoir anti-oxydant

La méthode utilisée pour cette analyse est celle du DPPH. Ce dernier représente un radical libre, de couleur initiale bleu-violet, qui vire vers le jaune lorsque l'électron célibataire s'apparie avec l'antioxydant,

cette décoloration est représentative de la capacité des antioxydants à piéger ce radical libre indépendamment de toute activité enzymatique.(Molyneux, 2004).

Ainsi, cette technique permet de prouver le pouvoir antiradicalaire de nos huiles.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Analyse des acides gras par CPG

L'huile d'argan renferme essentiellement des triglycérides qui sont des esters de glycérol et d'acide gras (Mountasser et Elhaddek, 1999). Les profils



Figure 03 : profil chromatographique représentant la composition en acides gras de l'huile d'Argania spinosa L. du périmètre de Targant.

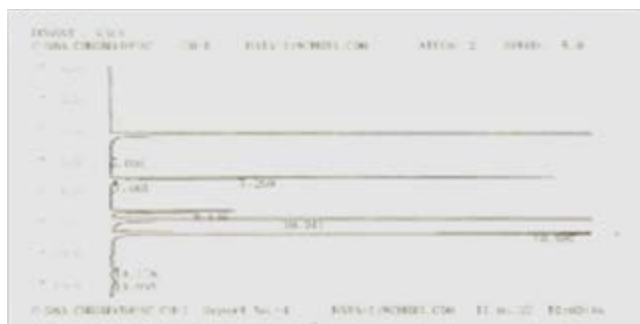


Figure 04 : profil Chromatographique représentant la composition en acide gras de l'huile d'Argania spinosa L. du périmètre de Merkala.

chromatographiques en Figures 03 et 04 représentent les résultats obtenus.

La composition des esters méthyliques des acides gras analysés par CPG est représentée dans le Tableau 01.

L'étude de la composition en acides gras de l'huile d'argan, des deux périmètres, montre que ceux-ci sont à plus de 70% de type oléique linoléique avec des taux respectifs pour Targant et Merkala de 78.33% et 78.88%.

Concernant les acides gras saturés, ils représentent un taux de 21,67% pour l'huile provenant du périmètre de

Echantillons	TARGANT	MERKALA
Acides gras	%	%
Acide Margarique C17:0	-----	-----
Acide Palmitique C16:0	14.65	14.10
Acide Palmitoléique C16:1	0.22	0.28
Acide Stéarique C18:0	5.13	6.25
Acide Oléique C18:1	49.59	47.82
Acide Linoléique C18:2	28.73	31.05
Acide Linolénique C18:3	1.63	0.48
Acide Arachidique C20:0	Trace	Trace

Tableau O1 : composition en acide gras de l'huile d'*Argania spinosa* L.

Targant, et 21,12% pour l'huile provenant du périmètre de Merkala. Cette analyse révèle la prédominance de l'acide palmitique et stéarique, ces résultats sont confirmés par les travaux de Charrouf et Guillaume (1999), Khallouki (2003) et Khallouki et al., (2003).

Sur le point physicochimique, on constate que l'huile d'argan des deux provenances est essentiellement constituée d'acides gras de chaîne moyenne C16 et C18 ce qui confère à l'huile une viscosité et une bonne fluidité (Flanzy, 1978). De plus, la présence de l'acide linoléique en teneurs largement supérieur à 2% dans nos huiles, nous permet de les classer parmi les huiles végétales d'assaisonnement non siccatives (Bruneton, 1987).

L'absence de l'acide érucique C22 :1 dans les deux échantillons d'huile fait de cette huile d'argan, une huile comestible non toxique. Par ailleurs, les variations observées dans la composition des acides gras de l'huile d'argan peuvent être attribuées à différents facteurs, notamment la provenance géographique des échantillons (Maurin et al., 1992). En effet, Maurin et al. (1989) ont noté que le taux d'acide palmitique augmente quand on passe de la plaine vers les hauts plateaux. Le taux d'acide oléique enregistre une augmentation avec la pluviométrie et celui d'acide linoléique s'accroît avec l'altitude.

Sur le plan diététique, on remarque que l'huile d'argan est composée essentiellement d'acides gras insaturés et donc ne présente aucun problème de digestion et d'assimilation par l'organisme humain (Rahmani, 2005). L'acide oléique, dont les propriétés encourageantes pour le traitement du cancer du sein ont été récemment suggérées (Menendez et al., 2005), représente près de 48% des acides gras analysés dans les échantillons d'huile testés.

2. Détermination de la teneur en α -Tocophérol pour les deux échantillons d'huile d'*Argania spinosa* L.

Les huiles végétales sont les principales sources en vitamine E. Cette dernière est la plus importante des antioxydants naturels car, en plus d'assurer une bonne conservation de l'huile en s'opposant aux phénomènes oxydatifs des acides gras, elle présente un avantage pharmacologique primordial en piégeant les radicaux libres oxygénés lors des phénomènes d'oxydoréduction (Radi, 2003 et Bruneton, 1999).

Les résultats de la détermination des teneurs en α -tocophérol par HPLC pour l'huile d'*Argania spinosa* L. des deux périmètres, Targant et Merkala sont regroupés dans le Tableau 02.

Tableau O2 : détermination des teneurs en α -tocophérol dans l'huile d'*Argania spinosa* L.

Huile d'Argan	Targant	Merkala
Teneur α -tocophérol (%)	3.79%	2.80%
Teneur α -tocophérol (mg/100g d'huile)	18.95mg/100g	14mg/100g

Références	α -tocophérol mg/kg d'huile d' <i>Argania spinosa</i> L. (mg/100g d'huile)
Khallouki et al., 2003	35
Radi, 2003	44
SNIMA, 2003 (NM 08. 5. 090)	14.4 à 38.4

La teneur en Vitamine E sous forme d' α -tocophérol dans l'huile d'*Argania spinosa* L. de Targant et Merkala, est de 3.79% et 2.80% respectivement, soit une concentration correspondant à 18.95mg/100g pour Targant et 14mg/100g pour Merkala. Ces résultats sont confirmés par la norme NM 08. 5. 090 qui a fixé un intervalle allant de 14.4 à 38.4mg/100g.

Selon Khallouki et al. (2003), et Radi, (2003), le dosage de la α -tocophérol a donné des résultats qui s'estiment respectivement à 35 et 44mg/100g d'huile. Ces résultats sont relativement plus élevés que ceux obtenus sur les échantillons de Targant et Merkala. Cela peut s'expliquer par l'effet néfaste du stockage sur la conservation de l'huile. Selon Belcadi et al, (1994), une diminution de 50% des teneurs en α -tocophérol est observée après 30 jours de conservation.

En comparant la teneur en α -tocophérol au niveau de l'huile d'argan étudiée avec d'autres huiles comestibles, on constate qu'elle est faiblement présente par rapport à l'huile d'olive, 190mg/100g d'huile, ou encore l'huile de tournesol 532mg/100g (Khallouki, 2003). La présence de γ tocophérol (gamma tocophérol) en quantité plus importante que l'alpha tocophérol dans l'huile d'argan peut expliquer cette faible teneur, puisque Charrouf et Guillaume (2007) ont démontré que l'huile d'argan

le pourcentage de réduction du DPPH (pouvoir inhibiteur). Ce pouvoir a atteint sa valeur maximale (72.45% pour Merkala et 82.48% pour Targant) à la concentration 1.66mg/ml. La valeur de l'EC50 correspondant est de l'ordre de 0.443 et 0.377 respectivement.

Des études effectuées par Khaldi (2007) montrent que le pouvoir réducteur du DPPH a atteint les 67.58%, et un

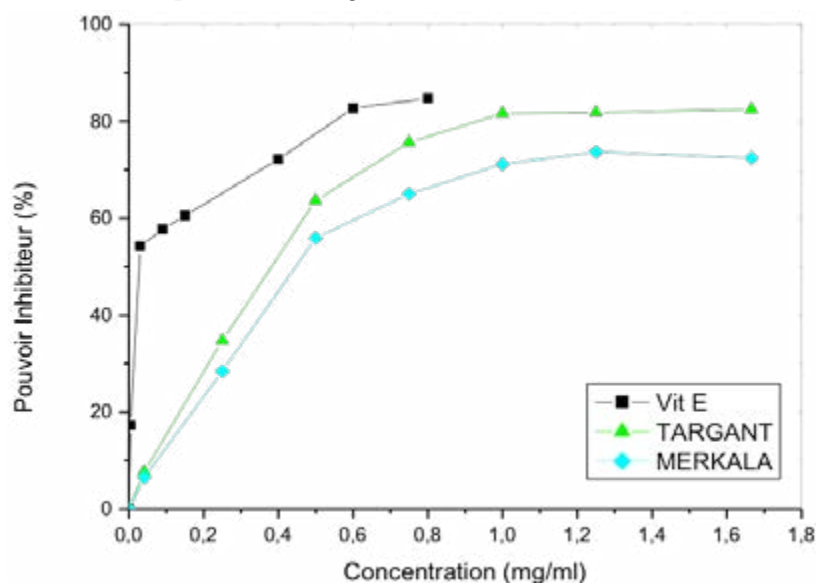


Figure 05 : pouvoir inhibiteur des huiles d'*Argania spinosa* L. des périmètres de Targant et Merkala et celui de la Vitamine E.

contenait des taux élevés de γ -tocophérol, le tocophérol le plus protecteur contre les radicaux libres.

Avec les polyphénols rencontrés dans l'huile d'argan à l'état de traces, les tocophérols participent sans aucun doute à la conservation de l'huile d'argan et de ses propriétés antioxydantes.

3. Pouvoir antioxydant de l'huile d'*Argania spinosa* L.

Les résultats de l'analyse montrent que l'addition de l'huile d'*Argania spinosa* L. à une solution de DPPH induit une diminution de son absorbance initiale suite à un virage de coloration.

A partir de la variation du pouvoir inhibiteur, et du pourcentage de réduction du DPPH en fonction de la concentration de l'huile (Fig. 05), nous pouvons déterminer graphiquement l'EC50 qui est défini comme la concentration de l'antioxydant nécessaire pour réduire ou inhiber 50% du DPPH.

Nous constatons que l'augmentation de la concentration de nos deux huiles varie proportionnellement avec

l'EC50 de 0.907mg/ml. Une analyse sur les polyphénols du tourteau a été réalisée par le même auteur, et a ainsi obtenu un pouvoir inhibiteur de 97.59% et un EC50 égale à 1.52mg/ml. Ces résultats sont intéressants du fait que les polyphénols du tourteau ont un pouvoir antioxydant beaucoup plus important que celui de l'huile d'argan.

La vitamine E a atteint un taux de 84% à la concentration 0.8mg/ml, soit à 50% de la concentration de nos huiles. Nous pouvons en déduire que la vitamine E est beaucoup plus antioxydante que nos échantillons, puisqu'elle présente un EC50 égale à 0.0028.

Nous avons également comparé le pouvoir inhibiteur (Fig. 06) et l'EC50 de nos échantillons (Fig. 07) provenant de Merkala et Targant avec des antioxydants synthétiques (BHA et BHT) et naturels (Vitamine C).

Comme la courbe nous le montre, la vitamine E est l'antioxydant qui présente le meilleur pouvoir inhibiteur par rapport aux trois autres, c'est-à-dire, BHT, BHA, et Vit C. Egalement, nous remarquons que la Vitamine C

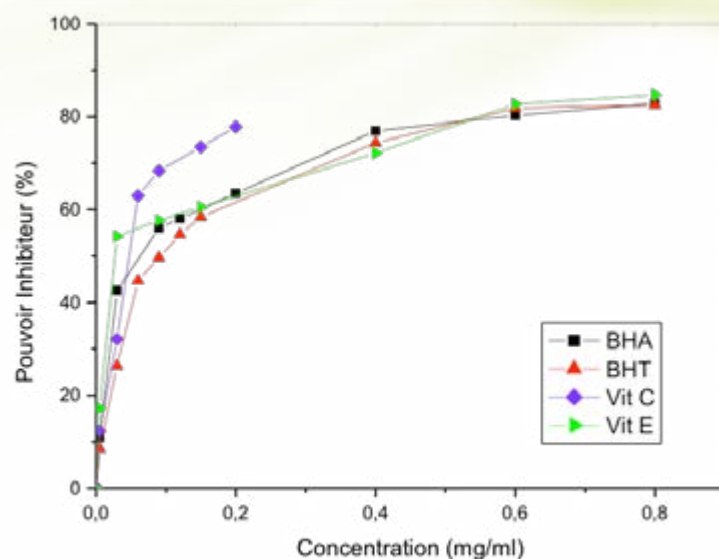


Figure 06 : pouvoir inhibiteur des antioxydants naturels et de synthèse.

a, elle aussi, un très bon pouvoir inhibiteur, puisque ce dernier, même légèrement, dépasse celui de la BHT et la BHA.

Afin de déterminer le composé le plus antioxydant, le Tableau 03 représente l'ensemble des Concentrations Efficaces pouvant capté 50% des radicaux libres (EC₅₀) des échantillons étudiés, à savoir l'huile d'*Argania spinosa* L. des deux périmètres Targant et Merkala, ainsi que le BHT, BHA, Vit E, et la Vit C.

En ce qui concerne l'évaluation du pouvoir antioxydant

de l'huile d'*Argania spinosa* L. du périmètre de Targant et Merkala, on constate que la diminution de l'absorbance ne peut être expliquée que par la présence de composés au niveau de l'huile ayant un pouvoir antioxydant. En effet, il s'agit de donneurs d'hydrogène notamment des polyphénols (présents en quantité moindre (Charrouf, 2002), et des tocophérols (déjà quantifiés dans l'huile).

Ces substances sont capables de réduire le DPPH de sa forme radicalaire, en une forme non radicalaire. Ce DPPH qui passe de la première forme à la seconde

Antioxydant	BHT	BHA	Vit C	Vit E	Merkala	Targant
EC ₅₀	0.092	0.064	0.046	0.028	0.443	0.377

Tableau03 : concentration Efficace inhibant 50% des radicaux libres.

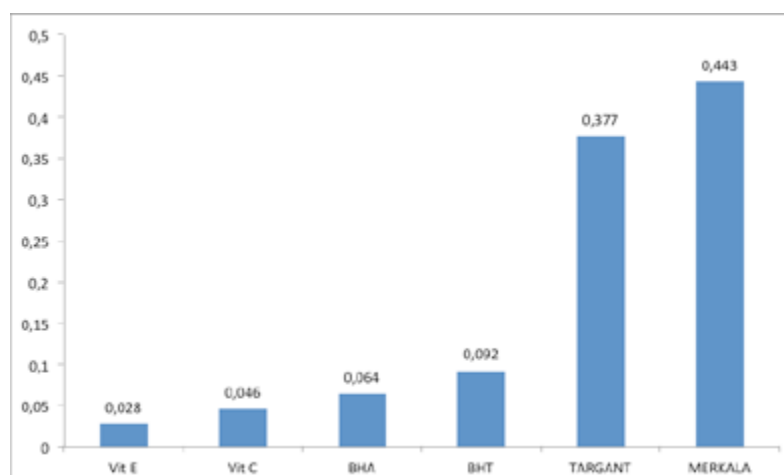


Figure07 : concentration Efficace 50 (EC₅₀).

induit un abaissement de l'absorbance (Lee et al., 2004).

Cette dernière, engendre l'augmentation du pouvoir inhibiteur (I%) et ainsi, la diminution de l'EC50. C'est-à-dire, que plus l'EC50 d'un composé est faible, plus ce dernier est antioxydant.

En effet, la figure 07 montre les différentes EC50 des composés étudiés (Huiles de Merkala et Targant, Vit E, Vit C, BHT et BHA). Par ces résultats, nous pouvons en déduire que parmi les huiles étudiées, celle du périmètre de Targant est beaucoup plus antioxydante que celle de Merkala (EC50 égale à 0.337 contre 0.433), mais leur pouvoir antioxydant est bien plus faible que celui des antioxydants naturels (Vit E et Vit C) mais également, des antioxydants de synthèse (BHT et BHA). Néanmoins, la présence d'un pouvoir antioxydant plus important dans l'huile de Targant par rapport à celle de Merkala, peut être expliquée par les teneurs en α -tocophérol étudiées précédemment, et qui étaient plus élevées dans l'échantillon de Targant (3.79%) contre 2.80% pour Merkala.

Selon Drissi et al, 2004, une étude sur les propriétés hypolipémiantes et antioxydantes de l'huile d'*Argania spinosa* L. a montré que la consommation habituelle de cette huile a fait diminuer significativement le taux plasmatique (humains) des LDL (Low-Density-Lipoprotein). D'après ces mêmes auteurs, cet abaissement est, non seulement dû à la composition en acide gras insaturés, mais également à la présence de composés en quantité infime appartenant à la fraction insaponifiable, à savoir les tocophérols, les stérols mais aussi les polyphénols, présents à l'état de trace, mais donc le pouvoir antioxydant est mentionné dans plusieurs études (Massela et al., 2001 ; Caruso et al., 1999).

L'étude in-vitro de l'effet des tocophérols sur le degré de peroxydation des LDL (formation de lipoperoxydes), qui est considérée comme l'étape clé du développement de l'athérosclérose, a révélé l'existence d'une corrélation positive entre l'augmentation des tocophérols et la diminution de la formation des lipoperoxydes (Drissi et al, 2004 ; Berrougui et al., 2005).

CONCLUSION

L'arganier et les produits qui en dérivent ne sont pas valorisés comme ils devraient l'être. Notre étude a été réalisée afin de contribuer à la valorisation nutritionnelle de son amande. Le présent travail a pour objectif une étude comparative de l'huile d'argan, extraite à partir de graines récoltées dans deux périmètres de la wilaya de Tindouf à savoir Targant et Merkala. Cette

comparaison s'est faite par rapport à la composition en acides gras de l'huile, sa teneur en α -tocophérol et enfin, son pouvoir antioxydant justifiant son utilisation en phytothérapie.

Les résultats obtenus révèlent et prouvent toute l'importance de cette huile tant sur le plan économique que diététique puisqu'elle présente des caractéristiques biochimiques essentielles à la santé humaine. Ainsi, et dans le cadre de la préservation des ressources phytogénétique, il serait indispensable d'évaluer la diversité génétique de cette espèce pour mieux la connaître d'une part, et d'autre part, pour une meilleure utilisation et préservation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Afnor, 1984. Méthode d'analyse des corps gras, graines oléagineuses, produits dérivés. Collection A.F.N.O.R. France. 455p
- Belcadi R, 1994. Etude des variations du système antioxydant cellulaire en fonction de l'âge et de l'apport alimentaire d'acides gras polyinsaturés, chez le rat. Influence particulière de l'ingestion de l'huile d'argan. Thèse 3ème cycle. Univ. Ibnou Zohr. Agadir ;
- Berrougui H, Cloutier M, Khalil A, 2005. Ageing and cardiovascular diseases, implication of HDL and Paraoxonase-1 in the reverse cholesterol transport. Leiden International Medical Student Congress April 7-9, 2005. Amsterdam, Netherlands.
- Bruneton J, 1999. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition. Tec & Toc. Paris. 1120p.
- Bruneton J, 1999. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème ed. Tec & Toc., Paris. 1120 p.
- Caruso D, Berra B, Giavarini F, Cortesi N, Fedeli E, Galli G, 1999. Effect of virgin olive oil phenolic compounds on in vitro oxidation of human low density lipoproteins. Nutr Metab Cardiovasc Dis, N° 3. Juin. Pp.102.
- Charrouf Z et Guillaume D, 1999. Ethnoeconomical, Ethnomedical and phytochemical study of *Argania spinosa* L. Journal of ethnopharmacologie. Pp.9, 55
- Charrouf Z et Guillaume D, 2007. L'huile d'argan une production devenue adulte. Les technologies de laboratoire N° 06, septembre-octobre. Pp. 4-7.
- Charrouf Z, 2002. L'huile d'argan, une prodigieuse vitalité née au bord du désert. Esperance medicale. T9.N°87.P2.

- Drissi A, Girona J, Cherki M, Godas G, Derouiche A, El Messal M, Saile R, Kettani A, Sola R, Masana L, Adlouni A, 2004. Evidence of hypolipidemic and antioxidant properties of argan oil derived from the argan tree (*Argania spinosa*). Clinical Nutrition, 23, 1159-1166.
- Flanzy J, 1978. Colloque image de la chimie p 73-77. Élément de phytochimie et de pharmacognosie. Ed TEC et DOC Lavoisier, Paris.
- Kamoun P, 1993. Atlas et poche des méthodes d'analyse. Flammarion médecine sciences. Association Française de Normalisation (AFNOR) 1978. NF T60-234 ;
- Kechairi R, 2009. Contribution à l'étude écologique de l'arganier *Argania spinosa* L. Skeel. dans la région de Tindouf (Algérie). mémoire de magister en écologie et environnement. USTHB. 75p.
- Khaldi D, 2007. Etude chimique et nutritive d'*Argania spinosa*, Mémoire de Magister, UABB Tlemcen.
- Khallouki F, 2003. Composition of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, sterols, and phenolic compound should confer valuable cancer chemopreventive effects. Eur J cancer prev. vol 12. N°1. P 65, 75.
- Khallouki F, Younos C, Soulimani R, Oster T, Charrouf Z, Spieglehader B, Btash H, Owen R W, 2003. Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, squalene, sterols, and tocopherols and phenolic antioxidants should confer valuable cancer chem.-preventive effects. Eur. Journal Cancer prev. 12:67-75
- Lee J H, Koo N S, Min D B, 2004. Reactive oxygen species, aging and antioxidant nutraceuticals. Comprehensive review in food Science and food Safety, 3, 20-33.
- Masella R, Giovannini C, Vari R, Di Benedetto R, Coni E et Volpe R, 2001. Effect of dietary virgin olive oil phenols on low density lipoprotein oxidation in hyperlipidemic patients. Lipids, 36: 1195-202.
- Maurin R, 1992. L'huile d'argan *Argania spinosa* L. sapotacées. Revue française des corps gras. N°5-6. Pp. 139, 145.
- Maurin R, Fellat-Zerrouk K, Kirs M, 1989. Huile d'argan, *Argania spinosa* L. au Maroc, Triglycéride. Actes de congrès. Euro-lipid. Angers ; 1 : 151-8.
- Menendez J A, Vellon L, Colomer R, Lupu R, 2005. Oleic acid, the main monounsaturated fatty acid of olive oil, suppresses Her-2/neu (erb B-2) expression and synergistically enhances the growth inhibitory effects of trastuzumab (Herceptin TM) in breast cancer cells with Her-2/neu-oncogene amplification. Ann. Onc. 16. Pp. 359-371.
- Molyneux P, 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. Songklanakarin; Journal of Sciences and Technologies, 26 (2): 211-219.
- Mountasser A et El Hadek, 1999. Optimisation des facteurs influençant l'extraction de l'huile d'argan par presse. OCL. Vol. 06, n° 03. pp 273-279.
- Nouaim R et Chaussod R, 1993. L'arganier *Argania spinosa* L., le flamboyant bulletin de liaison des membres du réseau, arbres tropicaux N°21 septembre 1993.
- Radi N, 2003. L'arganier, arbre du sud-ouest Marocain, en péril, à protéger : Thèse pour l'obtention du Doctorat d'état en Pharmacie. Pp 59. Université de Nantes.
- Rahmani M, 2005. Composition chimique de l'huile vierge. Cahier Agriculture Vol 14, n°5, Septembre-Octobre 2005. p 461-465.

Comportement de l'arganier dans différentes conditions édapho-climatiques

Ramli H¹., Mokhtari M²., Benismail M.C.²

¹Ingénieur agronome, Aquabioconsulting Sarl, BP 3685 Poste Quartier Ilham Dcheira Al Jihadia Agadir,
 Email : ramlihafsa@yahoo.fr, Tél : +212666523743

²Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Complexe Horticole d'Agadir, BP 18/S Agadir, Morocco

RESUME

L'arganier cet arbre qui constitue la deuxième essence forestière marocaine et qui joue un rôle vital dans l'éco-système en protégeant l'environnement, notamment le sol contre les érosions, permet le développement et la maintenance du couvert végétale dans les conditions défavorables et augmente la fertilité biologique et physico-chimique du sol. En outre cet arbre est considéré comme une machine élévatrice d'eau en envoyant ses racines à grande profondeur, ajoutant à ça l'arganier est un arbre thermophile et xérophile mais comme tout autre végétal les limites de l'arganier sont fixées par le climat et le sol. D'où le but de cette présente étude : comportement de l'arganier dans trois régions à conditions édapho-climatiques distinctes (Ait Melloul, Ouled Tèima et Ouled Brhil). Les résultats obtenus montrent que la croissance d'arganier, son système foliaire sont influencés par le climat, en effet la croissance des pousses et la chute des feuilles augmente avec l'augmentation de température et on trouve pour la relation entre les températures et la croissance des pousses que le coefficient de détermination R^2 est respectivement : 0,95, 0,92 et 0,81 dans les régions, Ait Melloul, Ouled Tèima et Ouled Brhil. Alors que la relation linéaire entre l'humidité relative (en condition d'absence de chergui) et les paramètres de croissance et l'émission ou chutes des feuilles n'est pas directe ni significative, en effet pour la croissance des pousses R^2 (Ait Melloul)=0,56, R^2 (Ouled Brhil)=0,32 et R^2 (Ouled Tèima)=0,77. Cependant, l'Humidité du sol affecte significativement l'intensité de croissance et on peut voir ça dans le coefficient de détermination R^2 qui égale au 0,94 dans la région d'Ouled Tèima, 0,88 dans la région d'Ouled Brhil et 0,91 dans la région d'Ait Melloul.

Mot clés : arganier, température, humidité relative, humidité du sol, comportement.

ABSTRACT

The argan tree, which is the second most common Moroccan tree and how plays a vital role in the ecosystem by protecting the environment, including soil against erosion, allows the development and maintenance of plant cover in adverse conditions fertility and increases biological and physico-chemical soil. Also this tree is considered a water-lifting machine by sending its roots deep, adding that the argan tree is a thermophilic and xerophilic but like any other plant the limits of the argan tree are determined by the climate and the ground. That the aim of the present study: the behaviour of the argan tree in three areas which are different with regards to soil and climate. The results obtained show that the growth of argan, its foliar system is influenced by the climate. Shoot growth increases with the temperature and we find for the relation between the temperatures and the growth of the shoots that the coefficient of determination R^2 is respectively: 0,95, 0,92 and 0,81 in regions, Ait Melloul, Ouled Tèima and Ouled Brhil.. Leaf defoliation increase with temperature increase. Whereas linear relationship between the relative humidity (in absence of chergui wind) and growth and leaf sprouting and falls is not direct nor significant indeed for the growth of shoots R^2 (Ait melloul) = 0, 56, R^2 (Ouled Brhil) = 0, 32 and R^2 (Ouled Tèima) = 0, 77. However soil moisture significantly affects shoot growth and we can see that in the coefficient of determination R^2 which equal to 0,94 in the region of Ouled Tèima, 0,88 in the region of Ouled Brhil and 0,91 in the region of Ait Melloul.

Key words: Argan, temperature, relative humidity, soil moisture behavior.

INTRODUCTION

L'arganier, *Argania spinosa* (L.) Skeels est un arbre qui appartient à la famille des Sapotacées. Il daterait de l'ère tertiaire, il serait répandu sur une grande partie du Maroc mais les forêts d'arganiers s'étendent aujourd'hui dans les zones arides et semi-arides du Sud-ouest marocain. En couvrant une superficie de 870000 ha (Ayyad, 1989), l'arganeraie est classée par l'UNESCO « Réserve de Biosphère ». L'arganier représente à lui seul un symbole de la vie écologique et socio-économique du sud du Royaume (Leipzig, 1996). Il joue un rôle majeur dans la lutte contre la désertification des zones arides. Il assure également la subsistance de près de 3 millions de ruraux (Benzyane 2003). En effet c'est un arbre à usages multiples, tous ses produits sont exploités; son bois sous forme de charbon, ses feuilles, les écorces de ses fruits et le résidu des amandons (tourteau) servent de nourriture pour les animaux (Benzyane, 1995). Cet arbre est considéré comme une machine élévatrice d'eau en envoyant ses racines à grande profondeur, ajoutant à ça l'arganier est un arbre thermophile et xérophile Boudy (1950).

Mais cette richesse se heurte à de sérieux problèmes citant sa régression en termes de superficies et en densité et sa dégradation à cause de la sécheresse.

L'objectif de ce travail est d'étudier les comportements de l'arganier au niveau de trois régions à conditions édapho-climatiques distincts et contribuer à l'étude de la sécheresse sur la croissance et l'émission et chute des feuilles. Les régions d'étude fixées sont : Ait Melloul, Ouled Tèima et Ouled Brhil.

MATERIEL ET METHODES

Cette étude est constituée de quatre phases à savoir

Phase 1 : Collecte de données auprès des organismes provinciaux (services des Eaux et Forêts et ORMVA), ces informations concernent la localisation des sites, les données climatiques et les données pédologiques du sol.

Phase 2 : Pour un diagnostic rapide à partir des entretiens auprès des femmes récoltants les noix d'arganier et les préposés forestiers.

Phase 3 : Mesures sur les arbres d'arganier in situ dans trois régions différentes; Cette phase est composée par trois étapes :

Le choix des sites et de trois zones d'étude par site (réserve biologique du complexe horticole d'Agadir ; la zone de d'Ouled Tèima et la zone d'Ouled Brhil.

le marquage des individus (arbre) sur lesquels ont été réalisées les observations et les mesures de l'étude ;

les mesures sur les arbres et les analyses des échantillons du sol.

Phase 4 : Traitements et analyses des données par méthodes statistiques.

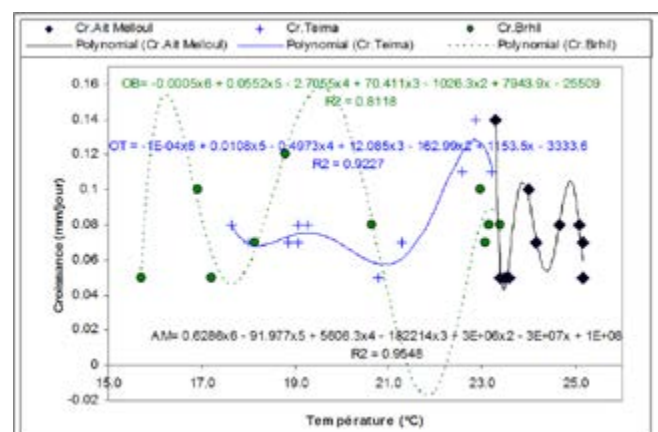
RÉSULTATS ET DISCUSSION

Paramètres de croissance

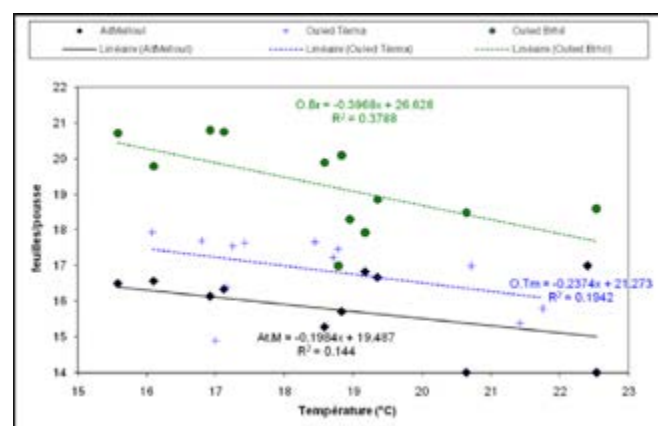
Les paramètres de croissances étudiées dans notre cas sont : la croissance des pousses, la vitesse de croissance des pousses et l'évolution du nombre de feuilles par pousse et la corrélation de ces paramètres avec la température, l'humidité et l'humidité du sol.

Effet de la température

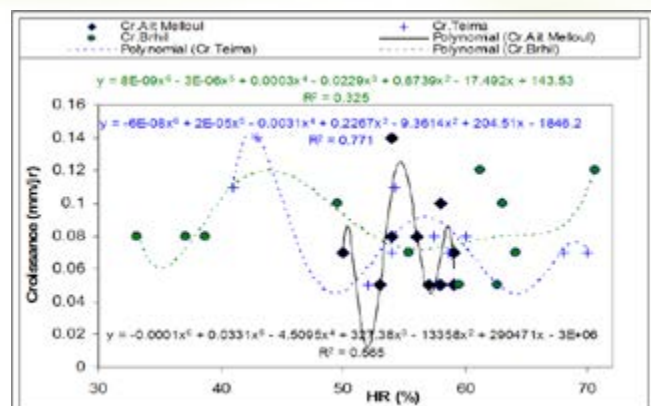
Relation polynomiale entre la croissance des pousses et les températures moyennes dans les trois régions.



Relation linéaire entre le nombre de feuilles émises ou chutées et les températures moyennes.

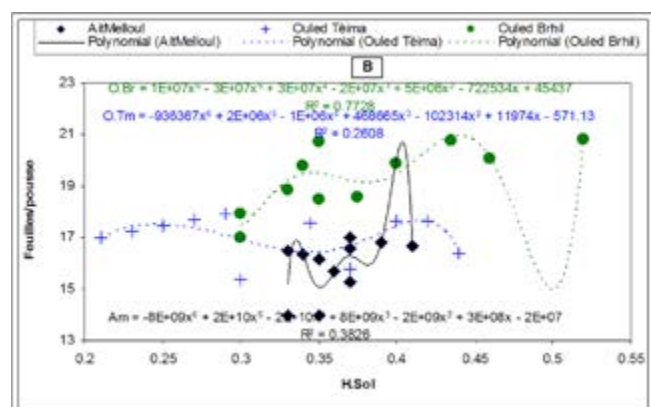
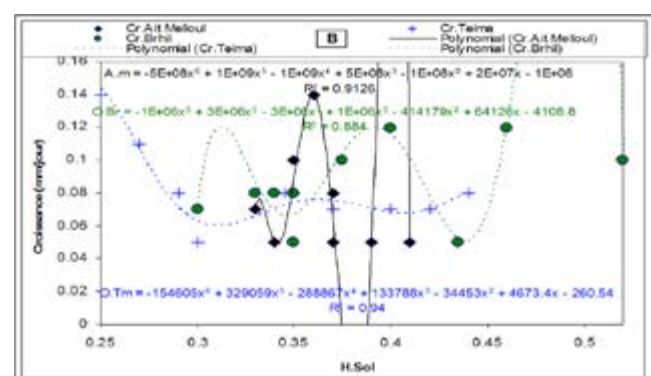


Effet de l'humidité relative



linéaire et polynomial entre l'humidité relative et la vitesse de croissance des pousses.

Effet de l'humidité du sol



L'humidité du sol et la vitesse de croissance des pousses.

Corrélation entre l'humidité du sol et le nombre de feuilles émises

DISCUSSION

Le climat est un facteur déterminant pour l'écologie de l'arganier. En effet sa répartition est recommandée

par les facteurs climatiques (Peltier 1982). Pour Emberger (1924, 1925, 1938, 1939, 1955) la répartition de l'arganier est conditionnée par l'élément eau qui est une résultante de l'interaction de deux facteurs : les précipitations et les températures

L'arganier supporte les températures élevées, mais lorsque ces températures durent longtemps, il réagit en perdant une grande partie de son feuillage

Dans notre étude les températures moyennes sont comprises entre 22 et 28 °C dans la région d'Ait Melloul, entre 13 et 25 °C dans la région d'Ouled Tèima et entre 13 et 22,5 dans la région d'Ouled Brhil. Les trois sites d'étude sont caractérisés par des températures maximales qui varient entre 29 et 35°C dans la région d'Ouled Tèima, entre 30 et 35°C dans la région d'Ait Melloul et entre 30 et 36°C dans la région d'Ouled Brhil du mois de février au mois de mai. Les températures minimales sont situées entre 9 et 15°C à Ouled Teima et Ouled Brhil et entre 10 et 18°C à Ait Melloul.

Dans notre étude la croissance des pousses augmente avec la température dans le cas des régions intérieures (O. Teima et O. Brhil) mais diminue dans le temps et avec l'élévation des températures dans le cas d'Ait Melloul.

La plus récente étude est celle de Ferradouss (1995) qui a étudié l'évolution de trois populations d'arganier dans trois localités différentes. L'auteur a déduit de cette étude que la chute des feuilles chez l'arganier représente une réaction au manque d'eau. Les sites d'étude sont caractérisés par des précipitations qui varient entre 0 et 34 mm à Ait Melloul, entre 0 et 32 à Ouled Tèima et entre 0 et 24 mm à Ouled Brhil durant la campagne 2006/2007. Et on a constaté qu'il y a relation entre la vitesse de croissance et la pluviométrie dans les trois sites d'étude. Lorsque le nombre de précipitations augmente la vitesse de croissance augmente aussi. Concernant l'humidité relative, l'arganier se classe parmi les condensateurs les plus énergiques (Debrach, 1948), ce qui interviendrait pour une part non négligeable dans son alimentation en eau. Ce phénomène est très important dans une région où les précipitations sont d'ordinaire très faibles.

Dans l'étude effectuée, la relation linéaire entre l'humidité relative (en condition d'absence de chergui) et les paramètres de croissance et l'émission

ou chutes des feuilles n'est pas directe ni significative. Cependant l'Humidité de sol affecte significativement le degré de croissance mais pas la variation du feuillage.

CONCLUSION

Tenant compte de nos objectifs à travers cette étude :

La caractérisation d'arganier dans trois zones différentes ; L'effet des conditions édapho-climatiques sur la croissance d'arganier

La croissance d'arganier et son système foliaire sont influencés par le climat, en effet la croissance des pousses augmente avec la température favorable dans le cas des régions intérieures (O. Teima et O. Brhil) mais diminue dans le temps et avec l'élévation des températures dans le cas d'Aït Melloul.

Alors que la relation linéaire entre l'humidité relative (en condition d'absence de chergui) et les paramètres de croissance et l'émission ou chutes des feuilles n'est pas directe ni significative. Cependant l'Humidité de sol affecte significativement le degré de croissance.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AYAD A. (1989). Présentation générale de l'arganeraie.
 In : formation forestière continue, Thème « l'arganier » Station de Recherche Forestière, Rabat.
- BENZYANE M (2003). L'arganeraie marocaine se meurt : problématique et bio-indication.
- BOUDY P. (1950). Economie forestière nord-africaine. Tome II. Monographie et traitement des essences forestières. Ed. Larose, Paris.
- EMBERGER L. (1924). A propos de la distribution géographique de l'arganier. Bull. Sté Sciences nat. Et phys. du Maroc.
- FERRADOUS A. (1995). Diversité génétique de quelques caractères morphologiques et de la graine d'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels). Thèse de 3ème cycle, Université Ibnou Zohr.. Agadir, 180 p.
- PELTIER J.P. (1982). La végétation du bassin versant de l'Oued Souss (Maroc). Thèse de doctorat d'Etat, Univ .Sci. Grenoble, 201 p.



Agroforesterie, Phytotechnie et biotechnologie

Communications Orales

Etude de la diversité génétique de l'arganier (*Argania Spinosa*) au sein des populations locales du Nord-oriental du Maroc : Approches morphologiques et pomologiques

En-Niari S, Mabrouk L & Kodad O*

Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès. Route Haj Keddour, BP S/40. Meknes

* *osama.kodad@yahoo.es*

RESUME

La présente étude vise l'évaluation de la diversité génétique au sein des populations de l'arganier du Nord-Ouest du Maroc pour sélectionner les meilleurs génotypes comme source de graine pour une possible extension de la forêt d'arganier. Un ensemble de 42 individus ont été sélectionnés et étudiés. Un total de 34 caractères morphologiques relatifs aux rameaux, aux feuilles, aux fruits et le taux d'huile a été retenu. Les résultats obtenus ont montré l'existence d'une large variabilité génétique des caractères retenus. Des analyses statistiques ressort que les caractères pomologiques du fruit contribuent le plus dans l'explication de cette variabilité. L'étude des caractères du fruit a montré que plus de 50% des génotypes présentent des potentialités de produire des noix et des amandons de gros calibre. Ainsi, certains se caractérisent par des valeurs élevées du nombre d'amandons /noix et des valeurs élevées en taux d'huile. Deux génotypes présentent un potentiel florifère très élevé et un taux en huile moyen de 54 et 57% MS, avec des fruits de petit calibre. Tenant en compte de ces caractéristiques, il est possible d'utiliser ces génotypes dans les programmes d'amélioration génétiques et de les considérer comme des sources de graine pour l'extension de la forêt d'argan au Nord-Ouest du Maroc, ainsi que l'augmentation du rendement en huile.

Mots clés : *Arganier, variabilité génétique, caractères pomologiques, % huile, amélioration, extension.*

ABSTRACT

The present research aims the evaluation of the genetic diversity within argan populations of North-East of Morocco to select the plus candidate genotypes as seed source for the recovery of the argan forest in that region. A total of 34 morphological traits of branches, leafs, fruit and oil content has been evaluated. The results showed a large genetic variability of all studied traits. The statistical analysis showed that the fruits traits were primarily responsible the observed variability. More that 50% of the genotypes showed high capacity to produce heavy and large nuts and kernels. Also, some genotypes were characterized by high number of kernal/nut and oil content (%DM). Two promising genotypes showed high flowers density and medium oil content of 54 et 57% DM. Taking into account these characteristics, it is possible to incorporate these genotypes into argan breeding programs as parent and also could be considered as seed sources for the extension of the argan forest in the northeast of Morocco, as well as increasing the oil yield.

Keywords : *Argan tree, genetic variability, fruit traits , oil content, breeding, extension.*

INTRODUCTION

L'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) est un arbre qui pousse depuis des millénaires dans le Sud-Ouest Marocain, avec une superficie estimée à 870.000 ha (Alaoui, 2009). Des colonies isolées de l'arganier se trouvent éparpillées au Nord-Ouest du Maroc, se représentent comme un matorral dégradé par

endroit et s'étendent sur une superficie d'environ 600 ha (Reda et al., 2003). Cette espèce est considérée comme une essence forestière à multiples usages et très appréciée pour son huile par les populations locales. Au Maroc, incluant la zone d'étude, la surexploitation et l'abattage abusif des arbres ont induit une déforestation évaluée à

600 ha perdus par an (Alaoui, 2009). Il s'agit d'une véritable menace écologique, puisque cette espèce joue un rôle déterminant dans la lutte contre l'érosion et la désertification, et ce, grâce notamment à son puissant système racinaire et son adaptation remarquable à la sécheresse. La replantation et l'extension des superficies plantées sont des objectifs prioritaires au Maroc pour limiter cette dégradation et conserver cette rare denrée alimentaire. Le choix des arbres comme source de graines (seed source) est l'un des facteurs déterminant dans l'établissement et la productivité des nouvelles plantations chez les essences forestières (Hermy, 2008). En effet, un taux élevé en lipide du fruit est souhaitable comme source de carbone et d'énergie pendant la germination et la croissance initiale du semis (Chenevard et al., 1994). De ce fait, l'utilisation des noix ayant des taux élevés en lipide pour la propagation de l'espèce par semis permettra non seulement d'augmenter le taux de germination des graines, mais aussi d'avoir des plants vigoureux pour réussir les nouvelles plantations.

Plusieurs études ont visé l'évaluation de la diversité génétique de l'arganier en se basant sur les caractères physicochimiques du fruit pour sélectionner les meilleurs génotypes et les incorporer dans un

florale, Ferrdaous et al., (1996) ont rapportés que ces caractères sont largement affectés par l'année climatique, la provenance et le génotype.

L'objectif de l'étude est d'évaluer la diversité génétique au sein des populations isolées de l'arganier au nord-ouest du Maroc et de sélectionner les meilleurs génotypes en vue d'une possible utilisation pour l'extension de l'espèce au niveau de ladite région.

MATERIEL ET METHODES

Pour la présente étude, un total de 42 génotypes a été sélectionné au sein des populations locales de l'arganier de Jbel Tikermin situé dans la station de Chouhiya (Nord-Est du Maroc). Pour l'évaluation pomologique 25 fruits mûrs ont été collectés aléatoirement par génotype. Le poids et les dimensions de la noix et de l'amandon ont été déterminés (Tableau 1). Le contenu en huile a été estimé par la méthode Soxhlet, en utilisant 2 répétitions par génotype. Parallèlement, 10 rameaux par génotype ont été collectés au moment de la floraison pour évaluer la densité florale et foliaire et les caractéristiques de la feuille. L'ensemble des observations a été réalisé durant deux années consécutives (2012-2013).

Tableau 1 : Analyses de variance, héritabilité et variances estimées des caractères à intérêt agro-économiques

Caractères	Carré moyen			Variance phénotypique	Variance génomique	Héritabilité (h^2)
	Génotype (G)	Année (A)	G×A			
Poids noix (PN)	0,04*	0,72*	0,02	0,21	0,12	0,58
Nbr Amandon/noix(NA)	0,77*	0,53*	0,49	0,08	0,01	0,15
Poids amandon(PA)	4,60**	0,02**	1,89	0,17	0,08	0,45
PA/PN	0,01**	0,11**	0,01	0,0008	0,0002	0,29
% huile (CO)	0,00**	0,01**	0,00	0,0005	0,0005	0,86
Densité florale (DF)	0,22*	2,17**	0,59	0,19	0,06	0,31
Densité spurs (Dsp)	0,20**	3,04**	0,11	0,02	0,01	0,35
Nbr fleur/spurs (Fsp)	0,17**	0,21**	0,18	0,23	0,05	0,23

programme d'amélioration de l'arganier (Ait Aabad et al., 2011, 2013 ; Bani-Aameur et Ferradous, 2001). Ces auteurs ont rapporté que la plupart des caractères physico-chimiques du fruit de l'arganier dépendent du génotype, avec des héritabilités élevées pour le taux d'huile, le poids de la noix et moyenne pour le poids de l'amandon. Ces paramètres génétiques indiquent la possibilité d'améliorer pour ces caractères, avec possibilité de les transmettre à la descendance (Falconer, 1989). Quant aux caractères relatifs aux supports de fructification et l'intensité

Pour les analyses statistiques, l'analyse de variance a été appliquée pour déterminer l'effet du génotype et de l'année climatique sur les caractères retenus en appliquant la procédure PROC GLM et l'estimation des variances phénotypiques (σ^2) et génomiques (σ_G^2) a été réalisée en appliquant la procédure PROC VARCOMP du programme SAS. L'héritabilité au sens large a été estimée suivant la formule suivante : $h^2 = \sigma_G^2 / \sigma^2$ (Johanson et al., 1955). L'analyse en Composantes Principales a été appliquée, comme un

outil pour la caractérisation du germoplasme (Iezzoni et Pratts, 1991), pour déterminer et interpréter les relations et les similitudes entre les génotypes étudiés.

RESULTATS ET DISCUSSION

Variabilité et héritabilité des caractères à intérêt agro-économique

Les caractères retenus pour ces analyses sont PN, PA, le rapport PA/PN, NA, CO, DF, Dsp et Fsp (Tableau 1). Les analyses de variance ont montré un effet significatif du génotype, de l'année et de l'interaction génotype $\times$ année pour l'ensemble de ces caractères (Tableau 1). Ces résultats coïncident avec ceux rapportés pour les caractères du fruit et le contenu en huile par Ait Aabad et al., (2011, 2013) et Bani-Aameur et Ferradous, (2001). Les valeurs obtenues en 2013 pour le PN (2.24 g), PA (0.32 g) et le CO (55.64%) étaient plus élevées que celles de 2012 pour PN (), PA (0.23 g) et le CO (53.21%). L'estimation de l'héritabilité au sens large a montré que le CO présente la valeur la plus élevée ($h^2=0,86$), suivie par le PN ($h^2=0,58$) et le PA ($h^2=0,45$). Ces valeurs

sont légèrement inférieures à celles de Ait Aabad et al., (2010, 2011). Ces résultats indiquent que la transmission de ces caractères est quantitative, avec un contrôle génétique important (Falconer, 1989). Le nombre d'amandon/noix varie considérablement avec l'année, avec une héritabilité très faible.

Le choix des génotypes avec des contenus en huile et des poids d'amandon élevés comme source de graine pour la propagation par semis probablement augmentera dans la descendance la proportion de génotypes avec des valeurs élevées de ces caractères. En plus, un taux élevé en lipide du fruit est souhaitable comme source de carbone et d'énergie pendant la germination et la croissance initiale du semis (Chenevard et al., 1994), permettant ainsi la réussite des nouvelles plantations issues de semis. Les génotypes G20 et G30 présentent des valeurs élevées et consistantes d'une à l'autre du PA et CO (Tableau 2). Par conséquent, il est possible de les considérer comme une source de graine pour la récupération de la forêt d'arganier de l'orientale, sachant que cette forêt en déséquilibre et elle est menacée de disparaître (Reda et al., 2003).

Tableau 2 : Valeurs moyennes des caractères étudiés pour chaque génotype

Génotypes	PN*	PA	PA/PN	NC	CO	SuF	DF	DS	FSPurs
G1	2,8	0,32	0,11	2	54,65	212,35	1,58	0,52	4,10
G2	2,43	0,28	0,12	2	49,98	268,49	1,65	0,69	3,22
G3	2,63	0,22	0,08	2	48,43	287,26	1,97	0,63	3,68
G4	1,91	0,19	0,10	1	53,39	286,48	1,20	0,82	1,92
G5	2,64	0,28	0,11	1,5	54,32	206,89	1,65	0,86	2,21
G6	1,62	0,24	0,15	1	53,87	248,96	1,37	0,86	2,32
G7	2,09	0,21	0,10	1,3	51,56	266	2,06	0,90	2,44
G8	3,05	0,16	0,05	2	48,65	150,66	3,08	0,93	5,17
G9	2,33	0,24	0,10	2	45,78	246,01	2,51	0,97	3,36
G10	1,9	0,18	0,09	2	53,32	241,04	2,03	0,98	3,36
G11	1,44	0,23	0,16	2	54,65	97,14	1,31	0,64	3,44
G14	1,97	0,24	0,12	2	54,92	210,63	2,90	0,89	6,03
G15	3,58	0,35	0,10	2	56,43	360,12	1,37	0,99	2,89
G16	2,14	0,28	0,13	2	50,54	276,61	2,08	0,69	3,79
G17	2,65	0,27	0,10	2,1	53,44	186,89	1,19	0,63	2,54
G18	2,87	0,26	0,09	2,1	51,32	200,91	1,03	0,80	1,92
G19	3,15	0,29	0,09	2,5	52,77	264,02	1,58	1,04	2,11
G20	3,55	0,31	0,09	1,8	54,32	210,86	1,57	0,94	1,91
G21	2,7	0,18	0,07	1	55,66	399,41	1,12	0,74	1,49
G22	2	0,26	0,13	2	49,21	207,8	1,40	1,01	1,55

G23	2,73	0,23	0,08	2,2	50,76	91,53	1,60	0,97	1,91
G24	2,6	0,2	0,08	2,2	56,34	201,44	2,67	0,85	3,89
G25	2,35	0,23	0,10	2,3	52,9	265,38	1,78	0,90	2,90
G26	3,73	0,36	0,10	2,1	54,32	369,76	1,77	0,88	2,02
G27	2,89	0,23	0,08	1,9	55,65	201,08	1,47	0,81	2,07
G28	1,65	0,3	0,18	2	54,9	187,46	1,22	0,61	2,92
G29	1,95	0,22	0,11	2,8	51,32	218,45	1,21	0,67	1,98
G30	3,23	0,31	0,10	2	57,34	359,23	1,27	0,70	2,26
G31	2,34	0,23	0,10	2	52,5	202,72	1,20	0,78	1,68
G33	1,79	0,21	0,12	2,1	54,24	140,54	1,57	0,79	2,21
G34	1,38	0,12	0,09	2	51,43	144,56	1,21	1,06	1,23
G35	1,91	0,2	0,10	2	50,65	282,21	1,75	0,92	8,20
G36	2,97	0,25	0,08	2	55,32	154,5	1,18	1,02	1,65
G37	2,39	0,26	0,11	2	52,8	295,7	1,47	0,86	1,91
G38	2,88	0,31	0,11	2,1	55,32	203,39	1,86	0,61	3,67
G39	2,35	0,22	0,09	2,1	48,21	259,06	1,65	0,84	2,35
G40	1,59	0,18	0,11	1,8	47,32	298,72	1,53	0,79	2,33
G41	1,83	0,23	0,13	1,7	52,81	167,63	1,35	0,85	2,10
G42	2,63	0,27	0,10	2,1	53,76	151,04	2,24	0,98	2,65

* Abréviations correspondantes tableau 3

Les héritabilités au sens large de la densité florale et de ces composantes sont faibles (Tableau 1), confirmant qu'elles dépendent essentiellement des conditions environnementales, notamment la pluviométrie (Bani-Aameur, 2002). En effet, les valeurs obtenues en 2013 pour le DF (2.01 fleurs/cm), Dsp (1.03 spurs/cm) et le Fsp (3.4 fleurs/spurs) étaient plus élevées que celles de 2012 (DF : 1.43 fleurs/cm), Dsp (0.67 spurs/cm) et le Fsp (2.34 fleurs/spurs). Ces différences sont probablement dues aux précipitations abondantes enregistrées en 2013. L'adoption de bonnes pratiques culturales (élimination du bois mort, renouvellement de la frondaison etc...) permettra la conservation et l'amélioration de potentialités productives de l'arbre, tenant compte que la grande partie des fleurs apparaissent sur les jeunes rameaux (Bani Aameur, 2002).

Analyses multidimensionnelles

Les résultats de l'Analyse en Composante Principale appliquée sur les caractères morphologiques et physico-chimiques du fruit ont montré que les trois premiers axes expliquent plus de 63 % de la variance totale (Tableau 3). Les variables qui contribuent de plus à l'explication de cette variabilité sont celles liées à la noix et l'amandon (PN, LN, EPN, PA et CO) en

plus du rapport R1, tandis que les variables liées aux potentialités de production (DFR, Dsp, NFR) et de la feuille qui contribuent faiblement à l'explication de la variabilité entre les géotypes étudiés (Tableau 3). Résultats similaires à ceux rapportés chez d'autres populations naturelles de l'amandier (Lansari et al (1994) et du Noyer (Lansari et al., 2001). La grande variabilité des caractères liés aux noix, amandon et contenu en huile et leur forte contribution dans l'explication de la variance observée au sein de cette population, est probablement due à l'héritabilité élevée de ces caractères. Une héritabilité élevée signifie que ces caractères sont plus déterminés par le géotype que par les conditions climatiques et de culture. Cependant, les caractères de la feuille et de la densité florale sont très influencés par les conditions climatiques et de culture.

Les 42 géotypes étudiés ont présentés une large répartition sur les trois axes principaux (Fig 1,a).

Tableau 3. Contribution des variables à l'explication des trois premiers axes et Pourcentage de la variance totale expliquée par les trois premiers axes

Variables	Proportion de la variance totale (%)	Axe 1	Axe 2	Axe 3
		31,63	19,53	12,68
Poids noix (PN) (g)		0,36	-0,09	0,22
Longueur noix (LN) (mm)		0,30	-0,29	-0,02
Largeur noix (LRN) (mm)		0,27	-0,04	0,31
Epaisseur noix (EPN) (mm)		0,29	-0,07	0,27
Nombre de carpelle(NC)		0,02	-0,29	0,07
Longueur feuille (mm) (LFe)		0,26	0,30	-0,19
Largeur feuille (mm) (LrFe)		0,16	0,18	0,06
Longueur pétiole (mm) (LP)		0,28	0,31	-0,09
Surface feuille (mm ²) (SUF)		-0,08	-0,08	0,19
LrFe/Lfe(R1)		0,26	0,26	-0,20
Poids amandon (g) (PA)		0,31	-0,19	0,11
Longueur amandon (LGA) (mm)		0,25	-0,31	-0,08
Largeur amandon (LRA) (mm)		0,17	0,15	0,25
Epaisseur amandon (EPA) (mm)		0,17	-0,20	0,03
LRA/LGA(R2)		-0,01	0,34	0,27
Longueur rameau (LGR) (cm)		0,07	0,05	0,16
Diamètre à la base (DBR)		-0,05	0,15	0,27
Nombre de fleur/ rameau (NFR)		-0,15	0,10	0,38
Densité florale (DFR)		-0,18	0,08	0,31
Densité spurs (Dsp)		-0,17	-0,03	0,33
Nbr fleurs/spurs (Nsp)		-0,12	-0,18	-0,13
% huile amandon (CO) (% MS)		0,29	0,09	-0,16

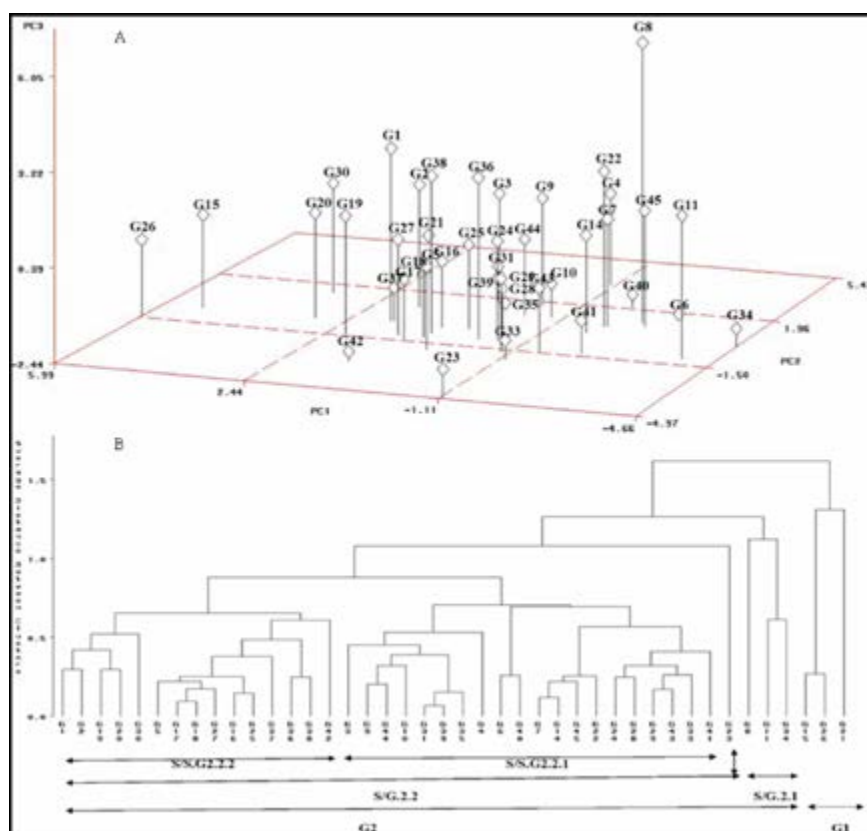


Figure 1. Résultats des analyses multidimensionnelles : (A) Répartition des génotypes étudiés sur les trois axes principaux ; (B) Dendrogramme des génotypes étudiés.

Cependant, certains génotypes présentent des ressemblances élevées pour les caractères expliquant l'axe 1 (Tableau 3), incluant ceux ayant une héritabilité élevée (CO et PN). Tenant en compte que la population étudiée est isolée du reste des populations de l'arganier marocaines et la propagation par semis des arbres, il est possible que ces génotypes puissent avoir au moins un ancêtre ou un parent en commun. L'analyse hiérarchique a été appliquée pour identifier les génotypes présentant des similitudes entre eux et de regrouper les génotypes dans des groupes homogènes. Le dendrogramme (Fig 1,b) établi à partir des coordonnées des génotypes sur les trois axes (Fig 1,a), à déceler, à une dissimilitude de 1, deux groupes distincts sur la base de la distance moyenne entre les individus.

Le premier groupe renferme trois génotypes (G15, G21 et G26) qui se caractérisent par des noix de gros calibre, des amandons avec un poids et un taux en huile élevé (Tableau 2). Cependant, ces génotypes présentent des valeurs faibles de la densité florale et de ces composantes. Le deuxième groupe renferme le reste des génotypes étudiés et se caractérisent par des valeurs moyennes à élevées des variables expliquant l'axe 1. Il est à noter que les génotypes G19, G20 et G30 présentent des valeurs assez élevées du poids de l'amandon et du taux en huile, avec des valeurs moyennes de la densité florale. Aussi, le génotype G8 présente des potentialités de productions assez élevées, cependant il produit des fruits de petit calibre avec un taux en huile faible. Ces résultats indiquent la présence des génotypes ayant des caractéristiques du fruit et des potentialités de production qui pourraient être sélectionnés comme des parents pour un programme d'amélioration génétique, comme de nouvelles variétés pour être propagé végétativement au niveau de la région d'étude par voie végétative et les sélectionnés comme source de graine pour la propagation de l'espèce par semis.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alaoui, K. 2009. L'arganier ou la richesse d'un patrimoine. *Phytothérapie*. 7: 150–156
- Reda-Tazi, M., Berrichi, A. et Haloui, B. 2003. Esquisse cartographique de l'arganier *Argania Spinosa* (L.) Skeels au Maroc nord-oriental. *Bull. Inst. Sci.* 25. 53-55
- Hermey, G.E. 2008. Forest management and silvicultural responses to projected impacts on European broadleaved trees and forest. *Inter. Forestry Review*. 10. 591-607
- Chenevard, D., Frossard, J.S. and Lacointe, A. 1994. Lipid utilisation and carbohydrate repartition during germination of English walnut (*Juglans regia*). *Anna. Forest Science*. 51. 373-379.
- Ait Aabd, N., El Ayadi, F., Msanda, F. and El Mousadik, A. 2010. Genetic variability of argan tree and preselection of the candidate plus trees. *Not Bot Horti Agrobo, Gluj*. 38(3). 293-301.
- Ait Aabd, N., El Ayadi, F., Msanda, F. and El Mousadik, A. 2011. Evaluation of agromorphological variability of Argan tree under different environmental conditions in Morocco: Implication for selection. *Intern J Biodiv Conserv* 3(3):73-82.
- Ait-Aabd, N., Msanda, F. and El Mousadik, A. 2013. Evaluation of variability in argan oil content through different environments and preselection of elite genotypes. *Euphytica*. 1995: 157-167.
- Bani Aameur, F. and Ferradous, A. 2001. Fruits and stone variability in three argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) populations. *Forest Genetics* 8(1):39-45.
- Falconer, D.S. 1989. Introduction to quantitative genetics, 2nd edition. Longman New York, USA. p. 438.
- Ferradous, A., Bani-Aameur, F. and Dupuis, P. 1996. Stationnel climate, phenology and fruiting of the argan tree. *Act. Inst. Agron. Vet. Hassan II*. 17(1):51-60.
- Johnson, H.W., Robinson, H.F. and Comstock, R.E. 1955. Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. *Agron J.*, 47: 314–318.
- Iezzoni, A.F. and Pritts. M.P. 1991. Applications of principal components analysis to horticultural research. *HortScience* 26:334–338.
- Bani-Aameur, F. 2002. *Argania spinosa* (L.) Skeels flowering phenology. *Genetic Resources Crop Evolution* 49:11-19.
- Lansari, A., Iezzoni, A.F. and Kester, D.E. 1994. Morphological variation within collections of Moroccan almond clones and Mediterranean and North American cultivars. *Euphytica* 78:27–41.
- Lansari, A., El Hassani, A., Nabil, D. and Germain, E. 2001. Preliminary results on walnut germplasm in Morocco. *Acta Hort*. 544:27-35.

La culture de l'arganier en Algérie : situation actuelle et perspectives d'avenir

Souidi Z.¹, Hamimed A.¹ et Kattar S.²

¹Enseignants chercheurs à l'université de Mascara, route de Mamounia, 29000 Mascara, B.P 763, Algérie,

Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Biologiques et Géomatiques- Email : souidi.z@gmail.com ; hamimed@dr.com

² Enseignant chercheur à l'université libanaise, Liban. Email : kattar.salim@gmail.com

RESUME

L'Arganier est une plante endémique des régions arides. L'arganier est une essence très importante tant de point de vue économique que écologique, elle s'adapte le mieux au climat désertique. En Algérie, son aire de répartition géographique couvre un territoire relativement important dans le Nord-Ouest de la Wilaya de Tindouf (sahara) où cette espèce constitue la deuxième essence forestière après l'Accacia. Cependant, à l'heure actuelle elle souffre d'un dépérissement de plus en plus accentué, elle est menacée d'extinction par les aléas naturels et les actes de prédation. En Algérie, la culture de l'arganier a connu un net recul, ces dernières années, en raison des conditions climatiques et de l'arrachage illicite. L'Arganeraie régresse en termes de superficie et surtout de densité, des mesures ont été prises par les autorités algériennes ces dernières années pour sa préservation, sa valorisation et son classement en aire protégée pour le maintien de la biodiversité. Plusieurs programmes ont été initiés par les services des forêts afin d'étendre les superficies de l'arganeraie dans son aire naturelle ainsi que des essais d'introduction ont été réalisés, notamment dans la région littorale de l'ouest algérien (Mostaganem). Ce travail a pour objectif de dresser un état des lieux de la situation actuelle de l'arganier et les perspectives d'avenir de cette espèce en Algérie.

Mots clés : *Arganier, Algérie, extension, préservation, perspectives.*

ABSTRACT

The Argan is an endemic tree of the arid regions. The argan tree is a very important species from the economic and ecologic point of view; it is a tree that adapts best to the desert climate. In Algeria, its geographical range covers a relatively large area in the Northwest of the Wilaya of Tindouf (Sahara) where this species is the second most common tree after Acacia. However, at present, it is suffering from an increasing dieback, it is endangered by natural hazards and destruction acts. In fact, the culture of the argan tree in Algeria has experienced a sharp decline in recent years, due to climatic conditions and illegal harvesting. The argan forest is deteriorating in terms of area and especially in terms of density. In the last few years, urgent measures were taken by the Algerian authorities for its preservation and its classification as protected areas to maintain biodiversity. Several programs have been initiated by the forest services in order to increase the argan trees density in its natural range, in addition to introduction trials in particular in the coastal region of western Algeria (Mostaganem). This work aims to develop an inventory of the current situation of the argan tree and the future perspectives of this species in Algeria.

Keywords : *Argan tree, genetic variability, fruit traits, oil content, breeding, extension.*

INTRODUCTION

L'Arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) est une plante xérophile (résiste à la chaleur), thermophile (résiste aux températures élevées) et halophile (résiste aux embruns marins) possédant une grande faculté d'adaptation aux conditions climatiques les plus

difficile (Baumer et Zeraïa, 1999). On le retrouve depuis le niveau de la mer, sur le littoral jusqu'à 1500 m d'altitude à l'intérieur du pays (Boudy, 1952 ; Quezel et Médail 2003). Il se contente de 120 mm d'eau par an et supporte les températures prolongées jusqu'à 50°C et résiste à des températures de 0°C. L'Arganier, arbre forestier, fourrager et fruitier,

ressemble par son port à l'olivier, il assure plusieurs fonctions économiques, sociales et écologiques (Debbou et Chouana, 2003 ; Khelifa et Merouane, 2008).

En Algérie, l'Arganier est observé dans le Sud-ouest de la wilaya de Tindouf, depuis le Djebel Ouarkiz, jusqu'à Hamada où il est endémique et il a été introduit dans le plateau de Mostaganem (littoral), et dans la wilaya de Mascara (Milagh, 2007).

Aujourd'hui la question reste posée : la culture de l'arganier a-t-elle un avenir en Algérie ?

L'objectif de ce travail est de dresser un état des lieux de la situation actuelle de l'arganier en Algérie. Un bilan des plantations a été réalisé pour pouvoir se positionner sur la volonté politique actuelle du gouvernement algérien pour une extension artificielle de l'aire de l'arganier comme perspective d'avenir compte tenu de ses enjeux.

MATERIEL ET METHODES

1. La zone d'étude

L'étude a été réalisée dans trois sites où nous retrouvons l'arganier soit à l'état naturel soit introduit, à savoir, Tindouf, Mostaganem et Mascara (Fig. 1). Les peuplements d'Arganier naturels sont situés dans le Sud-ouest de la wilaya de Tindouf, le long d'Oued Elmaa, formé par la rencontre de trois autres Oueds, Oued Dehbi, Oued Bouyadhel et Oued Mazma (Lakhdari et Kechairi, 2002). L'Arganier de

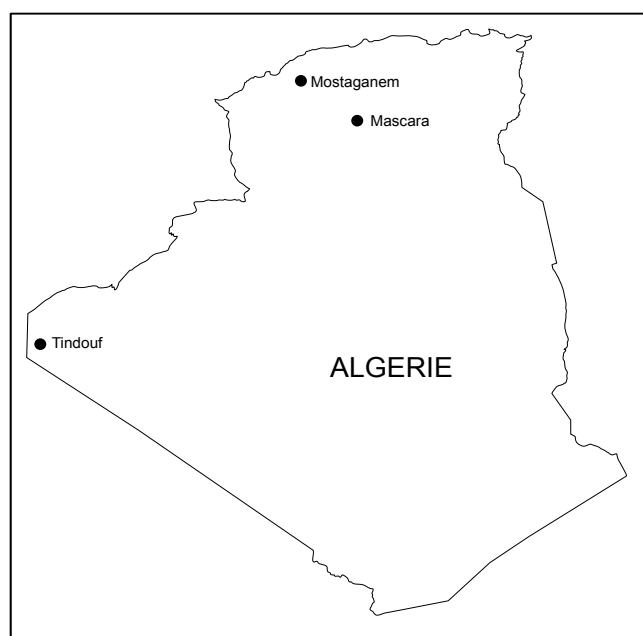


Figure 1. Emplacement des sites d'arganier étudiés en Algérie

Tindouf couvre une superficie avoisinante les 3000 hectares, il s'étend sur une altitude de 900 m. Les peuplements introduits se retrouvent en majorité dans la région littoral dans la wilaya de Mostaganem au nord ouest algérien et un sujet dans la wilaya de Mascara (Slimani, 1996).

2. Structure de la strate arbustive et estimation de la richesse spécifique

La procédure utilisée dans ce travail est tirée de Robles et Passera (1995). Des transects ont été utilisés en combinaison avec la méthode du plus proche voisin, ce qui permet un rapide calcul de la densité et de la couverture végétale (Wharton et Griffith, 1993). Après une appréciation qualitative visuelle de la végétation arbustive à l'intérieur des sites étudiés, 3 stations représentatives ont été sélectionnées. Deux transects de 50 m de long ont été définis par stations (Wharton et Griffith, 1993) le premier selon une direction nord sud et le second perpendiculairement au précédent. Deux variables morphologiques ont été mesurées: hauteur de la plante (h, m), et diamètre à hauteur d'homme (d, cm). Ce travail a été complété par les données d'archives (bilan, relevés, observations, inventaire de la faune) des conservations des forêts impliqués dans la gestion de l'arganier à Tindouf et Mostaganem. Un inventaire pied par pied a été effectué à l'intérieur de toutes les parcelles plantées pour l'année 2013, la hauteur de développement des arganiers a été mesurée pour chaque plant.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Structure et densité

Dans la région de Tindouf, la structure horizontale montre un recouvrement et une densité de la végétation très lâche sauf dans les stations qui présentent des conditions de milieu plus favorables, la végétation prend le mode contracté, par suite de la large diffusion ou de la concentration des eaux, comme par exemple les lits d'oueds, les dépressions où viennent s'accumuler les eaux de ruissellement. La structure verticale est dominée par une physionomie à caractère herbacé et/ou plus ou moins arbustif, due à l'abondance soit des graminées cespiteuses vivaces appartenant surtout aux genres (*Aristida*, *Panicum*), soit des plantes vivaces ligneuses à port dechamaephytes (*Gymnocarpos decander* et *Haloxylon scoparium*, ...).

Les actions anthropiques qui s'exercent partout à travers l'arganeraie de Tindouf (défrichement, coupe

de bois, surpâturage) modifient considérablement la structure des peuplements, la consistance et les conditions de croissance et de développement de l'espèce (Kechairi, 2009). L'Arganier est menacé de disparition, car les signaux d'alarme se multiplient ces derniers temps à propos de cet arbre : il subit diverses agressions. Les problèmes auxquels cet arbre est confronté sont multiples : l'arganeraie régresse en termes de superficie (6 000 ha en 1938 on passe à 3000 ha en 2013) et surtout de densité (tableau 1).

Station	Hauteur Moyenne (m)	Diamètre moyen (m)	Morphotype	Densité (plants/ha)
1	4,048	0,168	semi-sphérique	39,68
2	2,95	0,113	semi-sphérique	47,94
3	4,292	0,254	semi-sphérique	41

Figure 1. Emplacement des sites d'arganier étudiés en Algérie

Il est clair que les formations d'Arganier se dégradent d'année en année sous l'effet conjugué de l'accroissement de la population qui s'y installe et de celle des besoins en énergie (utilisation du bois d'Arganier pour produire du charbon). La densité est au-dessous du seuil admissible de 100 arbres/ha et très en dessous des peuplements du Maroc (300 à 200 arbres/ha) (Radi, 2003).

Cependant l'arganeraie de Tindouf totalise plus de 50 espèces et sous espèces vasculaires, ce qui explique la richesse botanique de ces milieux aujourd'hui dénudés. C'est aussi, un habitat exceptionnel pour bon nombre d'espèces d'oiseaux et de mammifères des zones arides. Sur le plan faunistique, la zone de l'arganier, catégorisée comme « hot spot » de la diversité biologique, essentiellement représentative des zones arides (Naggar et M'hirit, 2006). L'activité économique est cependant secondaire, la population de Tindouf se désintéresse complètement des produits de l'arganier, c'est seulement les nomades qui à titre individuel récolte les graines et obtiennent de l'huile pour leur besoin personnel (culinaire, médicinal et esthétique).

Dans la wilaya de Mascara commune de Oggaz on ne dénombre qu'un arbre d'arganier qui a été planté dans la pépinière en 1986. La région n'a pas fait l'objet d'autres plantations compte tenu de l'importance de l'oléiculture qui ne laisse guère la place à de nouvelle introduction.

Dans la wilaya de Mostagnem qui a fait l'objet de plantations expérimentales en 2003 par les services forestiers a constaté le développement bien venant

de 6 arbres d'arganier au lieu dit Stidia. Depuis, de nombreuse associations et fondations se mobilise pour étendre la plantation de l'arganier dans cette région qui pourrait faire l'objet d'une activité économique appréciable pour la population environnante.

2. Développement de la culture de l'arganier en Algérie

Compte tenu de l'importance de l'arganeraie en Algérie, le gouvernement a initié plusieurs programmes de plantation et de valorisation de l'arganier. La wilaya de Tindouf a bénéficié au titre du fond de développement du sud d'un montant de 30 millions de D.A pour développer la culture de l'arganier qui a connu un net recul ces dernières années, en raison des conditions climatiques, de l'arrachage et du pacage illicites. Ce programme (2007-2008) vise, dans sa première phase, la mise en terre de plants de cette espèce arboricole sur une superficie de 20 ha, eu égard à l'expérience menée avec succès, en 2005, au niveau de la pépinière de « Oued Djez » qui a permis la production de 3000 arbrisseaux d'arganier. Pour réussir ce programme, plusieurs opérations ont été enregistrées, à l'instar de la réalisation d'un forage hydraulique et de plusieurs bassins de retenue d'eau dans la région de « Oued El-Ma » qui compte une superficie arganière de 300 ha, avec une densité de 10 à 20 arbres/ha.

La wilaya de Mostaganem a aussi fait l'objet de nombreuses plantations dans le cadre de l'activité de plusieurs associations et fondation en faveur de l'arganier.

L'objectif est la réhabilitation de l'arganier à Tindouf et l'extension dans la région littorale. La présence de l'arganier à Tindouf et Mostaganem est encourageante est peu présager du développement d'une activité économique à long terme. L'utilisation de l'huile par la population locale a totalement disparue dans la région, mais dans le cadre de programme de développement rural, il est envisagé des projets de proximités, destinés à réhabiliter l'exploitation de cette richesse locale qui pourrait favoriser le développement d'une industrie spécialisée dans la région.

3. Quelles perspectives pour l'arganier ?

La problématique et l'enjeu sont donc actuellement, de deux ordres : d'une part la conservation et la protection des peuplements existants c'est à-dire envisager et engager des actions qui, non seulement permettent d'enrayer le processus de régression de l'arganeraie existante à Tindouf, d'autre part, le

Tableau 2. Bilan des plantations d'arganier en Algérie.

Région	Wilaya	Lieu	Nombre de plants	Pépinière	Année de plantation	Hauteur
Littoral	Mostaganem	Sidi Berrahal	62	A. Noussy	2001	3 m et fructification en 2008
	Mostaganem	Forêt Chegga	15	A. Noussy	2001	1,60 m
Sahara Sud	Tindouf	Oued El-Ma	3000	Oued Djez	2005	1,5 m
Littoral	Mostaganem	Stidia	500	A. Noussy	2007	1 m
Sahara Sud	Tindouf	Oued El Ma	200	Oued Djez	2008	90 cm
Littoral	Mostaganem	Stidia	200	A. Noussy	2012	40 cm
	Mostaganem	Forêt de dune	1400	A. Noussy et Zaouia	2012	40 cm
	Mostaganem	Cap 1	200	A. Noussy	2012	40 cm
Totaux	2 wilayas	5 lieux dits	5577	3 pépinières	-	-

développement du peuplement en vue de replanter une partie de ce qui a été perdu à Tindouf et une extension dans le littoral.

Ainsi la création d'une aire protégée englobant toute l'aire de répartition naturelle de l'arganeraie algérienne, est vivement souhaitée par les autorités algériennes en se basant sur les catégories définies par L'IUCN et figurant dans la législation algérienne (Loi 03.10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable) (Chenouf, 2005).

Il faut bien garder à l'esprit, que la création d'une aire protégée à Tindouf, englobant l'habitat naturel de l'Arganier n'a pas pour objectif une conservation statique de l'espèce seule, dont le succès serait plus ou moins hypothétique ; mais de l'arganeraie en tant qu'habitat, écosystème, système sylvo-pastoral, englobant une multitude d'éléments paysagers qu'ils soient inertes (les composants topographiques tels que : les ergs, les hamadas, les djebels, les oueds, etc.) ou vivants tels que la flore et la faune.

CONCLUSION

En conclusion, la lutte contre la disparition de l'arganeraie ne peut aboutir que si elle s'inscrit dans le cadre et le plan d'une stratégie globale de développement. La perspective de développer la culture de l'arganier dans la région du littoral s'avère possible, mais le développement d'une activité économique ne pourra se vérifier qu'à long terme. Il faut pour cela que les acteurs, les groupes sociaux, soient bien identifiés et prêts à montrer, par le dialogue et la négociation, leur capacité à coopérer.

C'est à ce prix que l'Arganier, déclaré patrimoine mondial de l'humanité depuis 1998, exercera pleinement son rôle écologique et économique en Algérie.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baumer M et Zeraïa L, 1999. La plus continentale des stations de l'Arganier en Afrique du nord. Revue forêt vol. 30.
- Boudy P, 1952. Guide forestier en Afrique du Nord. Edition maison rustique, France, pp. 526-878.
- Chenouf N 2005. La Diversité Biologique en Algérie. Etat et stratégie. Atelier national sur l'intégration de l'environnement dans les politiques sectorielles, ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement et du Tourisme.
- Debbou B et Chouana T 2003. Extraction et caractérisation biochimique de huile d'argan (*Argania spinosa* L. Skeels). Mémoire d'Ingénieur en technologie alimentaire. Institut national de recherche agronomique. 83p.
- Kechairi R 2009. Etude de l'Arganier de Tindouf. Mémoire de magistère. Université Mustapha Stambouli de Mascara, 144 p.
- Khelifa Z M et Merouane A 2008. Essai de prévision de la valeur nutritive de la pulpe et les feuilles d'Arganier. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie. Institut de Biologie. Université Hassiba Ben Bouali Chlef.
- Lakhdari A et Kechairi R 2002. Contribution à l'étude de l'Arganier (*Argania spinosa* .L. Skeels). Mémoire d'ingénieur d'état en Biologie. Institut de Biologie.

- Université Mustapha Stambouli de Mascara, 44 p.
- Milagh M 2007. L'arbre vert du désert menacé. El Watan : Jeudi 23 août 2007 p21.
- Naggar M et M'hirit O 2006. L'Arganeraie un parcours typique des zones aride et semi-aride. Sécheresse 17(1-2) : 314- 317
- Radi N 2003. L'Arganier, arbre du Sud-ouest marocain en péril à protéger. Thèse d'état en pharmacie. Faculté de pharmacie, université de Nantes.54p.
- Slimani H 1996. Contribution à l'étude de l'Arganier de deux provenances, Tindouf et Mostaganem. Mémoire d'ingénieur d'état en biologie. Institut de Biologie. Université de Mostaganem
- Quezel P et Médail F 2003. Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Ed. Elsevier, 571 p.
- Robles A B et Passera C 1995. Native forage shrub species in south-eastern Spain : forage species, forage phytomass, nutritive value and carrying capacity. Journal Arid Environment 30: 191-196.
- Wharton E H et Griffith D M 1993. Methods to estimate total forest biomass for extensive inventories : applications in the northeastern U.S. U.S.D.A. For. Serv. Res. Paper NE: 681.

Eléments de conduite des arganiers en culture intensive : La "taille" des arbres

Benismail M.C., Bouzit Z., Zabir K. et Bouchaouch S.

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II - Complexe Horticole d'Agadir

Email : mc.benismail@gmail.com

RESUME

Sous les conditions naturelles, les arganiers poussent librement sans contrôle; ainsi, leurs capacités de production n'arrivent pas à s'exprimer de manière optimale. Le passage de ce mode d'exploitation extensive et aléatoire vers une culture des arbres d'arganier en système intensif, assure l'amélioration de leurs productivités. Les présentes recherches concernent des aspects de la taille des arbres appliquée au cours du cycle de croissance et de développement des arganiers. Au stade juvénile, l'aptitude de ramification varie le long de l'axe. Elle est relativement importante au niveau apical mais les pousses obtenues sont moins vigoureuses que celles apparues au niveau médian ou basal. La taille de formation en "Gobelet" a permis de maintenir une couronne dont le développement est réduit par rapport à celui observé chez les arbres non taillés. Chez ces derniers, la vigueur excessive des rameaux entrave l'entrée en production rapide des arbres. A l'état adulte, l'équilibre entre la production fructifère et le développement végétatif des arbres pourrait s'instaurer grâce à une taille d'entretien annuelle. Le développement de nouvelles pousses fructifères peut être obtenu suite à une taille courte sur rameaux porteurs de bourgeons latents. Par contre, la suppression de bois au-dessus d'un rameau âgé, couronné ou non par une épine, ne suscite aucune réaction à l'intervention. Par ailleurs, le rajeunissement des arganiers vieillissants, suivi de l'entretien des souches, stimule l'entrée en production rapide des arbres. Les arbres taillés à ras du sol émettent un nombre de rejets (137 rejets par arbre) plus important que celui observé chez les arbres taillés sur tronc (93 rejets par arbre). Cette forte dynamique de croissance, à caractère rythmique, souligne la grande capacité de régénération chez l'arganier.

Mots-clé : *Arganier, productivité, conduite de l'arbre, culture intensive*

INTRODUCTION

L'amélioration de la production chez l'arganier est aujourd'hui un besoin nécessaire. Les faibles rendements et l'irrégularité de la production, observés dans la forêt d'arganiers sont liés, entre autres, à des perturbations physiologiques non contrôlées au niveau de l'arbre. Le passage de ce mode d'exploitation extensive et aléatoire vers la conception de vergers en culture intensive "Arganiculture" est inhérente à la mise au point de techniques arboricoles rationnelles et adaptées à l'arganier. A l'état actuel de notre connaissance, peu de travaux de recherches sont dédiés à la création variétale et aux modes de conduite des arbres. Parmi ces techniques, la maîtrise de la taille constitue le moyen incontournable à une meilleure gestion de la croissance et du développement des arbres et de leurs composantes de rendement. Le présent travail est une contribution à

l'élaboration des principes de base de cette opération "la taille" dont la pratique permettrait l'amélioration des potentialités de production de l'espèce "Arganier". Il sera question de présenter les principaux résultats sur la taille de formation, la taille de fructification et la taille de rajeunissement chez l'arganier.

MATERIEL, MÉTHODE ET RÉSULTAT

1. La taille de formation

La formation des jeunes plants a pour objectif d'orienter le développement de la ramification vers l'édification d'une forme structurée et équilibrée et par conséquent, une entrée en production rapide. La forme envisagée, dans le présent travail, est le "Gobelet" dont le principe repose sur la conduite de l'arbre avec un tronc bien dégagé et vertical portant 3 à 4 futures charpentières bien disposées dans l'espace.

Ce travail a été mené sur des plants de la deuxième année d'âge et plantés dans l'arganeraie de Tinzerte à Ouled Berrhil (130 Km, Nord-Est d'Agadir). Deux lignes de trente plants chacune sont repérées. Les plants de la première ligne ont subi le traitement de "Taille de formation" et ceux de la seconde ligne (témoin) sont gardés intacts (Figure 1). Les interventions (taille de formation en Gobelet) ont été exécutées le 14 Avril 2009 (1ère intervention) et le 20 Avril 2010 (2ème intervention).



Figure 1 : Jeune arbre d'arganier ayant subi la taille de formation (à gauche) comparé à son homologue témoin non taillé (à droite).

Les observations consistent en l'évaluation de l'évolution de la croissance individuelle de chaque plant (taillé et témoin). Les paramètres observés sont:

a- La hauteur du tronc (L),

b- La hauteur de la frondaison (h),

c- Le diamètre de la frondaison (d),

d- La ramification le long du tronc.

Les paramètres (h) et (d) ont permis de déterminer le volume de la frondaison assimilée à une partie de l'ellipse ($V = 0,524 \cdot h \cdot d^2$).

1.1. Hauteur du tronc :

La comparaison des arbres taillés par rapport à leurs homologues non taillés (Figure 2a) montre que chez ces derniers, les pousses se développent à partir de la base; par conséquent, la hauteur du tronc ne dépasse guère 2 cm du niveau du sol. Alors que chez les arbres taillés, le tronc est formé avec une hauteur de 15 à 16 cm. Cependant, nous constatons que cette hauteur tend à diminuer au fil des mois pour atteindre une valeur proche de 2 cm après une année de croissance; ce comportement est le résultat du développement de nouvelles pousses axillaires sur le tronc (4,7 pousses/tronc en moyenne). Lors de la seconde taille, effectuée en avril 2010, ces pousses néoformées sont supprimées et une taille légère est exécutée au niveau de la frondaison. Ainsi, le tronc est à nouveau formé. Donc, le maintien de la forme adoptée aux arbres nécessite des interventions répétées, au moins une fois par année jusqu'à l'obtention d'un tronc bien dégagé.

1.2. Développement de la frondaison des arbres :

Le développement de la frondaison est apprécié par son volume ; plus ce dernier est grand plus le développement de la couronne, en hauteur et en largeur, est important. Cette tendance reflète une croissance active et vigoureuse des rameaux. A cause de leurs vigueur, ces rameaux ne peuvent assurer une entrée en production rapide. Les tailles de formation effectuées en avril 2009 et 2010, ont permis de maintenir une couronne dont le développement est réduit par rapport à celui observé chez les arbres non taillés (Figure 2b).

2. Taille de fructification

2.1. Modalités d'exécution de la taille :

La taille de fructification (ou d'entretien) est effectuée annuellement (Figure 3) sur des arbres d'arganiers adultes plantés en 1995, en verger intensif, dans la ferme expérimentale de l'IAV Hassan II-Complexe Horticole d'Agadir. Les arbres sont issus de semis et formés en "Gobelet" ; leurs distances de plantation (4 m x 3 m) offre une densité de 833 arbres par hectare. La taille consiste en la suppression du bois mort, des branches mal placées et des rameaux en surplus. Des tailles courtes sont, également, effectuées sur des

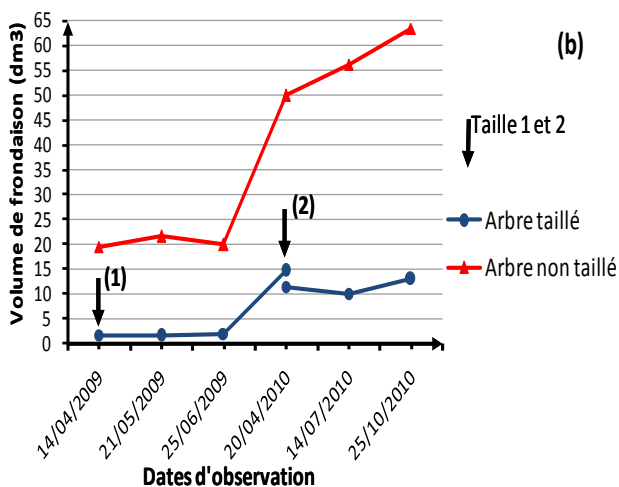
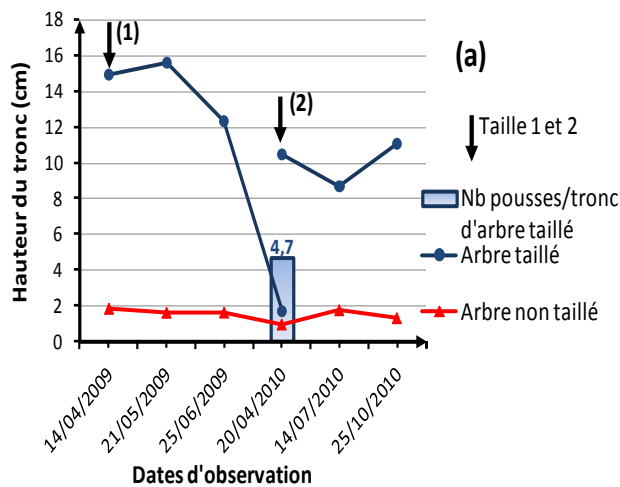


Figure 2 : Effet de la taille sur la formation de jeunes arganiers plantés dans le site de Tinzerte, (a) : Hauteur du tronc (cm) et (b) : volume de la frondaison (dm³) chez les arbres taillés (Taille 1 et 2) comparés à ceux non taillés.

rameaux longs. Cette pratique permet de limiter le prolongement de la croissance des branches et par conséquent d'éviter le chevauchement des arbres sur la ligne et sur les interlignes de plantation.

La hauteur et le volume de la frondaison diffèrent d'un arbre à l'autre. Ce caractère d'hétérogénéité (plants issus de semis) et pris en considération lors de la taille. La quantité de bois supprimée est proportionnelle au volume de l'arbre ; elle varie de 5%, chez les arbres dont le volume est situé entre 5 et 15 m³, à 30 % chez les arbres aux volumes plus grands (35 à 50 m³) (Figure 4). Ainsi, les arbres prennent une allure équilibrée, bien aérée et bien éclairée.

La hauteur et le volume de la frondaison diffèrent



Figure 3 : Etat de la végétation d'un arbre d'arganier non taillé (à gauche) comparé par rapport à un arbre taillé et formé en "Cobelet" (à droite).

d'un arbre à l'autre. Ce caractère d'hétérogénéité (plants issus de semis) et pris en considération lors de la taille. La quantité de bois supprimée est proportionnelle au volume de l'arbre ; elle varie de 5%, chez les arbres dont le volume est situé entre 5 et 15 m³, à 30 % chez les arbres aux volumes plus grands (35 à 50 m³) (Figure 4). Ainsi, les arbres prennent une allure équilibrée, bien aérée et bien éclairée.

2.2. Réaction des arbres à la taille :

La réaction des arbres à la taille est appréciée à travers le comportement des rameaux taillés. Un échantillon de 330 rameaux taillés est repéré et étiqueté. Cet échantillon est composé de deux catégories de

rameaux (Figure 4), "a" : rameaux ne portant pas de ramification sur une distance de 15 cm au dessous

non publiés), cette nouvelle croissance suscitée par la taille, pourrait porter des fleurs et ensuite des

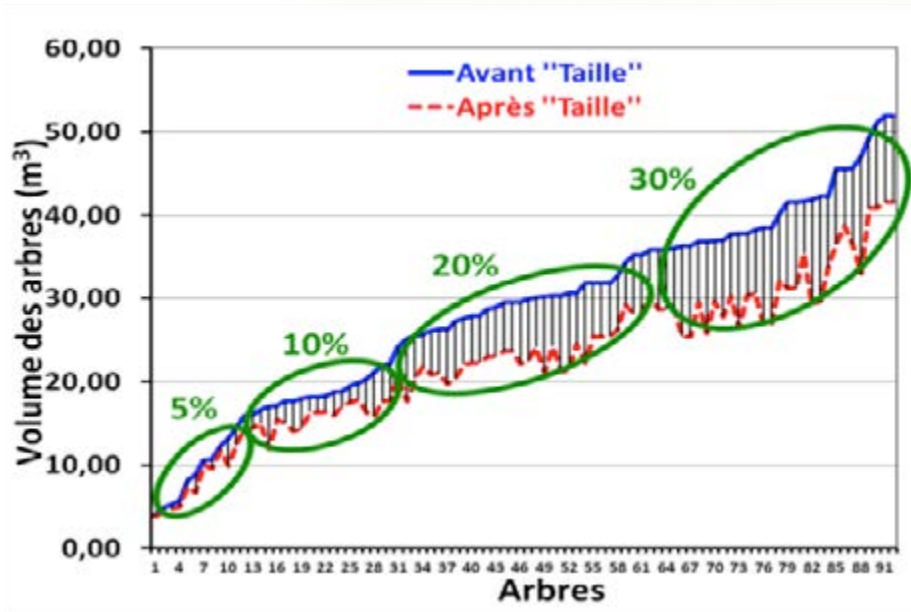


Figure 4: Ampleur de la sévérité de la taille en fonction du volume de la frondaison (m³) des arbres de l'arganier. La zone en hachuré représente le volume de la frondaison supprimé ; il est exprimé en pourcentage du volume total initial de la frondaison.

du niveau de taille (223 individus) et "b" : rameaux portant d'anciennes ramifications distales proches du niveau de la taille (107 individus). L'évaluation de la croissance des bourgeons axillaires portés le long de la partie distale (15 cm au dessous du niveau de taille) est effectuée 4 mois (mi-juillet 2013) après l'exécution de l'opération de la taille. Elle montre (Figure 5) que dans la catégorie "b", la taille n'induit aucune réaction ; elle n'induit pas l'apparition de nouvelles pousses susceptibles de fructifier plus tard. La présence d'anciennes ramifications limitent la réactivité du rameau porteur taillé. Dans la catégorie "a", seuls 17 % de rameaux n'ont pas réagi à la taille alors que la majorité (83 % de rameaux) a développé au moins une nouvelle pousse axillaire. Le nombre de pousses axillaires développées varient entre 1 et 6 selon les rameaux. Leur croissance diminue au fur et à mesure que le niveau d'insertion se trouve plus bas (Figure 6). Il a été montré que chez l'arganier, l'aptitude de réaction des rameaux à la taille varie en fonction de la vigueur du rameau et de l'époque d'exécution de l'opération (Benismail et Benzaki, 1998). Etant donné que l'arganier fructifie sur le bois de plus d'un an d'âge (Benismail, résultats

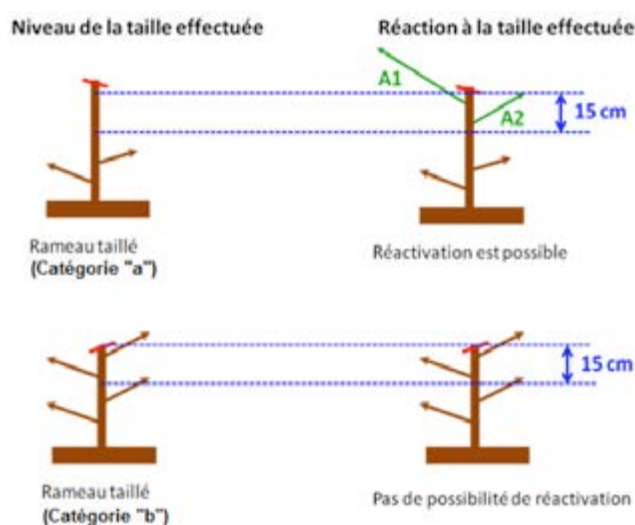


Figure 5: Types de réaction à la taille courte des rameaux selon les catégories "a" et "b".

fruits pendant la saison suivante et contribue ainsi, à l'amélioration de la production.

3. Taille de rajeunissement

Le rendement des arbres vieux diminue au fil des années. L'établissement d'une nouvelle couronne,

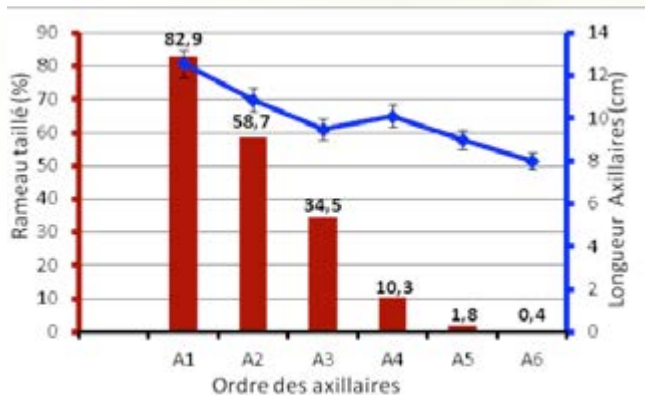


Figure 6: Capacité de croissance des pousses axillaires suite à la taille courte des rameaux porteurs.

jeune, permet à la souche de retrouver ses performances de production. Ceci est inhérent à un entretien adéquat qu'il faudrait réserver à la future couronne régénérée après la taille de rajeunissement de la vieille souche. Nous relatons, ci-après, les principaux résultats de nos précédents travaux (Benismail, 2007, Benismail et Mokhtari, 2007), relatifs à la comparaison du comportement des arbres taillés à ras du sol (recépage) par rapport à ceux taillés sur tronc au niveau de 40 à 50 cm du sol. Après 10 mois de croissance, trois futures charpentières par arbre rajeuni sont sélectionnées; puis, les rejets apparus sont supprimés régulièrement tous les trois mois suivant chaque opération. Les arbres témoins sont aussi taillés mais laissés se développer librement sans aucun entretien. Ces arbres ont abouti à la formation d'une importante touffe de bois (rameaux) sans structure particulière. Par contre, chez les arbres entretenus, les charpentières sélectionnées ont formé une couronne bien structurée, ouverte et aérée.

Les arbres taillés à ras du sol émettent un nombre de rejets plus important que chez les arbres taillés sur tronc. Par ailleurs, la dynamique de ce développement suit la même allure chez les deux types de traitements (Figure 7). Cette dynamique présente un caractère rythmique. Les premiers pics atteignent des valeurs plus importantes (137 rejets par arbre taillé à ras du sol et 93 rejets par arbre taillé sur tronc) que celles des pics suivants. Ce comportement souligne la grande capacité de régénération que possède l'arbre d'arganier. Elle est, en outre, maintenue importante durant les quatre

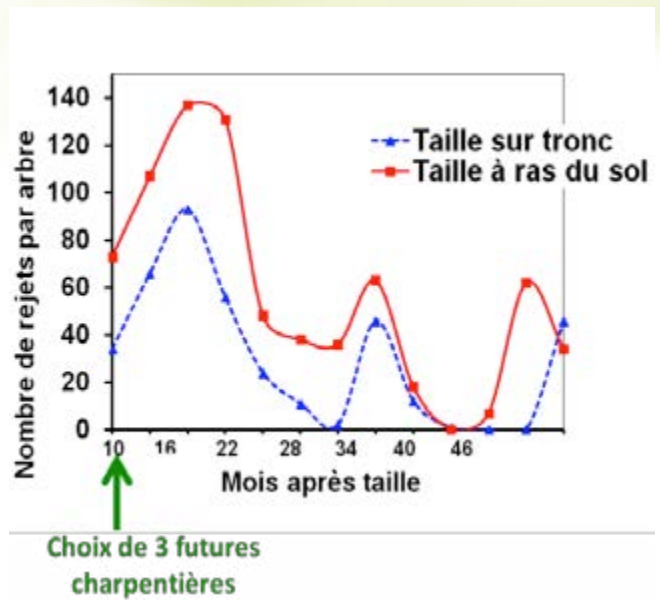


Figure 7: Capacité d'émission de rejets après taille de rajeunissement à ras du sol et sur tronc des arbres d'arganier vieillissants.

premières années suivant la taille. A cet âge, les arbres régénérés ont, d'ors et déjà, formé des couronnes bien développées et fructifères. Les arbres rajeunis et entretenus (choix de meilleures charpentières et suppression régulière des rejets en surplus) sont entrés en production plus précocement que ceux témoins (arbres rajeunis mais non entretenus). La taille de régénération raisonnée chez l'arganier permet non seulement de rajeunir les sujets trop âgés ou sénescents mais aussi d'améliorer leurs productions.

CONCLUSION

L'amélioration de la production en fruit des arganiers ne peut se concevoir que dans le cadre de leur mise en culture à l'instar des autres espèces fruitières connues par leurs intérêts économiques. La mise en culture de l'arganier (ou arganiculture) suppose la mise au point de techniques, de conduite de l'arbre, adaptées aux spécificités biologiques de l'espèce. A l'état actuel de nos connaissances, peu de travaux se sont attelés à cet aspect. Les résultats préliminaires présentés ci-dessus, permettent de montrer et d'explicitier les modalités de réaction des arganiers à la taille. Les jeunes arbres en formation ont une forte tendance à générer l'architecture naturelle de l'espèce. Par conséquent, la forme structurée à adopter pour l'arganier doit s'inspirer de son état de croissance naturelle. Par ailleurs, le choix du rameau

à tailler ainsi que le niveau de sa coupe pourraient être à la base du raisonnement relatif à l'instauration de l'équilibre entre la croissance et la fructification chez les arbres adultes. Le rajeunissement, sur tronc ou par recépage, des arbres vieillissants est possible chez l'arganier en raison de sa forte capacité d'émission des rejets ; ceux-ci seront exploités pour former une nouvelle couronne dont l'entrée en production est relativement précoce (4 à 5 années après la taille).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Benismail MC et Benzaki ME, 1998 : Aptitude fructifère et de ramification du jeune rameau chez l'Arganier. Actes du Colloque International sur les ressources végétales « L'Arganier et les plantes des zones arides et semi-arides, 23 – 25 Avril 1998- Agadir, p : 67-70.
- Benismail MC 2007 : Croissance et développement de l'arganier : Principes de base pour une conduite raisonnée de l'arbre ; in 'Atlas de l'Arganier et de l'Arganeraie', Ed. IAV Hassan II, ISBN: 978-2-909613-00-0, pp :59-68.
- Benismail MC et Mokhtari M 2007 : La domestication de l'Arganier : Vers une exploitation rationnelle et durable de l'espèce *Argania spinosa* L. Skeels., Ann. Rech. For. Maroc, T(38), 197-206.

Caractérisation de la diversité de la collection d'arganier d'Admine (*Argania spinosa* L. Skeels) conservée in-situ

Metougui ML^{1,2}, Mokhtari M², Benlhabib O¹

¹Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

²Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Complexe Horticole d'Agadir, Maroc

RESUME

Le présent travail a visé l'étude de la diversité de la collection d'arganier, *Argania spinosa* L. Skeels, conservée in situ dans la réserve naturelle d'Admine à travers une caractérisation morpho-phénologique ainsi qu'une évaluation de son comportement face au stress hydrique. L'analyse des données collectées a révélé l'existence d'une diversité importante au sein de la collection pour la majorité des 12 caractères étudiés. Le port des arbres a varié d'une forme dressée jusqu'à la forme en pleurs ; le fruit a présenté 6 formes différentes et une couleur allant du jaune uni au jaune veiné en rouge ; la floraison s'étendait sur trois mois, du début mars au mois de juin. La surface des feuilles a oscillé de 1,12 à 4,10 cm² et la densité des épines a fluctué entre 0 à 12 épines/10 cm linéaires de rameau de 2 ans d'âge. L'analyse de la variance des caractères quantitatifs a montré l'existence de différences significatives ($P < 0,05$) entre les arbres pour la plupart des traits étudiés ; l'ACP a mis en évidence 5 groupes homogènes. L'évaluation du comportement vis-à-vis du stress hydrique des différents génotypes étudiés, réalisée à travers la vitesse de déshydratation et l'aptitude à la réhydratation des pousses, a révélé l'existence d'une grande diversité intra population ainsi qu'une corrélation positive entre la vitesse de réhydratation et l'évapotranspiration des feuilles détachées. Aucune corrélation n'a été trouvée par contre entre ces deux paramètres et les autres caractères de l'arbre. L'analyse basée sur les (la déshydratation des feuilles et les capacités de réhydratation des tiges) nous a permis de distinguer plusieurs profils comportementaux vis-à-vis d'une contrainte hydrique.

Mots clés : *Argania spinosa*, **diversité, caractérisation, capacité de réhydratation, stress hydrique.**

ABSTRACT

The present work aimed to study the diversity of Argan trees, *Argania spinosa* L. Skeels, conserved in situ in the natural reserve of Admine, through a morpho-phenological characterization and the evaluation of its behavior to the water stress. The analysis of collected data revealed the existence of an important diversity within the collection for the majority of the 12 studied traits. The fruit presented six different shapes and color from bright yellow to reddish yellow, the bloom date extended over three months, from early March to June. The leaf surface ranged from 1.12 to 4.10 cm² and the density of spines fluctuated between 0-12 spine/10 cm of 2 years stems. The analysis of variance of quantitative traits showed the existence of significant differences ($P < 0.01$) between the trees for the most of studied traits, the PCA highlighted five homogeneous groups. The evaluation of behavior of the different genotypes to a water stress, made through the study of dehydration speediness of leaves, rehydration ability of cut stems, revealed a great diversity within population. A positive correlation between the rate of rehydration and water loss rate of detached leaves. No correlation was found between these traits and the other collected traits. The analysis based on leaves dehydration and stems rehydration capacity allowed us to differentiate different behavioral profiles to a water stress.

Keywords : *Argania spinosa*, **diversity, characterization, rehydration ability, water stress.**

INTRODUCTION

L'arganier, *Argania spinosa* L. Skeels, est arbre de la famille des Sapotacées, endémique au sud du Maroc, qui joue un rôle tampon important et écologique entre la zone nord favorable à la production et le sud plus désertique. Le principal produit issu de cet arbre millénaire est l'huile d'argan, une huile riche en tocophérol, carotènes, polyphénols et vitamines A, C et E. En plus de son rôle écologique déterminant, l'arganier a le potentiel de contribuer à l'amélioration de la nutrition et la santé humaine et à la création d'activités génératrices de revenus.

L'arganier est particulièrement adapté aux conditions arides de la région présaharienne du sud Marocain ; cependant, suite aux changements climatiques et à la sévérité de la sécheresse de ces dernières années, celui-ci se trouve de plus en plus fragilisé. D'où l'intérêt d'étudier sa diversité génétique et d'identifier des génotypes ayant une bonne productivité et la capacité de tolérer les conditions consécutives aux changements climatiques. De nombreux travaux ont été menés afin de déterminer l'étendue de la diversité génétique au sein de l'espèce et cela à travers différents aspects morphologique (Bani-Aameur, 2004 ; Ait-Aabd et al., 2011) et moléculaire (Majourhat, 2008).

Le présent travail a comme objectif l'étude de la diversité génétique au sein d'une collection dans la réserve d'Admine sis au CHA dans la région Aït Melloul. La collection est évaluée sur deux plans, morpho-phénologique d'un côté et comportement vis-à-vis au stress hydrique de l'autre.

MATERIEL ET METHODES

Un total de 40 arbres d'arganier a été sélectionné après une première évaluation probatoire et exhaustive de la réserve naturelle d'Admine, puis la sélection d'une parcelle représentative de la réserve et ensuite un échantillonnage aléatoire stratifié représentant 10% du total. La diversité au sein de l'échantillon retenu a été évaluée sur la base de 12 caractères morpho-phénologiques relatifs à la forme de l'arbre, la forme et la couleur du fruit, la densité des épines sur de rameaux de 2 ans, la longueur, la largeur et la surface des feuilles de l'année, la longueur des tiges de l'année, le nombre et la densité des glomérules, la date de floraison et la densité stomatique.

L'évaluation du comportement des génotypes vis-à-vis à un stress hydrique, a été réalisée au laboratoire suivant deux techniques. La 1ère a porté sur la vitesse de déshydratation de feuilles détachées. Le test

consiste à suivre l'évolution du poids de 12 feuilles, entretenues sous une température constante de 22°C, pendant une durée 5 heures. Le calcul des pertes en eau par feuilles, par unité de surface foliaire (eau/cm) et par unité de surface et de temps (eau/cm²/min) a été réalisé pour tous les génotypes étudiés.

La deuxième technique évalue la capacité de réhydratation des génotypes après une déshydratation. Le test a porté sur 6 tiges de l'année, détachées de l'arbre, déshydratées à 22 °C à 14% de leur teneur en eau initiale, puis replacées dans l'eau pour leur réhydratation. La vitesse de réhydratation est déterminée en mesurant le poids des échantillons tous les 6 heures pendant 48 heures.

Les analyses statistiques des caractères quantitatives ont été élaborées à l'aide du logiciel Minitab (Version 16.0.1) pour les analyses de la variance (ANOVA) et les corrélations et du logiciel Past (Version 3.0) pour les analyses multivariates (ACP) et les regroupements (K-mean).

RESULTATS ET DISCUSSION

Analyse morpho-phénologique

Les caractères morpho-phénologiques étudiés ont montré une grande variabilité entre les génotypes. L'aspect général de l'arbre variait d'un port dressé chez 60% des génotypes à une forme pleureur (3%) avec 3 formes intermédiaires d'un pourcentage de 23% légèrement dressé, 8% intermédiaire et 8% tombante.

La spinosité des arbres variait de 0 à 1,3 épines/cm de tige de 2 ans. La surface des feuilles variait de 2 et 4,5 cm² par feuille avec une longueur de feuille allant de 1,8 et 6,2 cm et une largeur variant entre 0,6 et 1,8 cm.

Les fruits ont présenté 6 allures différentes : la fusiforme-apiculée retrouvée chez 5% des individus, la sphérique chez également 5%, la fusiforme chez 10%, l'oval-apiculée chez 13%, la goutte chez 20% et l'ovale chez 48%. La couleur des fruits a variée entre jaune uni, jaune légèrement veiné de rouge et jaune fortement veiné de rouge.

La date du début de la floraison s'étendait sur 3 mois; les génotypes les plus précoces ont fleuri en début Mars (15%) et les plus tardifs en début Juin (5%).

La croissance des arbres qui donnerait une estimation sur le niveau de tolérance au stress hydrique a été évaluée à travers la longueur des rameaux de l'année. La longueur des tiges de l'année a varié entre 6,6

et 19,4 cm, avec parallèlement une variation de la densité des glomérules entre 0,68 à 1,9 par cm de tige. La densité des glomérules est en générale homogène le long d'une même tige.

L'analyse de la variance a révélé une différence significative ($p < 0.01$) entre les différents génotypes pour la spinosité, la surface foliaire, la date de

densité d'épines moyenne et une densité stomatique faible. Le 3ème groupe (G3) possède de longues tiges, d'un grand nombre de glomérules, et de grandes feuilles. Le groupe G4 est à tiges courtes et épineuses, des densités en glomérules en stomates élevée. Le G5 a été classé dans la classe intermédiaire pour l'ensemble des caractères d'évaluation.

Tableau 1 : Coefficients des composantes principales

	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4
Nombre d'épines/ 10cm de tige	0,057	0,421	-0,448	0,014
Surface de feuilles (cm ²)	0,478	0,240	0,441	-0,002
Densité stomatique (st/mm ²)	-0,200	-0,166	0,111	0,501
Date de floraison (jours après 1ère floraison)	-0,234	0,470	0,127	0,301
Longueur des tiges (cm)	0,517	-0,158	-0,376	0,209
Nombre de glomérule/tige	0,364	-0,507	-0,121	-0,010
Densité de glomérule (glm/ 1cm tige)	-0,279	-0,388	0,396	-0,285
Longueur des feuilles (cm)	0,350	0,053	0,485	0,424
Largeur des feuilles (cm)	0,272	0,284	0,171	-0,594
Pourcentage de variation (PV)	27%	19,20%	16,20%	13,40%
PV cumulé	27%	46,20%	62,40%	75,80%

floraison, le nombre de glomérules par tige, la longueur des tiges, la densité stomatique, le taux de déshydratation des feuilles, et la capacité de réhydratation.

L'analyse en composantes principales (ACP) effectuée sur les 12 variables a révélé que les 4 1ères composantes expliquaient 76% de la variation totale (Tableau 1). La première composante principale (CP1) justifie 26,99% de la variance totale et a été associée à la surface foliaire, la longueur et la largeur des feuilles, le nombre des glomérules et la longueur des tiges de l'année. La CP2 a été associée avec la spinosité, la surface foliaire, la date de floraison, la largeur des feuilles ; elle a justifié 19,24% de la variance. La CP3 a expliqué 16,24% de la variance et a été principalement associé à la surface foliaire, le nombre de glomérules/cm de tige et la longueur des feuilles. La CP4 a compté 13,38% de la variance et a été associée à la densité stomatique, la date de floraison, la longueur des tiges et celle des feuilles. L'ACP a permis de distinguer 5 groupes ; le 1er groupe (G1) rassemble 20% d'arbres et est caractérisé par une floraison moyennement tardive, peu d'épines et des feuilles de petite taille. Le 2ème groupe (G2) est à feuilles moyennes à grandes, des tiges longues, une

Diversité du comportement hydrique

Le suivi des pertes en eau chez les différents génotypes étudiés a révélé une grande variabilité pour ce caractère ; les feuilles ont perdu entre 1,9mg et 7 mg d'eau/cm².

Le regroupement des génotypes par l'algorithme des k-moyennes a mis en évidence 6 groupes homogènes de comportements différents (Figure 1). Après les 5 heures, Le 1er groupe qui regroupe 13% des arbres a perdu $2,31 \pm 0,29$ mg/cm² de feuilles après 5 heures, le groupe 2 regroupant 28% des arbres en a perdu $3,12 \pm 0,247$ mg/cm², les groupe 3, 4, 5 et 6 qui regroupent 41, 5, 8 et 5% des arbres ont perdu respectivement $3,8 \pm 0,257$, $5,1 \pm 0$, $6,63 \pm 0,41$ et $4,7 \pm 0,22$ mg/cm².

Les pertes en eau par minutes des 4 premiers groupes diminuent progressivement de $17 \cdot 10^{-3}$ à $6 \cdot 10^{-3}$ mg/cm²/min pour le groupe 1, de $19 \cdot 10^{-3}$ à $8 \cdot 10^{-3}$ mg/cm²/min pour le groupe 2, de $27 \cdot 10^{-3}$ à $10 \cdot 10^{-3}$ mg/cm²/min pour le groupe 3, et de $20 \cdot 10^{-3}$ à $15 \cdot 10^{-3}$ mg/cm²/min pour 4ème groupe. Le groupe 5 passe de $40 \cdot 10^{-3}$ à $20 \cdot 10^{-3}$ mg/cm²/min pendant les 30 premières minutes puis de $27 \cdot 10^{-3}$ à $20 \cdot 10^{-3}$ mg/cm²/min. Le groupe 6 passe de $180 \cdot 10^{-3}$ à $20 \cdot 10^{-3}$

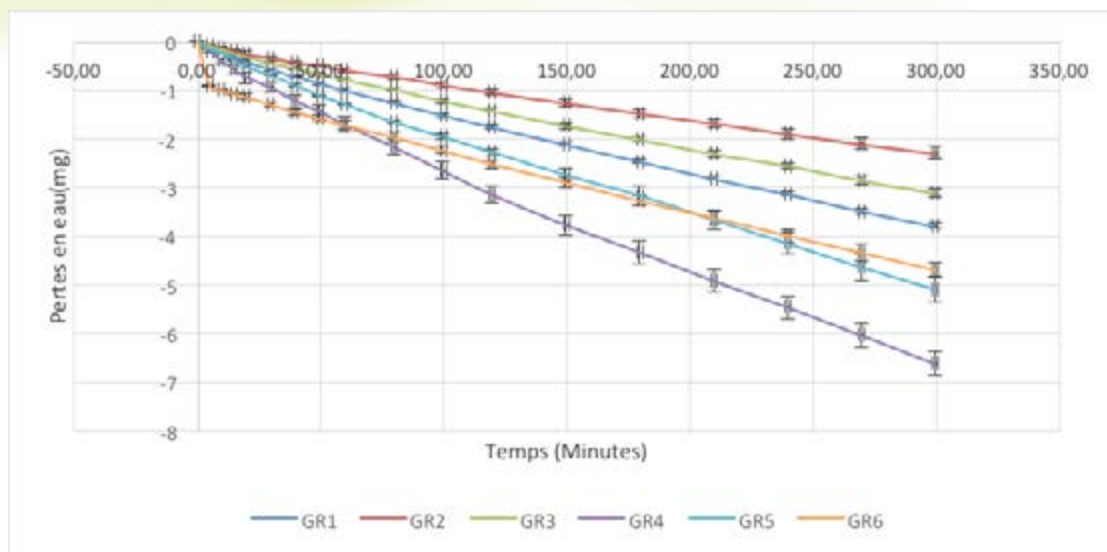


Figure 1 : Evolution des pertes en eau en fonction du temps des 6 groupes créés sur la base de leurs pertes en eau.

mg/cm²/min lors des 10 premières minutes, puis sa vitesse de déshydratation a diminué progressivement jusqu'à 11 10-3mg/cm²/min.

Le test de réhydratation des tiges après une déshydratation de 14% du poids frais a permis de distinguer 10 groupes de comportement (Figure 2). Trois groupes sur les 10 (1, 2 et 8) et qui regroupent respectivement 8%, 4% et 6% des arbres, n'ont pas récupéré l'eau perdue en totalité après 48 heures. Le groupe 1 a commencé sa réhydratation activement les 12 premières heures, puis à la 15ème heure il s'est

stabilisé à 10%. Le groupes 2 et 8, après 48 heures, ne se sont pas encore stabilisés, leur taux de récupération a été lent ; ils étaient à respectivement 13% et 10% des 14% de leur eau perdu.

Les autres groupes (3, 4, 5, 6, 7, 9 et 10) ont récupérés l'eau perdue par déshydratation en totalité mais avec des vitesses différentes. Les groupes 3 et 4 qui regroupent respectivement 16% et 14% des génotypes ont regagné les 14 % d'eau perdues après 12 heures mais après 24 heures le groupe 3 s'est stabilisé à 19% alors que le groupe 4 s'est stabilisé à 22% après le

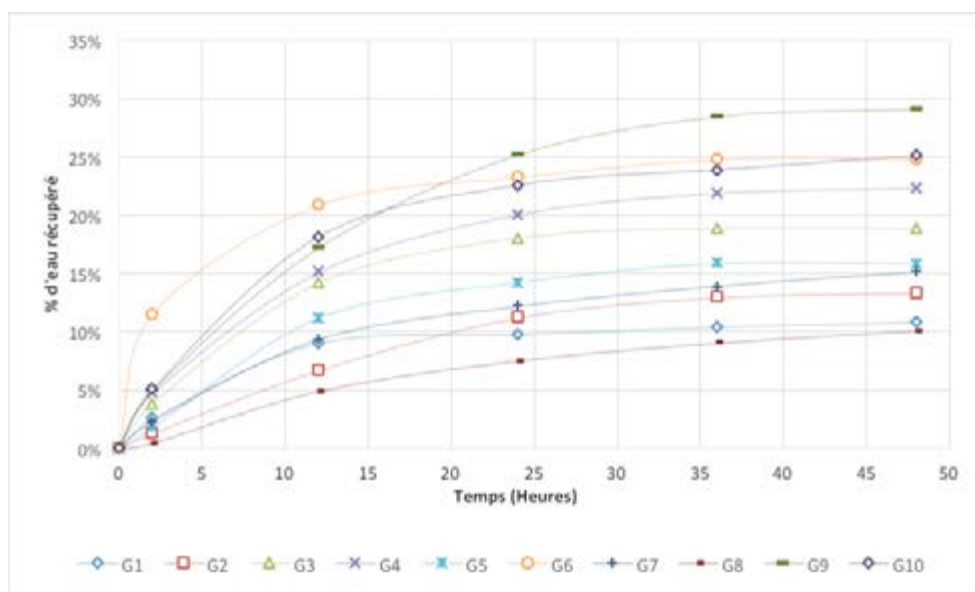


Figure 2 : Evolution des taux d'absorption moyenne en fonction du temps des 10 groupes créés sur la base de leurs capacités d'absorption

passage de 36 heures. Le groupe 5 qui rassemble 10% des arbres a recouvré l'eau perdue après 24 heures, les groupes 9 et 10 qui regroupent 6% et 12% des arbres ont récupéré après 8 heures, les 14% d'arbres de notre échantillon étudié qui constituent le groupe 7 n'a pu récupérer l'eau perdu qu'après 48h, alors que le groupe 6 n'a eu besoin que de 4 heures pour récupérer les 14% d'eau perdu avant de ralentir son absorption après 12 heures.

L'analyse de la corrélation entre les paramètres étudiés et les caractères liés à la feuille (densité stomatique et surface de la feuille) n'a révélé aucune corrélation.

CONCLUSION

Les analyses des données de la première année de caractérisation de la collection d'arganiers de la réserve d'Admine révèlent d'une grande diversité morphologique, phénologique et physiologique.

Les tests de déshydratation et réhydratation a permis de distinguer plusieurs profils comportementaux vis-à-vis du stress hydrique. Ses résultats préliminaires constituent une base pour entreprendre des études plus approfondies sur la diversité des niveaux de tolérance et la variabilité des réponses au stress hydrique chez l'arganier.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIES

- Ait Aabd N, El Ayadi F, Msanda F, El Mousadik A, 2011. Evaluation of agromorphological variability of Argan tree under different environmental conditions in Morocco: Implication for selection. International Journal of Biodiversity and Conservation 3, 73-82
- Bani-Aameur F, 2004. Morphological Diversity of Argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) Populations in Morocco. Forest Genetics 11: 337-342
- Majourhat K, Jabbar Y, Hafidi Y, Martinez-Gomez P, 2008. Molecular characterization and genetic relationships among most common identified morphotypes of critically endangered rare Moroccan species *Argania spinosa* (Sapotaceae) using RAPD and SSR markers. Ann. For. Sci. 65: 805-814

Evaluation de la diversité génétique chez six peuplements d'Arganier échantillonnés dans l'Anti-Atlas et dans Nord du Sahara

Berrouj A., Mouhaddab J., Anfour M., Ait Aabd M., Msanda F., Saadi B., Ferradouss A., Cherifi K., Ait Lhaj L., Bellaka M., Maltouf Filali A., El Modafar C., Bensouda S. & El Mousadik A.

Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biotechnologies et Valorisation des Ressources Naturelles (LBVRN), BP 8106, 80000 Agadir, Maroc. E-mail : a.elmousadik@uiz.ac.ma

RESUME

Les peuplements naturels de l'arganier présentent une répartition discontinue plus ou moins dense dans l'espace selon l'intervention de l'homme et la sévérité des conditions climatiques. La présente étude cherche à comparer au niveau structuration génétique, des peuplements échantillonnés sur l'Anti Atlas (Oulcaïd, Tafraout, Ait Baha, Lakhssas) et dans des zones présahariennes et sahariennes à l'ouest de Guelmim (Guelmim) et au Sud-Est de Guelmim (Assa-Zag). L'analyse de la diversité génétique a permis de mettre en évidence à l'aide des marqueurs moléculaires microsatellites du type ISSR (inter simple sequence repeat), un niveau de polymorphisme moyen de l'ordre de 53% à travers 79 loci. La population de Ait Baha apparaît la plus diversifiée pour tous les paramètres génétiques intrapopulation (% de locus polymorphe $P = 62\%$; diversité génétique de Nei $h = 0,20$; richesse allélique $N_a = 1,6$), alors que la population de Tafraout affiche les valeurs les plus faibles (% $P = 40,5$; $h = 0,13$; $N_a = 1,4$). L'analyse des profils multilocus a montré une structuration génétique très élevée des six populations étudiées ($GST = 0,35$; $AMOVA = 0,42$; $Nm = 0,92$). Cette structuration est hautement corrélée avec la distance géographique ($r^2 = 0,659$; $P < 0,01$). La population la plus isolée géographiquement au sud du Maroc (Assa Zag) se différencie nettement et présente une diversité intra-population similaire à la moyenne des six populations étudiées.

Mots clés : *Argania Spinosa*, marqueurs ISSR, structuration génétique, Anti Atlas, Nord saharien

ABSTRACT

Natural populations of the argan tree have a more or less dense discontinuous distribution in space according to human intervention and severity of climatic conditions. The present study aims to compare the genetic structure level of populations sampled in the Anti Atlas (Oulcaïd, Tafraoute, Ait Baha et Lakhssas) and populations in pre-Saharan and Saharan zones west of Guelmim and Southeast of Guelmim (Assa Zag). Analysis of genetic diversity has highlighted using microsatellite molecular markers of ISSR (inter simple sequence repeat) type, a moderate level of polymorphism of the order of 53% across 79 loci. The population of Ait Baha appears the most diverse for all intrapopulation genetic parameters (% of polymorphic loci $P = 62\%$; Nei genetic diversity $h = 0.20$; allelic richness $N_a = 1.6$), while the population of Tafraoute shows the lowest values (% of polymorphic loci $P = 40.5\%$, $h = 0.13$, $N_a = 1.4$). The multilocus analysis profiles showed a very high genetic structuring of six study populations ($GST = 0.35$; $AMOVA = 0.42$, $Nm = 0.92$). This structure is highly correlated with geographic distance ($r^2 = 0.659$, $P < 0.01$). The most geographically isolated population in southern Morocco (Assa Zag) differs markedly and has similar intra-population diversity than the average of the six populations studied.

Keywords: *Argania Spinosa*, ISSR, genetic structure, Anti Atlas, North Saharan

INTRODUCTION

L'Arganier, *Argania Spinosa* (L.) Skeels, endémique du sud-ouest marocain, le seul représentant de la famille des sapotacées, est le moteur du développement rural. Cette essence forestière occupe près de 800.000 ha, joue un rôle socio-économique et écologique considérable dans les zones arides et semi-arides, vu que plus de 80 % des habitants ruraux de l'écosystème arganeraie en dépendent énormément comme principale source de revenu (Benchakroun et al., 1989; Benchakroun, 1990). L'arganier joue un rôle écologique très important par la création d'un bioclimat qui permet le développement d'autres espèces spontanées, ainsi que dans le maintien de la biodiversité du système forestier (Msanda et al., 2005) et dans la protection des sols vis à vis de l'érosion surtout en reliefs accidentés. Cette espèce subit actuellement différentes formes de dégradation au niveau de perte de territoire et au niveau de sa régénération naturelle. Cette situation s'explique par les effets combinés subis par les différentes pressions de nature anthropozoïque et climatique (Le Polain de Waroux et al., 2012), et par la suite une perte à jamais d'une biodiversité énorme. Pour cela, les études qui s'intéressent à la gestion de l'écosystème arganier constituent une nécessité. Notamment, l'évaluation de la variabilité génétique pour savoir comment gérer les ressources génétiques de l'arganier et comment faut-il procéder pour la préserver. Dans la présente étude, la diversité génétique à l'aide de marqueurs nucléaires ISSR (inter simple sequence repeat) a été

analysée chez six provenances réparties dans la région de l'Anti-Atlas et dans le Nord du Sahara marocain.

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel végétal

Le matériel végétal a été échantillonné dans six sites distribués entre l'Anti Atlas et le Nord du Sahara (Fig. 1). Pour chaque site, des feuilles jeunes ont été récoltées sur 20 arbres pour en extraire l'ADN génomique.

2. Extraction de l'ADN génomique et PCR

L'ADN génomique a été extrait à partir des feuilles suivant la méthode de Doyle and Doyle (1987) avec des légères modifications. Ensuite, la réaction de polymérisation en chaîne (PCR) a été conduite avec cinq amorces ISSR (ISSR3/8, ISSR4/8, ISSR6/8, ISSR7/8, ISSR8/8) de 17 à 20 nucléotides déjà sélectionnées et testées sur l'Arganier par Ait Aabd (2013). Après la PCR, les produits d'amplification obtenus ont subi l'électrophorèse sur gel d'agarose à 2%. Les gels révélés au bromure d'Ethidium sur un transe-illuminateur UV, sont numérisés.

3 Analyse des données

Les fragments amplifiés avec la même mobilité, selon leur poids moléculaire (pb), ont été marqués en fonction du code binaire (présence (1) ; absence (0)) par locus. Les paramètres de la diversité génétique intra et inter-populations ont été calculés en utilisant la version 1.32 du programme POPGENE v 1,32 (Yeh



Figure 1 : Distribution géographique des six peuplements échantillonnés dans l'Anti-Atlas et dans le Nord du Sahara.

et al., 1999) : le nombre moyen d'allèles par locus (Na), le nombre de bandes ou de loci polymorphes (NBP), le pourcentage des bandes ou de loci polymorphes (%P), la diversité génétique de Nei (h), le coefficient de différenciation génétique global de Nei (Gst), et entre paires de populations (Fst pairwise) et le flux de gènes (Nm). La matrice de distance génétique de Nei (1978) obtenue entre populations a été utilisée pour établir une classification sous-forme de dendrogramme (UPGMA). L'analyse moléculaire de la variance et le test de corrélation de Mantel entre les distances génétiques et géographiques ont été réalisées par le programme GeneAlex v6.501 (Peakall et al., 2012). Enfin, le logiciel STRUCTURE v2.3 (Pritchard et al., 2000) a été appliqué selon le principe de l'analyse bayésienne pour l'étude de la structuration génétique.

RESULTATS

1. Analyse des profils ISSRs

Un total de 79 bandes a été détecté avec une moyenne de 16 bandes/amorce. La taille des bandes amplifiées est comprise entre 400 pb et 2500 pb (i.e. Fig. 2). A partir de l'ensemble des 120 individus analysés, 73 bandes sont polymorphes (92,41%), le nombre moyen d'allèles par locus (Na) est de 1,924 et l'indice de diversité génétique de Nei (h) est de 0,26.

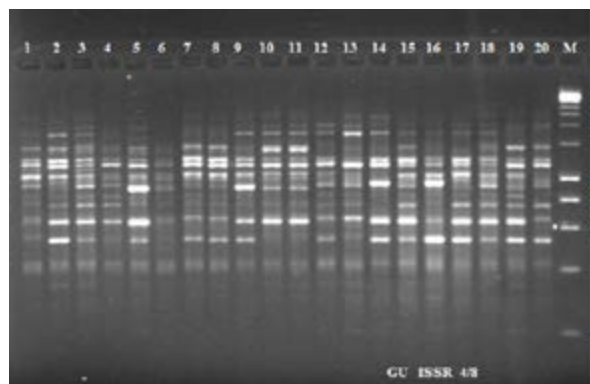


Figure 2 : Profil ISSR de la population de Guelmim (ISSR4/8)

2. Variabilité intra-population

Pour la variabilité intra-population (Tableau 1), le nombre d'allèles par locus «Na » varie de 1,40 à 1,62 avec une moyenne de 1,53 allèles par locus. La diversité génétique de Nei « h » varie de 0,13 à 0,20 avec une moyenne de 0,17. L'ensemble de ses résultats montre une tendance similaire pour tous les paramètres mesurés. Ainsi, La population d'Aït Baha possède les valeurs les plus élevées, et par suite elle

est la plus diversifiée. A l'inverse, la population de Tafraout montre les valeurs les plus faibles.

Tableau 1 : Paramètres de diversité génétique intrapopulation.

Populations	Na	h	PPB%
Oulcaïd (OL)	1,544	0,172	54,43
Ait Baha (AB)	1,620	0,198	62,03
Tafraout (TA)	1,405	0,131	4 0,51
Lakhssas(LA)	1,519	0,165	51,90
Guelmim (GU)	1,569	0,188	56,96
Assa-Zag (AZ)	1,544	0,161	54,43
Moyenne	1,534	0,169	53,37
Total	1,924	0,26	92,41

3. Variabilité inter-populations

Au niveau des six populations étudiées, le coefficient de différenciation génétique (Gst) est de 0,35, il s'agit alors d'une valeur élevée mettant en évidence l'existence de grandes variations entre les structures génétiques des populations. Le flux génique (Nm) entre les populations est de 0,92 migrant par génération. La différenciation génétique (FST pairwise) entre populations prises deux à deux varie de 0,148 entre Guelmim et Ait Baha à 0,331 entre Oulcaïd et Assa Zag, ce qui montre une très grande variabilité entre les populations choisies parfois allant à plus du double. L'analyse moléculaire de la variance (AMOVA) a montré d'une façon très hautement significative ($P < 0,001$) que 42% de la variabilité se trouve partagée entre les populations étudiées de l'Arganier. Le dendrogramme obtenu par la méthode UPGMA basé sur la distance génétique de Nei(1978) (Fig 3, (A)), a montré que les populations Oulcaïd (OL) et Tafraout (TA) sont très proches génétiquement, et constituent un groupe bien distinct des quatre autres populations, avec un certain éloignement de la population Assa Zag, et un rapprochement entre Ait Baha et Lakhssas. Le test de Mantel a montré une corrélation significative ($r^2 = 0,659$; $P < 0,01$) entre la distance génétique et la distance géographique. L'analyse bayésienne des matrices des données (Fig 3, (B)), a montré que les six populations se regroupent en trois clusters : [Oulcaïd (OL) et Tafraout (TA)], [Ait Baha (AB) et Lakhssas (LA)], et [Guelmim (GU)

et Assa-Zag (AZ)]. Pour chaque sous- groupe, les deux populations constitutives partagent les mêmes structures géniques. Ce diagramme de structuration montre que le flux génique entre les six populations est dépendant de la proximité géographique et par suite il reflète l'effet des barrières naturelles d'ordre physique. Ainsi que les modes de disséminations possibles par graine et par pollen.

l'intérêt d'augmenter le nombre des échantillons à comparer selon les divergences éco-géographiques d'une part, et l'importance d'augmenter le nombre de marqueurs ou loci à analyser d'autre part, afin de mieux représenter et évaluer la diversité des génomes. En comparaison avec les résultats utilisant d'autres marqueurs moléculaires (codominants : PCR-RFLP ADNcp Gstcp = 0,60 et allozymes Gst

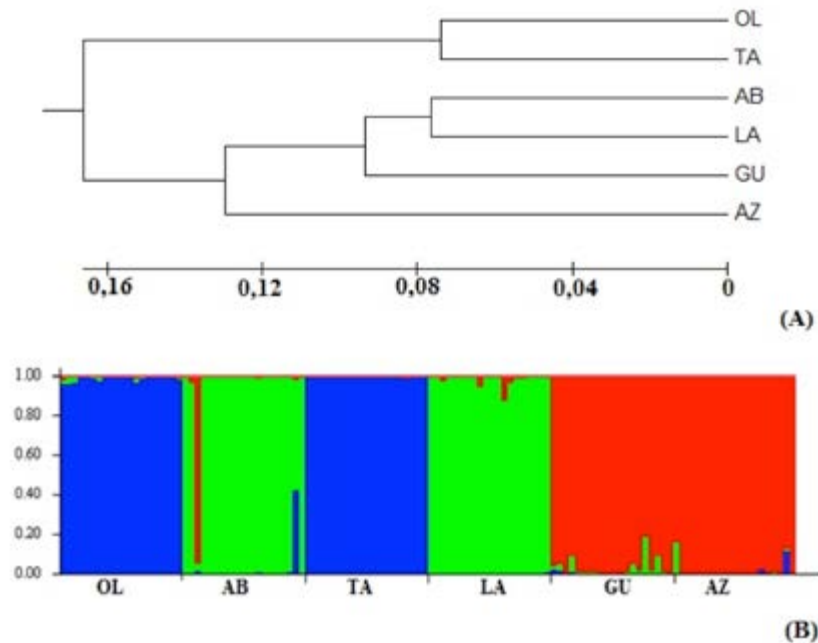


Figure 3 : (A) ; Dendrogramme UPGMA basé sur la distance génétique non biaisée de Nei(1978). (B) ; Diagramme de flux géniques obtenus par le logiciel S.T.R.U.C.T.U.R.E sur l'analyse de la matrice des données binaires de cinq amorces sur les six populations (K= 3). OL: Oulcaïd, AB : Ait Baha, TA : Tafraout, LA : Lakhssas, GU, Guelmim et AZ ; Assa-Zag.

DISCUSSION

Cette étude est d'une importance considérable pour montrer les peuplements qui ont un très grand degré de diversité génétique, afin de leur donner la priorité lors d'un programme de conservation génétique (Petit et al., 1997). Les marqueurs ISSR sont pour la première fois appliqués chez l'arganier après les travaux de Aït Aabd (2013). Les valeurs moyennes obtenues au niveau des paramètres génétiques intra population sont relativement faibles, comparées avec celles de Ait Aabd (2013) établis sur une moyenne de 30 individus par population prises sur cinq sites très éloignés (distance extrême de 400 Km) avec 9 amorces ISSR. Au niveau de la différenciation génétique en se basant sur le Gst, nos résultats (0.35) illustrent plus de différenciation (Gst = 0.22 ; (Ait Aabd, 2013)). Ces résultats montrent

= 0,25 ; (El Mousadik et al., 1996a; El Mousadik et al., 1996b) chez l'arganier, on peut en conclure que la différenciation génétique est très importante par rapport aux espèces forestières à large distribution (Hamrick et al., 1990).

La structuration génétique observée à l'échelle des différents niveaux géographiques dans l'Anti Atlas, et des zones de l'Aride inférieur (Guelmim) et sahariennes (Assa-Zag) apparaît en concordance avec les distances géographiques, toutefois le mode de reproduction supposé dominant chez l'arganier du type entomogame (Benlahbil, 1999), peut aussi contribuer au niveau élevé de différenciation, et par suite de limitation des flux géniques. En effet, dans ce modèle, on peut imaginer un brassage génétique qui se fait de proche en proche, ce qui augmente la diversité intra-population et diminue la diversité

inter-populations. De telle manière à ne pas avoir les mêmes structures ou recombinaisons génétiques d'une population à une autre qui est plus éloignée ou située dans des zones isolées.

CONCLUSION

La présente étude apporte de nouvelles données sur l'organisation génétique des peuplements d'arganier dans la région de l'Anti-Atlas et au Nord du Sahara. La population de Aït Baha apparaît la plus diversifiée pour tous les paramètres génétiques, alors que celle de Tafraout affiche les valeurs les plus faibles. Par ailleurs, la population Ait Baha pourrait être considérée comme un réservoir de cette diversité comparée à celle existante dans les autres populations. L'analyse multiloci des profils a montré une structuration génétique très élevée chez les six populations étudiées. Cette structuration est hautement corrélée avec la distance géographique. La population la plus isolée géographiquement au sud du Maroc (Zag) se différencie nettement et présente une diversité intra-population similaire à la moyenne des six populations étudiées. L'ensemble des résultats obtenus constitue un apport pointu pour la gestion des ressources génétiques d'arganier.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ait Aabd N 2013. Apport des marqueurs phénotypiques et moléculaires pour l'analyse de la variabilité génétique de l'arganier, Présélection pour le rendement en huile. Faculté des Sciences. Agadir, Université Ibn Zohr. Thèse de doctorat National, 165p.
- Benchakroun F 1990. Un système typique d'Agroforesterie au Maroc: L'arganeraie. Séminaire Maghrébin D'Agroforesterie, Jebel Oust, Tunisie.
- Benchakroun F and Buttoud G 1989. "L'arganeraie dans l'économie rurale du sud-ouest marocain." Forêt Méditerranées 2: 127-136.
- Benlahbil S and Bani Aameur F 1999. La pollinisation de l'arganier est surtout entomophile. Colloque international sur les ressources végétales : L'arganier et les plantes des zones arides et semi-arides. Faculté des Sciences d'Agadir: 119-120.
- Doyle JJ and Doyle JL 1987. "A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue." Phytochemical bulletin 19: 11-15.
- El Mousadik A and Petit RJ 1996b. "High level of genetic differentiation for allelic richness among population of argan tree (*Argania spinosa* (L.) Skeels) endemic to Morocco." Theoretical and Applied Genetics 92: 832-839.
- El Mousadik A and Petit R J 1996a. "Chloroplast DNA phylogeography of argan tree of Morocco." Molecular Ecology 5: 547-555.
- Hamrick J and Godt M 1990. "Allozyme diversity in plant species." Plant population genetics, breeding, and genetic resources: 43-63.
- Le Polain de Waroux Y and Lambin EF 2012. "Monitoring degradation in arid and semi-arid forests and woodlands: the case of the argan woodlands (Morocco)." Applied Geography 32(2): 777-786.
- Msanda F, El Aboudi A and Peltier J 2005. "Biodiversity and biogeography of Moroccan argan tree." Cahiers Agricultures 14(4): 357-364.
- Nei M 1978. "Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals." Genetics 89: 583-590.

Apport des marqueurs biométriques et génétiques pour la caractérisation et la sélection des arbres élités chez l'arganier

Ait Aabd N., El Asbahani A., Amehdar M., Achour A., Saadi B., Fallah M.,
 Msanda F. & El Mousadik A.

Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biotechnologies et Valorisation des Ressources Naturelles (LBVRN),
 BP 8106, 80000 Agadir, Maroc.

Email : aitaabdnaima@gmail.com ; eabdelhafed@gmail.com ; achourahmed2005@yahoo.fr ; saadibaha@yahoo.fr ;
 fallah.mohamed.fsa@gmail.com ; fmsanda66@yahoo.fr ;

RESUME

Dans le but de définir une stratégie de sélection et d'amélioration du patrimoine génétique à base d'arganier, 150 accessions d'arganier appartenant à cinq provenances (Aoulouz, Had Dra, Alma, Biougra et Laksas) ont été analysés selon deux approches : i/ Utilisation des caractères adaptatifs liés à la morphologie et à la biométrie des arbres, fruits, graines, amandes ; ii/ Utilisation des caractères neutres vis à vis de l'environnement moyennant des marqueurs génétiques du type moléculaire. L'évaluation de la variabilité biométriques a permis de révéler une hétérogénéité phénotypique entre les arganiers, 29 morphotypes ont été déterminés. La provenance de Had Dra et de Biougra sont les plus variées au niveau phénotypique à la fois pour les arbres, fruits et graines par apport aux autres provenances. La caractérisation génétique à l'aide de neuf marqueurs moléculaires ISSR a montré une forte diversité génétique au sein et entre les provenances. 86 loci ont été retenus, le pourcentage de bandes polymorphes varie de 75,58 à 82,56 %, l'indice de la diversité génétique de Nei varie de 0,30 au 0,34. Les analyses de la structure génétique spatiale utilisant la classification par UPGMA, l'ACP et l'approche bayésienne réalisée par «Structure», ont permis de ressortir trois sous groupes. Le coefficient de différenciation génétique ($G_{ST} = 0,22$) est assez élevé, comme prouvé par l'analyse moléculaire de variance où 28% de la variabilité se trouve distribuée entre les provenances.

Mots Clés : *Argania spinosa*- Variabilité morphologique - ISSR - Différenciation génétique - Conservation

INTRODUCTION

L'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels), est une essence forestière à usage oléo-agro-sylvo-pastoral, largement adaptée au climat aride et semi-aride du sud-ouest marocain et constitue un élément essentiel de la biodiversité des écosystèmes forestiers (Msanda et al., 2005). Sa contribution au développement socio-économique de la population locale est très importante. Il fait l'exception à la règle forestière (droit d'usage), c'est en fait l'ensemble de ces utilisations superposées, de tout temps assuré par la coutume traditionnelle, qui s'est trouvé reconnu par la législation forestière spécifique établie à l'époque coloniale (i.e., Benckroune et Buttoud, 1989 ; Benckroune, 1995). Sa productivité et sa fructification montrent une grande disparité dans le temps et dans l'espace, l'arbre est actuellement

exploité à l'état sauvage. Dans ce contexte, un besoin urgent s'impose en matière de recherche appliquée permettant de mieux connaître les potentialités qualitatives et quantitatives des peuplements d'arganier, et ce, afin de pouvoir connaître et reproduire les meilleurs arbres et ou provenances. Par ailleurs, les études portant sur la diversité génétique au niveau des marqueurs moléculaire (El Mousadik et Petit, 1996 a, b; Majourhat et al., 2008) et des caractères biométriques (Bani Aameur et Ferradous, 2001; Benlahbil, 2003) confirment l'existence d'une grande diversité à l'intérieur et entre les populations de l'arganier. En outre, la description de cette diversité devrait être exploitée pour la gestion de cette ressource.

Par conséquent, la présente étude s'inscrit dans l'objectif global qui relève du domaine de la gestion

et de la sélection à partir des ressources génétiques de l'arganier. Pour ce faire, deux approches spécifiques ont été conduites : i/ l'utilisation des caractères adaptatifs liés à la morphologie et à la biométrie des arbres, fruits, graines, amandes et rendement en huile ; ii/ l'utilisation des caractères neutres vis-à-vis de l'environnement moyennant des marqueurs génétiques du type moléculaire.

MATERIEL ET METHODES

Etude morphométrique

Cinq provenances appartenant aux cinq principales provinces de l'arganier ont été représentées à raison de 30 arbres par site (Had Dra/Essaouira, Aoulouz/Taroudant, Alma/Agadir Ida Outanane, Biougra/Chtouka Ait Baha et Lakhsas/Tiznit), s'étend de la plaine de Souss jusqu'au Haut atlas avec une altitude qui varie de 109 à 988 m avec un climat aride à semi-aride.

Les caractères morphométriques de type discrets ou qualitatifs (forme des arbres, présence/absence d'épines, forme des fruits, graines, facilité de concassage, période et alternance de la productivité,) et continues ou quantitatifs (dimension de l'arbre, des feuilles, des fruits, des graines, des amandes, nombre de carpelles et d'amandes,) ont permis d'avoir des valeurs de référence à l'échelle de l'arbre et au niveau intra et inter-provenances selon un suivi sur trois ans (2008-2010).

Les analyses uni et multi-variés ont constitué les principaux outils statistiques pour dégager les facteurs de variation significatifs (Arbre, provenance, année, interactions) de chacun des caractères étudiés.

Etude moléculaire

Les feuilles sont le matériel végétal utilisé dans cette étude. Un total de 150 arbres étudiés par les caractères morphométriques ont été échantillonnés à raison de 30 arbres par provenance. Des échantillons des feuilles jeunes fraîches saines ont été récoltés sur chaque individu à étudier et conserver à -20 °C.

L'ADN des jeunes feuilles a été extrait selon le protocole de (Doyle and Doyle 1987) avec de légères modifications. La réaction de polymérisation en chaîne (PCR) a été réalisée dans un volume final de 10µl du mélange réactionnel. Un total de 9 amorces ISSR a été choisi en fonction de leur capacité à produire des bandes reproductibles et interprétables chez l'arganier (Ait Aabd, 2013).

Les bandes ont été notées comme étant présentes (1) ou absentes (0), différents paramètres génétiques ont été estimés par le logiciel POPGENE V. 1.32 (Yeh, 2000) : le nombre moyen d'allèles par locus (A), la diversité génétique de Nei (H) (Nei, 1973), le nombre de loci polymorphes (NLP), le pourcentage de locus polymorphes (PLP), le coefficient de différenciation génétique G_{ST} (Wright, 1951), F_{ST} pairwise et le flux génique (N_m). L'analyse de variance moléculaire (AMOVA) et le test de corrélation entre les distances génétiques et géographiques entre les populations ont été exécutés avec le logiciel GENALEX 6.5. Les analyses de la structure génétique spatiale utilisant les différentes techniques de classification d'UPGMA, ACP et approche bayésienne en utilisant le logiciel STRUCTURE V. 2.3.3 (Pritchard, 2000).

RESULTATS

L'évaluation de la variabilité morphométriques a permis de révéler une hétérogénéité phénotypique entre les 150 arganiers, 29 morphotypes ont été déterminés (Tableau 1).

Dans le présent travail, les résultats obtenus à l'aide des marqueurs nucléaires ISSR, présentent la particularité de caractériser directement (in-situ) les arbres échantillonnés sur le terrain (ADN extrait des feuilles prélevées sur les arbres), ce qui permet d'avoir une empreinte génétique des arbres moyennant la combinaison des allèles observés sur les 86 loci énumérés. L'estimation de la différenciation entre provenances par les marqueurs ISSR au niveau de l'ADN nucléaire (Tableau 2), est aussi très hautement significative ($G_{ST} = 0.22$; $G_{ST}AMOVA = 0.28$ $p < 0,001$) comme révélé par les allozymes (El Mousadik et Petit, 1996a). Par ailleurs, Les provenances étudiées apparaissent être structurées génétiquement en trois pools (Aoulouz-Had Dra ; Alma-Biougra et Lakhsas) comme le prouve l'analyse bayésienne, l'analyse en composantes principales et la classification (UPGMA) établie sur les 150 géotypes (arbres) (Fig.1).

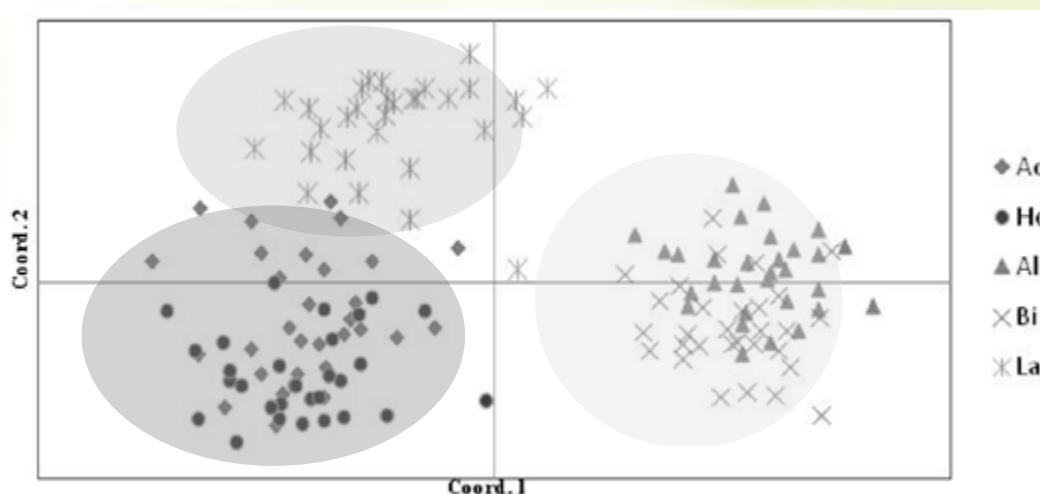


Fig. 1. Analyse en coordonnées principales basée sur la distance génétique de Nei's (1978).

Tableau 1. Différents morphotypes observés chez les cinq provenances évaluées

N°	Combinaisons possibles				Effectif par provenance					%
	FA	FF	FG	FC	Ao	Hd	Al	Bi	La	
M1	Dressé	Ovale	Ovale	Facile	13	2	5	5	6	20.67
M2	Dressé	Ovale	Ovale	Moyen	-	-	2	1	-	2.00
M3	Dressé	Ovale	Ovale	Difficile	3	1	-	1	-	3.33
M4	Dressé	Ovale	Arrondie	Facile	-	-	-	-	1	0.67
M5	Dressé	Ovale	Arrondie	Moyen	-	-	1	-	-	0.67
M6	Dressé	Ovale	Arrondie	Difficile	-	1	-	-	-	0.67
M7	Dressé	Arrondie	Ovale	Facile	1	7	-	4	3	10.00
M8	Dressé	Arrondie	Ovale	Moyen	-	-	2	-	-	1.33
M9	Dressé	Arrondie	Ovale	Difficile	2	1	1	1	-	3.33
M10	Dressé	Arrondie	Arrondie	Facile	3	3	11	3	11	20.67
M11	Dressé	Arrondie	Arrondie	Difficile	1	1	2	1	1	4.00
M12	Dressé	Fusifforme	Ovale	Difficile	-	-	-	2	-	1.33
M13	Dressé	Fusifforme	Fusifforme	Facile	2	2	2	1	2	6.00
M14	Dressé	Fusifforme	Fusifforme	Moyen	-	-	-	3	-	2.00

M15	Dressé	Fusifforme	Fusifforme	Difficile	1	-	-	2	-	2.00
M16	Pleureur	Ovale	Ovale	Facile	1	1	-	2	1	3.33
M17	Pleureur	Ovale	Ovale	Difficile	-	2	-	-	-	1.33
M18	Pleureur	Arrondie	Ovale	Facile	-	2	-	1	1	2.67
M19	Pleureur	Arrondie	Arrondie	Facile	-	2	-	-	2	2.67
M20	Pleureur	Arrondie	Arrondie	Difficile	-	-	-	-	1	0.67
M21	Pleureur	Arrondie	Fusifforme	Facile	-	1	-	-	-	0.67
M22	Pleureur	Fusifforme	Fusifforme	Facile	-	1	-	-	1	1.33
M23	Pleureur	Fusifforme	Ovale	Facile	-	-	-	1	-	0.67
M24	Semi-pleureur	Ovale	Ovale	Facile	1	-	-	-	-	0.67
M25	Semi-pleureur	Ovale	Ovale	Moyen	-	3	-	-	-	2.00
M26	Semi-pleureur	Arrondie	Ovale	Facile	-	-	2	1	-	2.00
M27	Semi-pleureur	Arrondie	Ovale	Difficile	1	-	-	-	-	0.67
M28	Semi-pleureur	Arrondie	Arrondie	Facile	-	-	2	1	-	2.00
M29	Semi-pleureur	Fusifforme	Fusifforme	Facile	1	-	-	-	-	0.67

FA : Forme de l'arbre, FF : Forme du fruit, FG : Forme de la graine, FC : Force de concassage, Ao : Aoulouz, Hd : Had Dra, Al : Alma, Bi : Biouggra, La : Lakhsas, M : Morphotype.

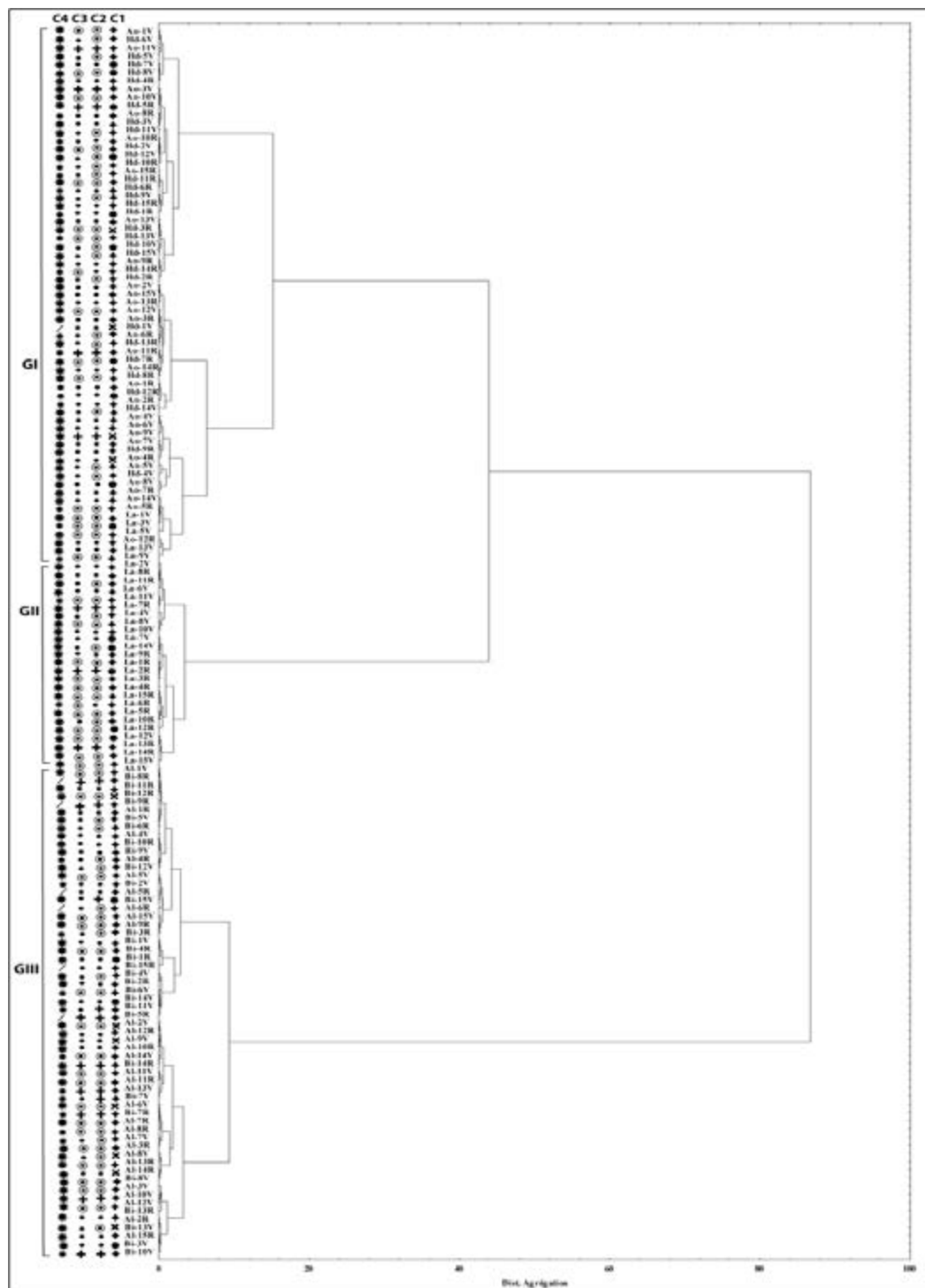
Provenance	Effectif	Moyenne $\pm$ Ecart type		Locus polymorphe	
		A	H	NLP	PLP (%)
Aoulouz	30	1.58 $\pm$ 0.37	0.33 $\pm$ 0.18	70	81.40
Had Dra	30	1.61 $\pm$ 0.38	0.34 $\pm$ 0.19	69	80.23
Alma	30	1.53 $\pm$ 0.37	0.30 $\pm$ 0.19	67	77.91
Biouggra	30	1.56 $\pm$ 0.37	0.32 $\pm$ 0.19	71	82.56
Lakhsas	30	1.59 $\pm$ 0.39	0.32 $\pm$ 0.20	65	75.58
Moyenne	30	1.56 $\pm$ 0.32	0.32 $\pm$ 0.16	68	79.54

Tableau 2. Estimation des paramètres de diversité génétique au niveau intra-provenance.

La provenance de l'Anti Atlas (Lakhsas) s'isole clairement de l'ensemble des quatre autres provenances, ce qui lui confère une structure génétique très différente. L'isolement ainsi par distance se trouve ici confirmé comme le prouve la valeur du flux de gène ($Nm = 1.78$). En effet, les variations topographiques peuvent aussi constituer une barrière contre les échanges polliniques, puisque ces provenances ont été échantillonnées dans

différentes régions, géographiquement distantes l'une de l'autre (de 50 km à 350 km) et à différentes altitudes (de 109 à 988 m).

Par ailleurs, ces résultats qui montrent que l'arganier possède une structure génétique très différenciée dans l'espace, pousse à penser sur le coût et l'effort à prévoir pour toute stratégie de préservation et ou de conservation de la diversité génétique in-situ. En plus, on peut en déduire qu'une analyse plus détaillée



sur plusieurs autres provenances est justifiée du fait que plus de 20% de la diversité se trouve distribuée entre les provenances.

Concernant, l'existence d'une éventuelle relation ou association entre les profils moléculaires et certains caractères agro-morphométriques de l'arganier, il est clair que cette relation est indépendante soit pour la forme des arbres en allant du dressé au pleureur, ou des fruits et graines selon les formes arrondies, ovales et fusiformes, ou les niveaux de facilité de concassage, et pour le rendement en huile (Fig. 2). En effet, toutes les combinaisons sont possibles et sont présentes dans toutes provenances, mais à des proportions différentes.

CONCLUSION

La caractérisation génétique à l'aide de neuf marqueurs moléculaires ISSR a montré une forte diversité génétique au sein et entre les provenances. Les analyses de la structure génétique spatiale utilisant les différentes techniques de classification (UPGMA, ACP et approche bayésienne), ont permis de ressortir trois grands sous-groupes qui reflètent l'importance de l'effet isolement géographique (Plateau de Chiadma (Had Dra) et Haut Atlas Occidental (Aoulouz) ; plaine de Souss (Biougra) et piedmont du haut Atlas occidental (Alma) ; Anti Atlas occidental (Lakhsas) comme barrière, contre les flux géniques d'une part, et le mode de reproduction de l'arganier à tendance entomophile d'autre part. Ce constat est renforcé par le niveau élevé de différenciation génétique ($G_{ST} = 0,22$), comme prouvé aussi par l'analyse moléculaire de variance où 28% de la variabilité se trouve distribuée entre les provenances. La combinaison entre ses deux types de marqueurs morpho-biométriques et moléculaires (génétiques) pourrait être exploitée dans des programmes de sélection et de croisements dirigés pour vérifier la légitimité des fécondations artificielles et pour l'identification variétale. Cette stratégie pourrait bénéficier de l'existence de marqueurs très polymorphes permettant l'étude des ségrégations entre parents et descendants.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ait Aabd, N. (2013). Apport des marqueurs phénotypiques et moléculaires pour l'analyse de la variabilité génétique de l'arganier. Sélection pour le rendement en huile. Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr. Agadir. p. 165 + annexes.

- Bani Aameur, F. Ferradous, A. (2001). Fruits and stone variability in three argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) populations. *Forest Genet* 8(1): 39-45
- Benchebkroun, F. Buttoud, G. (1989). L'arganeraie dans l'économie rurale du sud-ouest marocain forêt méditerranéenne t. XI, n° 2 : 127-136.
- Benchebkroune, F. (1995). Les systèmes agro-sylvo-pastoraux de l'arganier : approche typologique en vue de leur mise en valeur. Acte des journées d'étude sur l'arganier. Essaouira 29-30 septembre 1995 pp. 36-43.
- Benlahbil, S. (2003). Pollinisation naturelle et artificielle de l'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels). Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université Ibnou Zohr. Agadir. p. 157.
- Doyle, J.J., Doyle, J.L. (1987). A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochem. Bull.* 19: 11-15
- El Mousadik, A. Petit, R.J. (1996b). Chloroplast DNA phylogeography of argan tree of Morocco. *Molecular Ecology* 5: 547-555.
- El Mousadik, A. Petit, R.J. (1996a). High level of genetic differentiation for allelic richness among population of argan tree (*Argania spinosa* (L.) Skeels) endemic to Morocco. *Theoretical and Applied Genetics* 92: 832-839.
- Majourhat, K., Jabbar, Y., Hafidi, A. Martínez, G.P. (2008). Molecular characterization and genetic relationships among most common identified morphotypes of critically endangered rare Moroccan species *Argania spinosa* (Sapotaceae) using RAPD and SSR markers. *Annals of Forest Science* 65(8): p.805.
- Msanda, F., El Aboudi A. Peltier J.P. (2005). Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine. *Cahiers Agricultures* 14(4) : 357-364.
- Nei, M. (1978). Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics* 19: 583-590
- Pritchard, J.K., Stephens, M., Donnelly, P. (2000). Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155: 945-959
- Wright, S. (1951). The genetical structure of populations. *Annals of Eugenics* 15: 323-354.
- Yeh, F.C., Yang, R., Boyle, T.J., Ye, Z., Xiyan, M. (2000). POPGENE 32, Microsoft Windows-based

Genetic Inferences in Gene Flow study in *Argania spinosa* L. Skeels

El Bahloul Y.¹, Benaziz H.¹, Elguennouni S.¹, Gaboun F.²

¹Institut National de la Recherche Agronomique - Unité d'Amélioration des Plantes Conservation et Valorisation des Ressources Phytogénétiques - CRRA de Rabat

²Institut National de la Recherche Agronomique - Unité de Biotechnologie - CRRA de Rabat.

Email : yasmmina.elbahloul@inra.org.ma

RESUME

Les échanges géniques constituent des phénomènes importants dans la structure des modèles génétiques. Dans le monde végétal, les plantes à pollinisation croisée particulièrement, les plantes vivaces, sont très dépendantes des flux de gènes, soit par le pollen pour une migration à distance limitée ou bien par les graines pour de plus longues distances, voire même des échanges inter continentaux. La diversité des populations, telles que les arbres se trouve par conséquent affectée.

L'arganier dont la zone de répartition principale est le Sud-Ouest marocain ne se limite pas à cette zone. Les îlots hors zone de répartition principale témoignent d'une distribution génique entreprise à travers le temps et l'espace. En conséquence, les bases de flux de gènes ont un réel impact sur le processus de dispersion au cours du temps et doivent être élucidés. La recherche actuelle vise à évaluer la relation entre les distances géographiques et la répartition génétiques et leur impact sur la structuration des populations d'arganier dans les forêts du Maroc.

Des échantillons aléatoires ont été prélevés dans différentes régions du Maroc. Les données géographiques associées à la caractérisation des génotypes, ont été utilisées pour déterminer les distances génétiques. Les résultats ont montré une faible structuration de l'arganeraie du Sud, avec un flux de gènes induisant une dispersion continue dans l'espace. Aucune corrélation entre les distances géographiques et la distribution génétique et génique n'a été mise en évidence. Une forte structuration a par contre été notée dans les populations reliques. Par conséquent, deux hypothèses sont examinées en fonction des résultats empiriques : Les arganeraies reliques sont les résidus restants d'une grande colonisation de l'arganier au cours des derniers siècles, comme rapporté dans la littérature. La seconde hypothèse est qu'ils sont la conséquence d'un processus d'adaptation résultant de la distribution et des mouvements historiques des gènes, causés par la transhumance et les migrations humaines.

Mots clés: Flux de gènes, *Argania spinosa*, Distances génétiques, distribution génétiques.

ABSTRACT

Gene exchanges are major factors in genetic pattern structure. In the plant world, particularly perennial outcrossing plants, mating designs are very dependent on gene flow, either by pollen for short distanced targets or by seeds for longer distances. Diversity structure of concerned populations such as trees is consequently affected. Argan forest, mainly spread in the southwestern part of Morocco is still having historical forest fragment relics. Moreover, the nature of spatial structure is strongly related to genetic differentiation and evolution.

Accordingly, gene flow basics have a real impact on the dispersal process along the time and need to be elucidated. The current research aims to assess the relationship between geographical and genetical distances and their impact on populations' genetic structure among Moroccan argan forests. Samples have been randomly collected from different regions of Morocco. Geographical data combined with genotype characterization analyses, were used to determine the genetic distances between argan populations' gene pools.

Preliminary results of the current study showed no confirmed correlations between geographical and genetical distances. However, geographic variation expressed a phenotypic difference among native trees. Mantel test

based on Gower distance built on random permutations of original data, revealed variability in the significance of Pearson coefficient. A common origin is suggested. Consequently, two hypotheses are discussed according to empirical results and reported information. Argan relics are the remaining residues from a large colonization of argan trees during the last centuries, as reported in the literature. The second hypothesis is that the adaptive process resulted from the historical gene flow caused by transhumance and human migrations.

The results of this study highlight the importance of understanding the genetic structure of argan forest. This step is essential to establish an efficient sustainable ecosystem management of this highly threatened species.

Key words: *Gene Flow, Argania spinosa, Genetical distance, Geographical variation.*

INTRODUCTION

Les flux de gènes constituent des phénomènes de grande importance dans l'organisation génétiques des espèces. Chez les espèces végétales, particulièrement les plantes vivaces telles que les arbres, la dispersion des gènes reste tributaire du mode adopté et des facteurs liés à cette distribution, des barrières biologiques et de la distance parcourue (Wair, 1996).

L'arganier est connu comme étant un arbre du Sud-Ouest du Maroc. Il compte, toutefois, des vestiges historiques, qui sont des fragments de forêts hors zone de répartition principale. La nature allogame de l'espèce lui confère la caractéristique de disposer d'une structure spatiale fortement liée à la différenciation et à l'évolution génétique (Frankham et al, 2007). Les flux de gènes ont, par conséquent, un réel impact sur l'évolution des fréquences alléliques et sur les processus de dispersion au cours du temps qui doivent être élucidés.

L'étude présentée, propose d'évaluer la relation entre les distances géographiques et les distances génétiques et leur impact sur la structuration des populations de la forêt d'arganiers du Maroc.

MATERIEL ET METHODES

L'étude s'est basée initialement sur un échantillonnage aléatoire dans les différentes forêts marocaines de l'arganier. Chaque échantillon a été caractérisé par sa position géographique, par des descripteurs phénotypiques et par des données génétiques (El Bahloul et al, 2013).

Les données ont été combinées pour déterminer les distances génétiques entre les populations. Le test de Mantel (1967) a été effectué, pour déterminer la relation entre la dispersion génétique (distance à expliquer) à travers les distances géographiques (distance explicative). Le test utilisé permet de

permuter au hasard des données originales pour obtenir un coefficient de corrélation de Pearson et sa significativité (Dronnet, 2004). La comparaison a été réalisée sur des matrices de distances de Gower.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les distances géographiques entre chaque paire de populations ont été déduites des matrices de distances générées à travers les données positionnelles. Les distances génétiques ont été estimées par la combinaison des résultats phénotypiques et des Fst, qui représentent le taux de différenciation entre deux sous populations. Le coefficient de régression R^2 mesure le bruit associé à la détection du phénomène d'isolement par la distance (Figure 1).

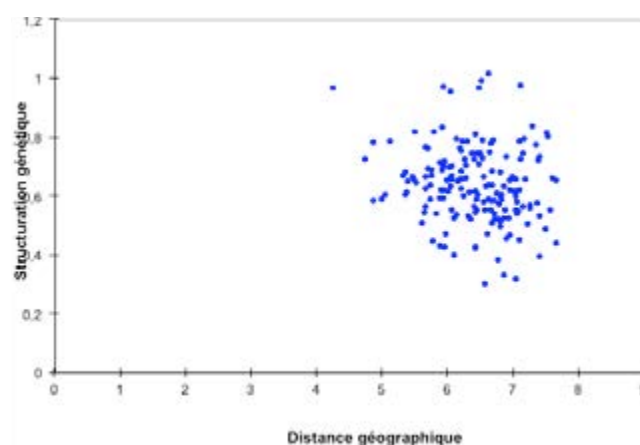


Figure 1 : Corrélation de matrices de distances pour des populations d'Arganier du Sud-Ouest du Maroc

Les analyses ont montré un coefficient de régression de -0,17 avec une p-value de 0,025. Ce résultat montre que les échanges géniques dans l'arganeraie du Sud disposent d'un mouvement continu, suivant le modèle de Kimura. Les flux de gènes suivent une dispersion avec une relation préférentielle entre

populations immédiatement adjacentes. La figure 2 schématise le mode de dispersion génique dans l'arganeraie du Sud marocain.

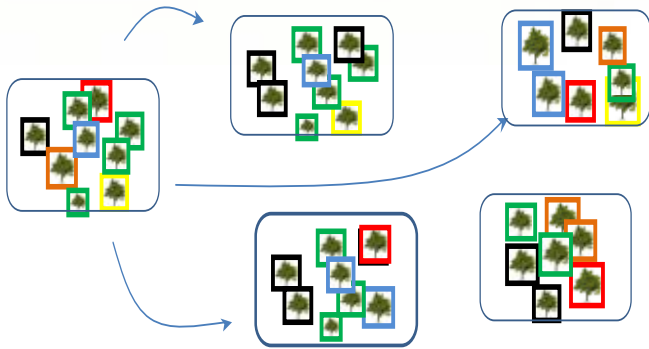


Figure 2 : Schéma de dispersion de gènes pour des populations d'Arganier du Sud-Ouest du Maroc

Les résultats obtenus pour les deux îlots reliques ont montré une forte corrélation des distances génétiques et géographiques. La structuration des populations s'explique par l'éloignement de l'arganeraie mère, par la petite taille et la faible densité des populations ; ainsi que par la structure du paysage. La dispersion génétique et l'évolution des espèces est un phénomène complexe qui fait intervenir en plus des facteurs naturels, l'impact de l'Homme et de son mode de vie. La compréhension et la maîtrise de ce complexe permettra d'élucider la relation entre les différents patchs de populations d'arganiers et surtout de déterminer s'ils sont des vestiges historiques d'une étendue de peuplement précédant une des extinction majeures connues par notre planète (Höglund, 2009), ou bien des recolonisations, plus ou moins récentes, et résultant de dispersions génétiques ayant conduit à une évolution adaptative aux nouveaux contextes environnements.

Les résultats de cette étude soulignent l'importance de comprendre l'évolution de cette espèce à travers le temps, mais également la prévention de son développement dans le futur.

CONCLUSION

L'étude de la distribution des gènes à travers l'analyse des fréquences alléliques de populations est un moyen d'accéder à la connaissance du processus de dispersion locale, spatiale ou dispersion dans le temps, qui intervient dans le remaniement de la

diversité génétique. Des analyses plus approfondies faisant intervenir des modèles statistiques qui impliquent tous les facteurs intervenant dans les mouvements de gènes, à travers toutes les forêts d'arganier, permettront de déterminer la dispersion géographique du génome d'*Argania spinosa* et de pouvoir contribuer à la compréhension la dynamique de la structure génétique des forêts d'arganiers, étape essentielle pour établir une gestion efficace et durable de l'écosystème de cette espèce très menacée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dronnet S 2004. Structure reproductrice, distances génétiques et variations chimiques, inter et intra coloniales, chez le termitier souterrain *reticulitermes santonensis* (feytaud). PhD Diss. Université Pierre et Marie Curie. France.
- El Bahloul Y, Dauchot N, Machtoun I, Bouzoubaa Z, Saidi N, Gaboun F 2013. Analyse de la diversité génétique de l'arganeraie marocaine : Collecte - caractérisation et analyse de la structuration des populations. Premier Congrès International sur l'Arganier : Acquis et perspectives de recherche scientifique. Pp 32 – 38.
- Frankham R, Ballou DJ, Briscoe DA 2007. Introduction to conservation genetics, 7th printing; CAMBRIDGE. UNIVERSITY PRESS: Cambridge.
- Höglund J 2009. Evolutionary Conservation Genetics, OXFORD UNIVERSITY PRESS: New York.
- Kimura M, Weiss GH 1964. The Stepping Stone Model of Population Structure and the Decrease of Genetic Correlation with Distance. Genetics. 49(4): 561–576.
- Mantel N 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. Cancer research. 27: 209-2.
- Wair BS 1996. Genetic Data Analysis II, Sinauer Associates: Sunderland, Massachusetts.

Effet de différents régimes d'irrigation sur la production de plants d'arganier en pépinière et comparaison avec trois espèces sahariennes

Ferradous A.¹, Alifriqui M.², Ouhammou A.², Bouglad A.², Srhir J.² et Chakib E.H.²

¹ Centre de Recherche Forestière, Marrakech, Maroc. ferabder@yahoo.fr

² Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semllalia de Marrakech

RESUME

L'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) se développe essentiellement dans les zones arides et semi arides du sud ouest marocain, d'où l'importance de l'économie de l'eau dans tout système de production végétale dans ces zones.

Pour optimiser l'utilisation de l'eau dans la production de plants d'arganier et de trois espèces sahariennes (*Balanites aegyptiaca*, *Faidherbia albida* et *Acacia nilotica*) en pépinière, quatre seuils d'humidité ont été appliqués pour déclencher l'arrosage des plants (10%, 20% 30 %, v/v du substrats et arrosage à capacité au champ). Après six mois de développement en pépinière, seuls les plants d'arganier issus du lot dont l'arrosage est fixé à un seuil de 10 % ont montré des valeurs inférieures au témoin. Il n'y a pas de différences significatives entre les valeurs de la hauteur des plants (autour de 20 cm), du diamètre au collet (autour de 4 mm) et des poids sec de la partie aérienne et racinaire entre les plants témoins et les plants dont le seuil d'arrosage est fixé à 30% et 20 % de l'humidité du sol. On peut donc réduire les fréquences d'arrosage en gagnant en qualité des plants. Les espèces sahariennes, à distribution plus large, résistent plus à la sécheresse mais profitent aussi des excès d'arrosage en continuant produire plus de matière végétale.

Mots clés : Arganier (*Argania spinosa* L.), plants, pépinière, irrigation, espèces sahariennes.

ABSTRACT

The argan tree (*Argania spinosa* L. Skeels) grows mainly in arid and semi-arid southwestern Morocco, hence it is important to save water in any system of crop production in these areas.

To optimize the use of water in the production of argan seedlings and three Saharan species (*Balanites aegyptiaca*, *Faidherbia albida* and *Acacia nilotica*), four levels of moisture were applied to trigger watering plants (10 %, 20% 30 % v / v and spraying the substrate at field capacity). .

After six months of development in the nursery, only plants from the argan tree lot which watering is set at a threshold of 10 % showed less than the control values. There are no significant differences between the values of plant height (about 20 cm), collar diameter (about 4 mm) and dry weight of the aerial part and root between the control seedlings and those with the irrigation threshold is set at 30% and 20% soil moisture. We can reduce the frequency of watering and win seedlings quality.

Saharan species, wider distributed, are more resistant to drought but also benefit from overwatering in order to produce more vegetal material.

Keywords: argan tree (*Argania spinosa* L.), seedlings, nursery, irrigation, desert species.

INTRODUCTION

L'eau constitue plus de 80% de la masse fraîche des plantes. Elle constitue, le réactif biochimique dans plusieurs processus tel que la photosynthèse. Elle maintient la turgescence des cellules et par conséquent favorise la croissance de la plante (Kramer, 1983). Plusieurs facteurs influent sur la quantité d'eau nécessaire pour la production de plants en conteneur hors sol : le climat, le substrat de culture, le système d'irrigation et les caractéristiques finales du plant souhaité. Dans le cas, d'un déficit hydrique, la croissance et toutes les fonctions physiologiques et métaboliques qui lui sont liées sont retardées. Le stress hydrique des plants qui en résulte, aura un effet sur l'élongation des racines et des tiges avec limitations du gain en volume et poids sec. Dans les régions tempérées, les taux de reprise en terrain de reboisement des plants de fortes dimensions sont supérieurs à ceux des petits plants quand les conditions sont défavorables (Jobidon et al., 2003). Pour obtenir ces plants, on a eu souvent recours à l'augmentation des volumes des conteneurs, des doses de fertilisants et aussi des fréquences d'irrigation (Lamhamedi et al., 2001). On a toujours tendance en pépinière à maintenir un niveau élevé d'humidité du substrat pour éviter le stress hydrique. Ces pratiques peuvent avoir pour conséquence la réduction du système racinaire et parfois l'inhibition de bourgeons et aussi le lessivage des éléments nutritifs (Castellano et Molina ; 1989). Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour mesurer le niveau d'humidité des substrats : La méthode gravimétrique, les sondes à neutrons, la tensiométrie, la résistance électrique et la Réflectométrie dans le Domaine Temporel (Lamhammedi et al., 2003). Chez l'arganier, la comparaison de quatre substrats et de deux systèmes d'irrigation pour produire les plants en pépinière a montré que la sub-irrigation permet d'avoir une conductivité plus importante des substrats en limitant les pertes par lessivage (Mokhtari et Berchil, 2013).

Ce travail a pour objectif l'étude de l'effet de trois régimes d'irrigation sur la croissance et le développement des plants d'arganier en pépinière en utilisant la méthode de réflectométrie dans le domaine temporel.

MATERIEL ET METHODES

On a travaillé sur des graines d'arganier provenant de la région de Rbai située à 30 Km à l'Est d'Essaouira et récoltées en 2010.

Les graines sont imbibées dans de l'eau pendant 24h,

traitées par un fongicide et mises entre deux couches de compost afin de faciliter leur prégermination.

Les graines de *Balanites aegyptiaca* sont récoltées dans la région de Foug Lhiss au sud du Maroc alors que les semences de *Faidherbia albida* et *Acacia nilotica* sont récoltées dans la région de Zag au Sahara Marocain.

Le substrat utilisé pour l'essai est composé d'un mélange de compost de grignon d'olive et de terreau dans des proportions 3 :1. Les caractéristiques physiques du substrat (porosités, capacité de rétention d'eau et densité) ont été mesurées en adoptant la méthode utilisée par Lamahamedi et al., 2006.

L'analyse de l'eau d'irrigation a été réalisée par la méthode photométrique qui mesure l'azote minéral (nitrate et ammonium), le phosphore et le potassium.

Les plants sont élevés dans des conteneurs alvéolés de 500ml de volume avec ouverture basale. Quotidiennement, des mesures d'humidité ont été réalisées en utilisant un humidimètre qui adopte la méthode de réflectométrie dans le domaine temporel (TDR). Elle permet de mesurer l'humidité volumique (volume d'eau dans un volume de sol, en %). Les plants sont séparés en quatre lots :

- Le premier lot Témoin est arrosé à la capacité au champ
- Le deuxième lot est arrosé quand l'humidité du sol descend à 30%
- Le troisième lot est arrosé quand l'humidité du sol descend à 20%
- Le quatrième lot est arrosé quand l'humidité du sol descend à 10%

Après 6 mois de croissance, 20 plants par lots ont été sacrifiés pour mesurer les caractères biométriques : Hauteur de la partie aérienne, diamètre au collet, nombre de branches, distance du collet à la première branche latérale, nombre de racines principales, poids frais de la tige, poids frais racine, poids sec de la tige et poids sec de la racine et les rapport poids sec/poids frais.

Le potentiel hydrique de base et minimum (midi) des plants est mesuré à l'aide d'une chambre à pression (Scholander et al., 1965). La conductance stomatique est mesurée à l'aide d'un poromètre model SC-1 et les surfaces foliaires à l'aide du scanner Area Metre AM300.

Les analyses statistiques (analyses de la variance, groupes homogènes) ont été réalisées à l'aide du logiciel MINITAB.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le substrat utilisé dans cet essai à une porosité totale moyenne de 61%, une porosité d'aération de 17% et une microporosité de 44% (capacité maximale de rétention d'eau). Les seuils d'humidité du sol v:v choisis pour le déclenchement des arrosages 10%, 20%, 30% sont respectivement 23%, 45% et 68% de la capacité totale au champ du substrat. Le témoin est maintenu généralement à la capacité au champ. Ceci a pour conséquence, des fréquences d'arrosages différentes selon le seuil fixé. En été par exemple, les fréquences sont :

- 7 fois par semaine pour les plants témoins
- 3 fois par semaine pour le seuil de 30 %.
- 2 fois par semaine pour le seuil 20%
- Moins d'une fois par semaine pour le seuil 10%.

Les analyses de l'eau d'irrigation ont montré qu'elle répond aux normes requises pour les pépinières forestières.

1. Chez l'arganier :

Après six mois de développement en pépinière (tableau 1) et pour pratiquement tous les caractères, seuls les plants issus du lot dont l'arrosage est fixé à

Espèce végétale	Humidité	Hauteur	Diamètre au collet	Nombre de branches	Nombre de racines principales	poids frais tige	poids frais racines	poids sec Tige	Poids sec racines	Rapport tige	Rapport racine
<i>Argania spinosa</i>	10%	12,79b	3,70	0,70	1,10cd	1,49c	1,57	0,56ab	0,53b	0,38	0,36a
	20%	19,88a	4,26	1,00	1,40bc	2,86ab	2,32	1,12a	0,84a	0,39	0,37a
	30%	20,85a	4,11	1,35	1,75b	3,44a	3,16	1,40a	0,87a	0,41	0,39a
	Témoin	20,50a	4,08	1,35	2,50a	3,60a	3,28	1,79a	0,92a	0,49	0,29b
	Probabilité	0,00**	0,23	0,36	0,01*	0,00**	0,08	0,04*	0,00**	0,76	0,00**
<i>Faidherbia albida</i>	10%	17,90b	2,10b	0,30	1,30	0,66bc	1,23b	0,18b	0,49b	0,27	0,39
	20%	17,80b	2,0b	0,30	1,00	0,70bc	1,24b	0,21b	0,51b	0,29	0,41
	30%	19,00b	2,01b	0,30	3,00	0,94b	1,74b	0,25b	0,68b	0,24	0,38
	Témoin	27,05a	2,54a	0,20	1,70	1,67a	3,47a	0,55a	1,22a	0,32	0,35
	Probabilité	0,00**	0,00**	0,98	0,07	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**	0,20	0,48
<i>Balanites aegyptiaca</i>	10%	17,90b	1,52cd	0,30	1,30	0,66bc	0,49b	0,27	0,39	17,90b	0,39
	20%	17,80b	1,89bc	0,30	1,00	0,70bc	0,51b	0,29	0,41	17,80b	0,41
	30%	19,00b	2,01b	0,30	3,00	0,94b	0,68b	0,24	0,38	19,00b	0,38
	Témoin	27,05a	2,54a	0,20	1,70	1,67a	1,22a	0,32	0,35	27,05a	0,35
	Probabilité	0,00**	0,00**	0,98	0,07	0,00**	0,00**	0,20	0,48	0,00**	0,48
<i>Acacia nilitica</i>	10%	21,70bc	3,42b	0	1,40	1,89bc	1,81b	0,86b	0,76	0,46	0,43
	20%	25,50b	3,71b	1,00	1,50	2,47b	2,09b	1,09b	1,63	0,44	0,85
	30%	27,35b	3,81b	0	1,60	2,65b	2,05b	1,04b	0,84	0,39	0,41
	Témoin	31,35a	4,46a	0	1,10	4,05a	3,08a	1,59a	1,04	0,39	0,35
	Probabilité	0,00**	0,00**	0,06	0,76	0,00**	0,00**	0,01*	0,33	0,10	0,29

Tableau 1 : Paramètres morphologiques des plants d'arganier et des espèces sahariennes en fonction du régime d'irrigation

un seuil de 10 % ont montré des valeurs inférieures au témoin. Il n'y a pas de différences significatives entre les valeurs de la hauteur des plants (autour de 20 cm), du diamètre au collet (autour de 4 mm) et des poids sec de la partie aérienne (autour de 1,5g) et racinaire (0,8g) entre les plants témoins et les plants dont le seuil d'arrosage est fixé à 30% et 20 % de l'humidité du sol (photo 1). Le rapport poids sec/poids frais de la racine indique en outre que les plants des deux lots 30% et 20 % sont meilleurs que les témoins étant donné que pour une même quantité de matière fraîche racinaire ils renferment plus de matière végétale et sont donc plus aptes à surmonter les conditions souvent défavorables de transplantation.

On peut donc réduire de 3 fois les fréquences d'irrigation habituellement pratiquées dans nos pépinières forestières en gagnant en qualité des plants. Des résultats similaires ont été obtenus pour l'épinette noire au Canada (Lamhamedi et al., 2003). Les mesures préliminaires des paramètres éco physiologiques (tableau 2), indiqueraient qu'il y a des différences significatives pour le potentiel hydrique de base et la conductance stomatique entre les différents lots de plants. Les plants les moins arrosés ont un potentiel hydrique plus important et une conductance stomatique plus faible que les plants les plus arrosés, ce qui indiquerait une meilleure prédisposition à la sécheresse chez les premiers. Ces résultats doivent être confirmés par un suivi de ces paramètres sur une longue période.

2. Chez les autres espèces :

Pour les trois espèces de l'écosystème saharien, l'analyse a montré que les différences significatives pour les caractères étudiés sont spécialement entre les plants témoins et les autres catégories. Pour *Faidherbia albida* et *Balanites aegyptiaca* par exemple, la hauteur des plants témoins est en moyenne de 27 cm significativement supérieure à la hauteur des autres catégories qui se situent autour de 17 cm. Mêmes tendances pour le diamètre au collet et les poids des plants.

On peut donc en conclure qu'en réduisant les fréquences d'irrigation, ces espèces réduisent leurs dimensions tout en gardant des normes satisfaisantes; mais aussi, elles peuvent profiter d'un arrosage maximum en produisant plus de matière végétale. En effet ces espèces, bien que sahariennes, ont une large distribution qui s'étend de part et d'autre du Sahara depuis le sud du Maroc jusqu'au Soudan, avec une tranche pluviométrique très vaste allant de 100 à 1000mm (John B. Hall 1992 et Wood, 1992).

CONCLUSION

On peut réduire les fréquences d'arrosage habituelles des plants d'arganier en pépinière de trois fois tout en gagnant en qualité de plant. En attendant leurs performances en terrain de reboisement, les plants obtenus seraient plus disposés à surmonter les chocs de transplantation. Les espèces sahariennes seraient, en cas de l'augmentation de l'aridité, une alternative du choix de reboisement dans les conditions marginales de l'arganeraie.

	Potentiel de base (MP)	Potentiel de Midi (MP)	Conductance stomatique (mmol/m ² s)	Surfaces foliaires (mm ²)
10,00	-0,78a	-1,74	24,98b	27,40b
20,00	-0,71ab	-1,46	41,22b	34,80b
30,00	-0,64bc	-0,98	46,30a	64,60a
Témoin	-0,60c	-1,40	74,60a	85,60a
Probabilité	0.02*	0.21	0.00**	0.01*

Tableau2 : Potentiel hydrique, conductance stomatique et surfaces foliaires des plants d'arganier en fonction du régime d'irrigation

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Castellano A., Michael A.; Molina, Randy, 1989. The Container Tree Nursery Manual- Volume 5: The Biological Component: Nursery Pests and Mycorrhizae. US Department of Agriculture Forest Service. Agriculture Handbook 674
- Hall John B.; 1992. Ecology of a key African multipurpose tree species, *Balanites aegyptiaca* (*Balanitaceae*) : the state-of-knowledge. Forest Ecology and Management, Vol 50, Issues 1-2, Pages 1-30.
- Kramer P J1983. Water Relations of Plants. Academic Press, New York.
- Lamhamedi, M.S., Lambany, G., Margolis, H., Renaud, M., Veilleux, L., et Bernier, P.Y. ; 2001. Growth, physiology and leachate losses in *Piceaglauca seedlings* (1+0) grown in air-slit containers under different irrigation regimes. Can. J. For. Res. 31: 1968-1980.
- Lamhamedi Mohammed S. , Hank Margolis, Mario Renaud, Linda Veilleux et
- Isabelle Auger, 2003. Effets de différentes régies d'irrigation sur la croissance, la nutrition minérale et le lessivage des éléments nutritifs des semis d'épinette noire (1+0) produits en récipients à parois ajourées en pépinière forestière. Can. J. For. Res. Vol. 33, 279-291.
- LAMHAMED I M., FECTEAU B., GODIN L., GINGRAS C., 2006. Guide pratique de production hors sol de plants forestiers. Pastoraux et ornementaux en Tunisie. ISBN 9973-914-08-2. 88 p (+ Annexes)
- MOKHTARI Mimoun et Abdellah BERCHIL, 2011. Effet de quatre substrats combinés à deux systèmes d'irrigation sur la qualité des plants d'Arganier produits en conteneurs. Actes du Premier Congrès International de l'Arganier, Agadir 15 - 17 Décembre 2011. pp337-341.
- OBIDON, R., V.ROY et G.CYR, 2003. Net effect of competing vegetation on selected environmental conditions and performance of four spruce seedling stock sizes after eight years in Québec (Canada). Ann. For.Sci. 60 60, 691-699
- SCHOLANDER P.F., HAMMEL H.J., BRADSTREET A. and HEMMINGSEN E.A., 1965. Sap pressure in vascular plants. Science, 148, 339-346.
- Wood P.J. 1992. The Botany and Distribution of *Faidherbia albida*. in and enbeldt, R.J. (ed.) 1992. *Faidherbia albida* in the West African semi-arid tropics: proceedings of a workshop, 22-26 Apr 1991, Niamey, Niger. (In En. Summaries in En, Fr, Es.) Patancheru, A.P. 502 324, India.

Potentiel fixateur d'azote des Légumineuses associées à l'arganier au Maroc

Galiana A.¹, Kenny L.², Prin Y.¹, Abouzid A., Achour A.³, Domergue O.¹, Duponnois R.¹ & Benismaïl M.²

¹ Laboratoire des Symbioses Tropicales et Méditerranéennes – UMR 113 LSTM (CIRAD/IRD/INRA/SupAgro/UM2)
Campus de Baillarguet 34398 Montpellier Cedex 5

² Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Agadir, Maroc.

³ Direction Régionale des Eaux et Forêts du Souss-Massa-Draa, Agadir, Maroc.

RESUME

A côté des systèmes de cultures traditionnelles à base de céréales, largement répandues dans le sud-ouest marocain, les légumineuses constituent un complément alimentaire et fourrager indispensable. Nos travaux ont pour objectif général de développer des modèles de gestion durable pour les agro-écosystèmes à base d'arganier et de réhabiliter les arganeraies dégradées via l'utilisation des symbioses racinaires fixatrices d'azote, tout en préservant leur diversité. La première partie de notre travail visait à sélectionner des espèces candidates naturellement associées à l'arganier ayant un potentiel fixateur d'azote atmosphérique élevé et d'intérêt fourrager en vue d'une réintroduction au sein de systèmes agroforestiers améliorés à base d'arganier ou en tant qu'espèces accompagnatrices ou facilitatrices dans le cadre de programmes de plantations d'arganier. A cette fin, trois campagnes de prospection et de récolte au sein d'arganeraies anciennes à anthropisation plus ou moins marquée ont été réalisées dans treize sites représentatifs et diversifiés de l'aire de distribution naturelle de l'arganier. Les proportions de N atmosphérique fixé (%Nd_{fa}) in situ, estimées par la méthode d'abondance isotopique naturelle en ¹⁵N, étaient très élevées, variant de 80 à 98% selon les espèces. Une étude similaire et complémentaire a été réalisée au sein d'un système agroforestier associant l'arganier à des rotations de culture orge-légumineuses. Ces travaux ont montré que certaines légumineuses à graines fixaient 80 à 99 % de N dont une proportion non négligeable était transférée aux arganiers intercalaires. Ces résultats montrent l'intérêt d'utiliser les légumineuses pour le maintien de la fertilité et la pérennité des agro-écosystèmes à base d'arganiers.

Mots clés : agroforesterie, arganier, fixation d'azote, légumineuses fourragères, légumineuses à graines.

ABSTRACT

Besides traditional cereal cropping systems that are widespread in southwest Morocco, legumes constitute essential food and forage supplements. Our work aims to develop models of sustainable management for argan-based agro-ecosystems and rehabilitate degraded argan stands through the use of nitrogen-fixing root symbioses, while preserving agro-biodiversity of the argan forest. The first part of our work aimed to select candidate species naturally associated with the argan tree that have both high atmospheric nitrogen fixing-potential and high forage quality in view of further re-introduction into improved argan-based agroforestry systems or as accompanying species or facilitators in the framework of argan plantation programs. Hence, three prospection and collection campaigns in old argan stands with different anthropisation levels were performed on thirteen representative and ecologically diversified sites within the natural range of the argan tree. The proportions of atmospheric N fixed (Nd_{fa} %) in situ, estimated by the ¹⁵N natural abundance method, were very high ranging from 80 to 98% according to species. A similar and complementary study was carried out on an agroforestry system associating argan trees and barley-grain legumes crop rotations. This experiment showed that some of the grain legumes tested fixed 80 to 99% of N, from which a significant proportion was transferred to the interplanted argan trees. This study shows that legumes significantly contribute to the maintenance of soil fertility and sustainability of argan-based agricultural systems.

Keywords: agroforestry, argan, nitrogen fixation, forage legumes, grain legumes.

INTRODUCTION

A côté des systèmes de cultures traditionnelles à base de céréales, comme l'orge et le maïs largement répandues dans le sud-ouest marocain, les légumineuses constituent un complément alimentaire indispensable localement, notamment des légumineuses protéagineuses comme la fève ou le haricot. En dehors des zones cultivées, les légumineuses spontanées sont abondamment représentées au sein de l'arganeraie et représentent une source de fourrage très importante dans ces systèmes agro-sylvo-pastoraux avec la présence d'une grande diversité d'espèces fourragères appartenant notamment aux genres *Medicago*, *Ononis*, *Genista*, *Acacia*, *Chamaecytisus* et *Retama* (Msanda et al., 2005). Ces dernières espèces pourraient être mieux valorisées pour la production de fourrage tout en allégeant la pression ovine sur l'arganier. Ceci d'autant plus que toute la zone de distribution de l'arganeraie s'appauvrit sans cesse en espèces relictuelles rattachées à l'ordre phytosociologique de l'Acacio-Arganietalia tel que défini par Barbero et al. (1982), cette association originelle ne pouvant plus s'observer que dans les peuplements d'arganiers mis en défens. Ceci est dû à une pression anthropique sans cesse croissante et à la généralisation de l'agriculture irriguée intensive dans les zones de plaine en particulier, qui sont

autant de facteurs aggravants dans un contexte de réchauffement climatique global. La première partie de notre étude avait ainsi pour but d'identifier à travers l'aire de distribution naturelle de l'arganier des espèces fourragères spontanément associées à l'arganier ayant un potentiel fixateur d'azote élevé, ceci dans le but d'une réintroduction future au sein de systèmes agroforestiers améliorés, ou en tant qu'espèces accompagnatrices ou facilitatrices dans le cadre de programmes de plantations d'arganier. Une approche similaire et complémentaire a été réalisée dans le cadre d'un système agroforestier intégrant des cultures traditionnelles orge-légumineuses au sein d'une jeune plantation d'arganier, afin de quantifier la pourcentage de N₂ fixé au champ par différentes espèces de légumineuses à graines, dont la fève, le pois et le lupin, ainsi que la proportion d'azote fixé transféré des légumineuses aux arganiers intercalaires au cours de rotations de culture successives.

MATERIELS ET METHODES

1. Potentiel fixateur d'azote des légumineuses fourragères spontanées associées à l'arganier :

Dans la première partie de notre étude, trois campagnes de prospection au sein d'arganeraies anciennes à anthropisation plus ou moins marquée ont été réalisées dans treize sites représentatifs et contrastés de l'arganeraie marocaine : Aghroud,

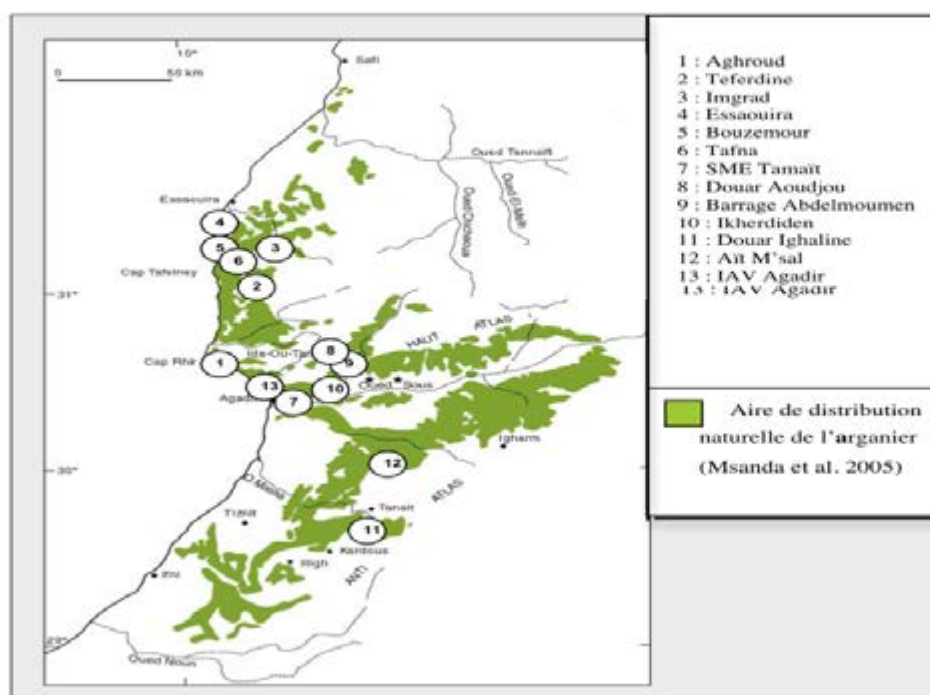


Figure 1 : Localisation des sites de prélèvement au sein de l'arganeraie

Teferdine, Imgrad, Essaouira, Bouzemour, Tafna, Tamaït, Douar Aoudjou, Barrage Abdelmoumen, Ikherdiden, Douar Ighaline, Aït M'sal et Réserve de la Biosphère de l'IAV d'Agadir (Figure 1). Nous avons procédé à une récolte systématique de matériel végétal (feuilles, branches et racines) sur les arganiers et leurs espèces accompagnatrices, lesquelles étaient représentées par douze espèces différentes de légumineuses et plus d'une vingtaine d'espèces d'autres familles botaniques pour l'ensemble des sites. Ces dernières espèces de non-légumineuses ont été utilisées comme espèces témoins pour estimer la proportion d'azote atmosphérique fixé in situ chez les légumineuses adjacentes. L'échantillonnage a été effectué à raison de trois points de collecte par site représentés chacun par un arganier central adulte entouré de ses espèces associées dans un rayon inférieur à 5 m. Les échantillons récoltés ont été séchés à l'étuve puis finement broyés avant de procéder aux analyses d'azote total et d'abondance isotopique naturelle en ^{15}N par spectrométrie de masse.

2. Potentiel fixateur d'azote de légumineuses à graines et transfert d'azote fixé à l'arganier :

L'essai agronomique a été réalisé selon un dispositif en blocs complets équilibrés où cinq cultures différentes ont été testées en année 1 : orge, fève, pois, lupin et jachère spontanée. En année 2, quatre types de rotation de culture ont été appliqués : céréale/jachère, céréale/légumineuse, légumineuse/légumineuse et jachère/légumineuse. Les placettes de ce dispositif statistique ont été mises en place au sein d'une plantation d'arganiers âgés de 1 an au moment du premier semis de cultures annuelles. Des prélèvements d'échantillons des différentes cultures et d'arganiers intercalaires ont été effectués en fin de rotation (année 2). Après séchage à l'étuve, pesage puis broyage fin, les échantillons ont été analysés pour détermination des teneurs en N total et abondance isotopique naturelle en ^{15}N .

3. Evaluation de la fixation d'azote :

La teneur en N total des échantillons et leur abondance isotopique naturelle en ^{15}N ont été mesurées avec un spectromètre de masse Finnigan (Delta S type, Bremen, Germany) couplé à un analyseur élémentaire (INRA Reims). Le pourcentage d'azote dérivé du N_2 atmosphérique (%Ndfa) a été calculé d'après l'équation suivante (Shearer and Kohl, 1986):

$\% \text{Ndfa} = (\text{d}15\text{N}_{\text{nf}} - \text{d}15\text{N}_f / \text{d}15\text{N}_{\text{nf}} - b) \times 100$, où $\text{d}15\text{N}_{\text{nf}}$ est l'abondance naturelle en ^{15}N de la plante

de référence non-fixatrice de N_2 ; $\text{d}15\text{N}_f$, l'abondance naturelle en ^{15}N de l'espèce de légumineuse étudiée; et b, le facteur de fractionnement isotopique correspondant au $\text{d}15\text{N}$ mesuré chez l'espèce de légumineuse étudiée fixant 100% d'azote en conditions expérimentales.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Potentiel fixateur d'azote des légumineuses fourragères spontanées associées à l'arganier

La présence de légumineuses au sein du cortège floristique de l'arganier était systématique dans tous les sites visités sauf dans les zones les plus arides localisées au Sud d'Agadir où les strates herbacée et arbustive étaient très peu végétalisées. Dans chacun des treize sites, les abondances isotopiques naturelles en ^{15}N ($\text{d}15\text{N}$) des différentes espèces de légumineuses étaient souvent proches de 0 et variaient de $-1,5$ à $+2,0\text{‰}$, quels que soient le site et le point de récolte dans chaque site sauf chez *Acacia gummifera* dont le $\text{d}15\text{N}$ variait de $-1,0$ à $+4,0\text{‰}$. A l'inverse, toutes les espèces de non-légumineuses avaient en général un $\text{d}15\text{N}$ nettement supérieur à celui des légumineuses, variant de 0 à $+7\text{‰}$ selon les endroits. Ceci montre que les espèces de non-légumineuses assimilent l'azote du sol dont la signature isotopique est élevée et que les légumineuses fixent une proportion d'azote atmosphérique importante simultanément à une assimilation d'azote du sol. Pour estimer la proportion d'azote d'origine atmosphérique fixé par les légumineuses, nous avons utilisé pour chaque site le $\text{d}15\text{N}$ moyen de toutes les espèces non-fixatrices comme référence, y compris l'arganier dont le $\text{d}15\text{N}$ était proche du $\text{d}15\text{N}$ moyen des autres espèces non-fixatrices dans chaque site. On a pu ainsi montrer que la majorité des espèces de légumineuses analysées fixaient des proportions d'azote très élevées dans tous les sites prospectés. Tous sites confondus, cette proportion de N fixé (Ndfa%) variait de 80 à 98% chez 5 espèces parmi les 6 analysées : *Genista* sp., *Retama monosperma*, *Chamaecytisus mollis*, *Hesperolaburnum platycarpum* et *Ononis natrix* (Tableau 1).

Seul *Acacia gummifera* présentait un taux de fixation inférieur atteignant seulement 48% en moyenne. Cependant, l'aptitude d'*A. gummifera* à fixer N variait fortement, de 12 à 82% sur les 4 sites où elle était présente. Les autres espèces de légumineuses avaient une aptitude à fixer N très élevée dans tous les sites sauf à Bouzemour où les 4 espèces observées avaient un taux de fixation moyen d'environ 50% contre une moyenne globale de 85% pour les 9 autres sites. Ceci

	<i>Acacia gumifera</i>	<i>Genista sp.</i>	<i>Retama monosperma</i>	<i>Chamaecytisus sp.</i>	<i>Hesperolaburnum sp.</i>	<i>Ononis natrix</i>	%Ndfa per site
Aghroud	70,0	95,1					82,6
Teferdine						70,3	70,3
Essaouira			93,4				93,4
Bouzemour	11,8	57,9		44,7		92,1	51,6
Tamait	82,2						82,2
Abdelmoumen		92,5					92,5
Ikherdiden		94,2					94,2
Douar Ighaline		100	82,4				91,2
Ait M'sal			82,2	100	97,8		93,3
réserve Agadir	27,8			93,2			60,5
%Ndfa moyen par espèce :	48,0	88,0	86,0	79,3	97,8	81,2	

Tableau 1: Pourcentage d'azote fixé (Ndfa%) par les différentes espèces de légumineuses arbustives associées à l'arganier au sein des sites prospectés

pourrait être dû au fait que Bouzemour est situé au cœur d'une zone pastorale dont la relative richesse du sol en nitrates pourrait avoir un effet inhibiteur sur l'activité fixatrice de N.

Les teneurs des feuilles en N total ne montrent pas de différences marquées entre espèces de légumineuses et de non-légumineuses, puisque, sur l'ensemble des sites prospectés, elles varient de 13 à 34 g/kg chez les premières et de 8 à 40 g/kg chez les secondes. Cependant, ce critère peut être important pour le choix d'espèces fixatrices d'azote à introduire produisant une litière riche en N et à décomposition plus rapide pour l'amélioration de la fertilité des sols des systèmes sylvo-agro-pastoraux.

2. Potentiel fixateur d'azote de légumineuses à graines et transfert d'azote fixé à l'arganier

Les abondances isotopiques naturelles en ^{15}N mesurées dans les feuilles des différentes légumineuses variaient fortement selon l'année, mais aussi selon l'espèce testée. Corrélativement, les proportions d'azote fixé (%Ndfa), estimées à partir des valeurs d'abondance en ^{15}N , variaient selon l'espèce et l'année: en année 1, le petit pois fixait environ 60% de N et 80% en année 2. De façon similaire, nous avons observé des taux de fixation de N élevés chez la fève avec une forte augmentation entre les années 1 et 2, passant de 33 à 99% respectivement. Par contre, le lupin ne fixait pas de N au cours des deux années de cultures successives, ceci pouvant expliquer les faibles rendements obtenus chez le lupin et les faibles teneurs des feuilles en N. Bien que l'azote fixé augmentait sensiblement chez le petit pois et la fève d'une année à la suivante, la nature du précédent cultural (orge, jachère ou légumineuse)

n'avait pas d'effet sur la proportion d'azote fixé par les différentes espèces de légumineuses en année 2. L'augmentation générale du %Ndfa en année 2 pour le petit pois et la fève était principalement liée au fort accroissement des rendements observé pour ces cultures en année 2, lui-même d  à un cycle de culture plus long.

Le transfert de N fixé des légumineuses aux arganiers intercalaires a été évalué en mesurant l'abondance naturelle en ^{15}N dans les feuilles d'arganiers après 2 années de rotations de cultures dont les résidus étaient enfouis dans le sol après récolte du grain. Dans trois blocs sur les quatre de l'essai, cette abondance naturelle en ^{15}N était inférieure dans les arganiers ayant poussé en association avec la Fève et le Pois par rapport à celle mesurée dans les arganiers ayant poussé pendant 2 ans de rotation Jachère / Orge. Dans ces trois blocs, les proportions de N fixé transféré des légumineuses à l'arganier variaient de 5,6 à 9,2%.

CONCLUSION

Cette étude nous a permis d'identifier, parmi de nombreuses espèces inventoriées, plusieurs légumineuses arborées, arbustives ou herbacées à haut potentiel fixateur d'azote ayant un intérêt fourrager et/ou écologique. Dans une perspective d'intensification écologique des systèmes agroforestiers à base d'arganiers favorisant l'utilisation des légumineuses fourragères et alimentaires, il reste à évaluer sur un plus long terme le comportement de ces différentes espèces en association avec l'arganier, et plus particulièrement leur production de biomasse et de litière, la quantité d'azote fixé apportée au système et leur effet sur la fertilité des sols et la nutrition de l'arganier.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Barbero M, Benabid A, QuézelP, Rivas-Martinez S et A Santos, 1982. Contribution à l'étude des Acacio-Arganietalia du Maroc sud-occidental. Documents Phytosociologiques, 6: 311-338.

Msanda F, El Aboudi A and Peltier JP, 2005. Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine. Cahiers Agricultures, 14: 357-364.

Shearer G and Kohl DH, 1986. N₂-fixation in field settings: estimations based on natural ¹⁵N abundance. Australian Journal of Plant Physiology 13: 669-756.

Growing Argan trees under Kuwait's harsh environmental conditions

Al-Menaie H.S. and Al-Shatti A.

Kuwait Institute for Scientific Research, P.O. Box 24885, Safat 13109, Kuwait

E-mail : hmanaie@kisir.edu.kw

ABSTRACT

The effects of aridity limited the range of crops that can be grown in Kuwait. Consequently, there is considerable government support for research on drought tolerance in plants used for greenery and landscaping. The Kuwait Institute for Scientific Research (KISR) has been active for a number of years in the field of landscaping and plant introduction in support of greenery and environmental enhancement.

Argan (*Argania spinosa* L. Skeels) is a multipurpose tree, which is a native to Morocco and is geographically distributed in an area of about 800,000 ha in the semi arid and arid bioclimatic conditions. The argan tree may play a role in sustainable desert rehabilitation activities. The research work on argan in Kuwait was initiated in 2005, to introduce and evaluate argan tree for greenery, and desertification control in collaboration with scientists from Morocco. KISR researchers conducted many scientific missions to Morocco during the seed maturation season and selected individual trees from which seeds were collected and marked for future reference. Phase I and Phase II were completed in 2007 and 2009 respectively, and KISR was successful in obtaining a large number of seedlings. Based on the results of different studies conducted, it was found that argan seedlings exhibited notable ability to survive under the harsh climatic conditions of Kuwait. This paper will demonstrate the status of the ongoing argan research in Kuwait.

Key words: *argan, greenery, Kuwait.*

INTRODUCTION

The argan tree (*Argania spinosa* L. Skeels) is an endemic species of the southwestern part of Morocco between Essaouira and Agadir, where it grows in an ecosystem of about 320,000 square miles. For centuries, this slow-growing and spiny tree has played an important ecological and ethno-medicinal function in this part of Morocco.

Argan is a keystone species used for landscape stability in southwestern Morocco. It shields thin soils from erosion, especially in overgrazed lands where soil's water absorption capacity is diminished. The tree possesses a strong adaptive strategy with respect to the dryness of the environment in its range, where the annual precipitation is around 100 mm (El-Aboudi, 1990; Peltier et al., 1990; 1992; Houérou, 1992).

From the seeds of this tree, tasty edible oil is obtained, and the leftover cake, mixed with the leaves of the same tree, is used as animal feed. Since this tree is

well-adapted to grow in arid lands, with an extensive and deep root system, it is a good candidate for the introduction of slowing down desert progress and sand dune movement, the development of an industry based upon oil and secondary metabolite processing, and for the development of greenery applications. The crude oil is being used by the natives in Morocco as food and in cosmetic skin preparations.

The tree's silvicultural characteristics coupled with its reputation as a hardy tree were instrumental in its selection for its introduction to Kuwait as the Kuwait Institute for Scientific Research (KISR) in association with Public Authority for Agriculture and Fish Resources (PAAFR) has submitted the master plan for the development of Kuwait's agricultural sector which has the stated objective of introducing dual purpose trees with a potential for greenery and landscape beautification programs to Kuwait. Therefore, this paper represents the practices used to introduce argan trees to Kuwait.

MATERIALS AND METHODS

Since the argan tree is endemic to southwestern Morocco, and it was not possible to obtain seeds or stem tissues from any other place, a scientific mission was proposed to Agadir, Morocco for the following objectives:

- To collect the seed and planting materials for propagation studies.
- To get familiarized with the argan tree productivity, oil extraction etc.
- To explore the possibilities of collaboration with Argan experts and institutions.

A consultant from Morocco, Prof. Mariam Naciri of University Mohammad V, Faculty of Science, Rabat, was agreed to provide consulting services. Also, she provided logistics and accompanied KISR's research team to argan growing forests in Agadir for the collection of seeds from the different ranges of Argan trees in the southwest of Morocco and to visit the Institute of Agronomy and Veterinary, Hassan II in Agadir. She assisted the team in the collection of seeds and cuttings. After this visit, Dr. Sabah Zaheri from the Institute of Agronomy and Veterinary, Hassan II in Agadir became the second consultant to KISR in addition to Naseri.

Experiment 1. Effects of seed size and presowing soaking on germination

This experiment consisted of a combination of seed sizes (light [<3 g], medium [$3.0 - 4.0$ g] or heavy [> 4 g]) and presowing soaking (24 hr soaking in fresh water, 5 min dipping in hot water at 70°C or no soaking control). Following the treatment, the seeds were sown in transparent polyethylene containers. The bottom of these containers was lined with tissue paper moistened with distilled water. Ten seeds were incubated in each container and were covered with a thin layer of moistened absorbent cotton to maintain adequate moisture during germination. Each treatment was replicated 10 times. The final germination percentage was calculated and recorded (Table1).

Experiment 2. Effects of germination promoters

One hundred healthy seeds were soaked in different concentrations of gibberellic acid (0.1, 0.25, 0.5, 1.0 or 2.0g/l) or potassium nitrate (2.5 or 5.0g/l) for 24 hrs in glass beakers that were covered with black polythene sheets to avoid photo oxidation of the gibberellic acid. The germination process in this experiment was conducted in the same manner as experiment 1. After sowing, the containers were placed in laboratory at

25°C . Each treatment was replicated 10 times in a completely randomized design. This data is recorded in Table.1.

Experiment 3. Field plantation

This experiment was conducted at the Urban Demonstration Garden (UDG) site of KISR, Salmiya. The selected plot for the experiment was measured, and based on the dimensions of the available plot, the experiment was designed taking other elements into consideration, like wind breaks, availability of sunlight, proximity to other plants, water source and branching habit of argan, as all these factors have a direct and indirect effect on the growth and establishment of argan plants. The produced plants were planted in the field and growth parameters were recorded (Table.2).

RESULTS

Observations on seed germination were recorded daily and the total germination percentage was calculated for each treatment. The data were statistically analyzed using the ANOVA procedure. Significant treatment means were separated by Duncan's Multiple Range Test.

Experiment 1. Effects of seed size and presowing soaking on germination.

The highest germination percentage (66%) was recorded in heavy seeds with an average seed weight of >4 g (Table 1). In contrast, 44% germination was observed in light and medium seeds without soaking. The light and heavy seeds did not germinate when they were dipped in hot water, whereas the medium seeds showed 4% germination. Fresh water treatment also affected germination as evident by the fact that only 15 to 30% germination was noticed in the different categories of seeds.

Experiment 2. Effects of germination promoters.

Soaking in water, gibberellic acid (GA3) or in potassium nitrate (KNO3) solution affected the total germination (Table 1). Among the different GA3 treatments, soaking seeds in 500 ppm solution resulted in the highest germination (30%) and was followed by 100 ppm and 250 ppm. Increasing the concentration further did not have any effect. Similarly, soaking in KNO3 resulted in 43-48 % germination, which was lower than that in control, but higher than in GA3. However, soaking in water, gibberellic acid and KNO3 induced early germination. In case of GA3 and KNO3, maximum germination was observed five days after soaking. In contrast, control seeds (no soaking) showed the highest germination (64%), but the maximum germination was observed on the eighth day.

Treatments*	Number of Germinated Seeds Daily**										Total
	4 D	5 D	6 D	8 D	11 D	13 D.	14 D.	15 D.	18 D.	19 D.	
No Soaking		8	12	30	12		2				64 d
Fresh Water	2	9	2	7	2		3	3		1	29 b
GA100 ppm		9	1	7			6		2	1	27 b
GA250 ppm		12	6	1	1		1	4		1	26 b
GA500 ppm	1	6	5	2	5	1	2	4	2	2	30 bc
GA1000 ppm		4	4	1			3	1	1		10 a
GA2000 ppm		4	2	2	2		3	3			16 ab
0.25% KNO ₃	3	13	11	3	8		3	3		1	43 c
0.5% KNO ₃	3	14	13	7	4		1	4			48 c
Std. error of mean***											±6.7

Table 1. Effect of different treatments on the germination of Argan seed

* Seeds were soaked in fresh water, gibberellic acid or potassium nitrate (KNO₃) solutions for 24 hrs prior or sowing. Seeds with 1 mm or longer plumule were considered as germinated.

** D = Days after sowing. Total number of seeds used for each treatment was 100 (10 replications each of 10 seeds).

*** Data were analyzed using one-way ANOVA procedures. Significant means were separated by Duncan's Multiple Range Test. The means followed by the same alphabet are not significantly different at $P < 0.05$.

Experiment 3. Field performance

Table.2 Plants performance in the field

Plant age/year	Average ht. (cm)
1	49
2	75
3	110
4	150
5	200
6	250

DISCUSSION AND CONCLUSION

The control treatment of seeds in this species showed 44 to 69% germination which indicated that a number of seeds were either dormant or nonviable at the start of the experiment. A number of treatments have

shown improvement in the germination of dormant seeds. Interestingly, soaking in water or pretreatment with GA3 or KNO₃, although, did not improve total germination, it reduced the time for the initiation of germination and the time required to achieve 50% germination. This showed that these treatments were effective in inducing metabolic activity in the embryo required for the initiation of germination process. However, prolonged soaking in water or chemical solution may have caused the leaching of naturally occurring hormone or electrolyte from the seed, which adversely affected the germination. Therefore, it may be worthwhile to assess the effect of reduced soaking period on germination. In contrast, hot water treatment was detrimental to germination thereby eluding to the fact that hot water probably damaged the embryo that led to germination failure. Further studies, however, are required to understand the actual mechanism involved in the initiation of germination process in this species.

The transplanted seedlings exhibited remarkable ability to tolerate stress. Monthly observations on plant height and branching have indicated that the transplanted seedlings while having adapted very well to the relatively new harsh environment were slightly susceptible to frost injury when exposed to temperatures below 10°C. The plants also exhibited a relatively lower growth rate during winter season. Statistical analysis of the data indicated that there was significant difference between the treatments throughout the course of the experiment (Al-Menaie et al., 2007). Further studies will help in the better understanding of the plants potential for Kuwait.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors thank the management of the Kuwait Institute for Scientific Research for their continued interest, encouragement and support. The funding support of the Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences (Grant 2003-04-05) is hereby acknowledged. The authors would also like to thank Prof. Mariam Naciri, from the Faculty of Science, University, Mohammad V, Rabat, Morocco and the staff of the Institute of Agronomy and Veterinary, Hassan II, Agadir, specially Dr. Sabah Zaheri for assisting the KISR team in the surveying the argan natural forests for seed and plant material collection, in addition to discussing argan research with specialists in Morocco.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Al-Menaie, H., N. R. Bhat; M. AboEl-Nil; S. M. Al-Dosery; and A. A. Al-Shatti, P. Gamalin and N. Suresh. 2007. Seed Germination of Argan (*Argania spinosa* L.). American-Eurasian Journal of Scientific Research 2(1): 01-04.
- El-Aboudi, A. 1990. Typology of the Arganeraies inframéditerranéennes and Ecophysiology of the Argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) in the Souss (Morocco). Ph., D.Thesis, Univ. Joseph Fourier, Grenoble, France.
- Houérou, H. N. 1992. The relation between the variability of precipitations and those of the primary productions and arid secondary in regions. In Aridity a Constraint with Development. Paris, France, ED. ORSTOM, pp. 197:220.
- Peltier, J. P.; G. Carlier; and A. El-Aboudi. 1990. Evolution day labourer of the hydrous state of the sheets of argan (*Argania Spinosa* L. Skeels) under bioclimatic arid with strong oceanic influence (flat of Souss, Morocco). Acta. Ecologica 11(5):643-668.

- Peltier, J. P.; A. El-Aboud; G. Carlier; and B. Doche. 1992. Potential and stomatic conductance of the sheets of argan (*Argania Spinosa* L. Skeels) in the beginning and in the course of the season dries in the souss (Western Morocco). Bull Ecol. 1: 5-16.



Agroforesterie, Phytotechnie et biotechnologie

Communications Affichées

Effets de la fertilisation azotée sur la croissance et la fructification de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels)

Benismail M.C., Bouzit Z. et Najoui F.

Département d'Horticulture, IAV Hassan II-Complexe Horticole d'Agadir

Email : mc.benismail@gmail.com

RESUME

L'expérimentation a pour but d'étudier l'effet de l'azote, sur les composantes de rendement, de croissance et de ramification et, de mettre au point la dose optimale d'azote à apporter annuellement aux arganiers. L'essai a été réalisé sur des arbres d'arganier plantés en 1995, dans la ferme expérimentale du Complexe Horticole d'Ait Melloul, à raison de 3 m entre plants et 4 m entre lignes. Cinq traitements (0 ; 200 ; 400 ; 600 et 800 grammes d'azote pur par arbre et par année) sont appliqués par fertigation sur 20 arbres par traitement. Des analyses chimiques de feuilles sont effectuées au cours de la saison de croissance active. Les résultats obtenus montrent que la fertilisation a amélioré davantage l'état nutritionnel azoté des arbres d'arganier ; cette amélioration est, en moyenne, de l'ordre de 38 % plus élevée par rapport au témoin. Les apports d'azote ont, aussi, stimulé la croissance et le renouvellement végétatif. En outre, les composantes de rendement (taux de nouaison, calibre des fruits) augmentent avec l'augmentation des doses d'azote apportées. Cependant, les rendements en fruits les plus élevés sont observés chez les arbres ayant reçu entre 200 et 600 grammes d'azote pur. Ces résultats soulignent l'aptitude de l'arganier à répondre positivement à la fertilisation azotée.

Mots-clés : *arganier (Argania Spinosa), fertilisation azotée, état nutritionnel, composantes de rendement, croissance végétative.*

INTRODUCTION

L'amélioration de la production fruitière chez l'arganier est aujourd'hui un besoin nécessaire en raison des faibles rendements d'une part et, d'autre part de la forte demande, sans cesse croissante, exprimée par les utilisateurs des fruits. Les arganiers poussent à l'état "sauvage" sous les conditions naturelles; ainsi, leurs capacités n'arrivent pas à s'exprimer de manière optimale. Le passage de ce mode d'exploitation extensive et aléatoire vers une conduite des arbres d'arganier, dans le cadre d'un système de culture intensif, constitue une voie sûre qu'il faudrait entreprendre en vue d'une contribution à l'amélioration de leurs potentialités de production à l'instar des autres espèces fruitières cultivées. Les présentes recherches concernent la mise au point d'un programme de fertilisation azotée chez l'arganier. Les effets des apports d'azote au sol sur la croissance et la fructification des arbres sont étudiés.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les expérimentations se sont déroulées dans la ferme expérimentale de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II-Complexe Horticole d'Agadir. Elle abrite un

verger d'arganiers dont les arbres sont issus de semis et plantés, en 1995, à une densité de 833 arbres par hectare (3m x 4m). Les arbres sont formés en "Gobelet" (Figure 1).

La parcelle est équipée d'une station de fertigation. Cinq secteurs d'irrigation sont constitués à raison de vingt arbres par secteur. La fertilisation des arbres est réalisée pour chacun des secteurs selon le besoin de l'expérimentation. L'effet de quatre doses d'azote : 200 (T1), 400 (T2), 600 (T3) et 800 (T4) grammes d'azote pur par arbre et par année, est étudié en comparaison avec le témoin (T0 sans azote). Le dispositif expérimental adopté est un DCA où chaque secteur (bloc) reçoit, au hasard, un traitement donné (T). Les observations ont porté sur 10 rameaux par arbre avec 6 arbres par traitement. En raison de l'hétérogénéité entre les arbres d'arganier les résultats, relatifs à l'activité de croissance végétative, sont transformés en terme de taux de croissance relative (appréciation par rapport à l'état initial). Cette transformation permettra de faire des comparaisons entre les traitements sans aucune ambiguïté. L'objectif principal de l'expérimentation est de déterminer le besoin annuel en azote des arbres.

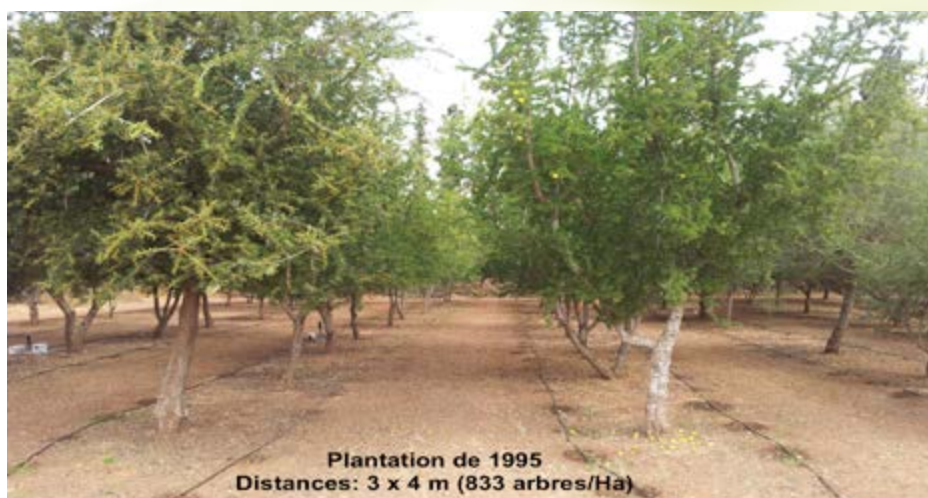


Figure 1: Verger d'arganiers créé en 1995 dans la ferme expérimentale de l'IAV Hassan II-Complexe Horticole d'Agadir

RÉSULTATS

1- Evolution parallèle de la croissance et de la chute des fruits chez l'arganier

Chez l'arganier, la transformation de la fleur en fruit (nouaison) se déroule de manière progressive et très étalée dans le temps (résultats non publiés). Ce phénomène se traduit par une très grande hétérogénéité dans le calibre des fruits ; les plus petits, fortement concurrencés en matière d'alimentation en eau et en éléments minéraux, finissent par chuter. Le taux de chute atteint 50 à 95 % quand les calibres des fruits varient entre 6 et 7 mm (Figure 2). Des apports d'éléments nutritifs, notamment l'azote, permettront

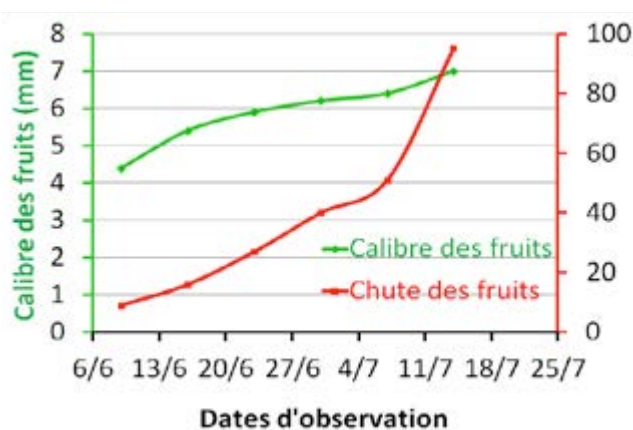


Figure 2 : Evolution du calibre et de la chute des fruits de l'arganier durant la période du début juin et fin mai.

de limiter cette perte de fruits et par conséquent d'augmenter la production par arbre.

2- Etat nutritionnel azoté des arbres

La détermination des teneurs en azote dans les feuilles nous permettrait d'évaluer l'impact de la fertilisation effectuée, sur l'état nutritionnel des arbres. Les dates de prélèvement des feuilles sont le 26 Avril, le 17 Mai et le 2 Juillet. Les résultats d'analyse (Figure 3) montrent que plus les doses d'azote apportées sont grandes plus le taux d'augmentation de cet élément dans les feuilles est important. Ce taux varie entre 182,9 et 629,7 % respectivement chez les arbres ayant reçus 200 (T1) et 800 (T4) grammes d'azote par arbre. Chez les arbres témoins, ce taux ne dépasse guère 160 %. Ces résultats montrent que l'arganier peut améliorer son état nutritionnel grâce aux apports de fertilisants au sol.

3- Croissance et ramification des rameaux

La figure 4 illustre l'aptitude des rameaux à croître et à se ramifier. L'azote apporté stimule la croissance

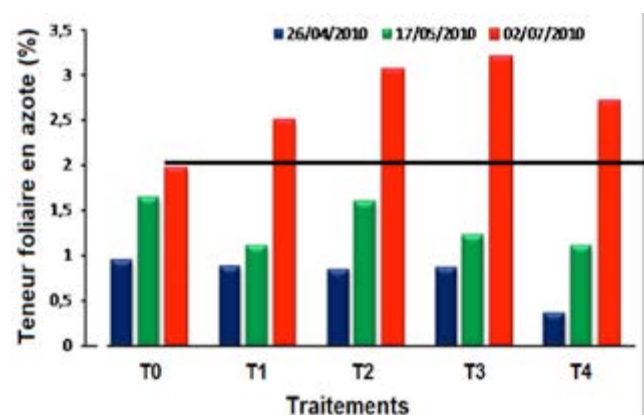


Figure 3 : Effet des doses d'azote (T) sur l'état nutritionnel des arbres d'arganier (analyse foliaire du 26 avril, du 17 mai et du 2 juillet 2010).

des rameaux ; elle varie entre 65 et 84% chez les arbres traités contre seulement 51% chez les témoins. Quant à la ramification de ces rameaux, le nombre de pousses axillaires le plus élevé (15 %) est enregistré chez les arbres ayant reçu 800 g d'azote (T₄), suivi par les arbres du traitement T₃ (11 %). Les rameaux des arbres du traitement T₂ (400 g d'azote par arbre) et du traitement T₁ (200 g d'azote par arbre) se sont ramifiés à hauteur de 4,4 et 2,9 % respectivement. Chez les arbres témoins, la ramification des rameaux est moindre ; elle

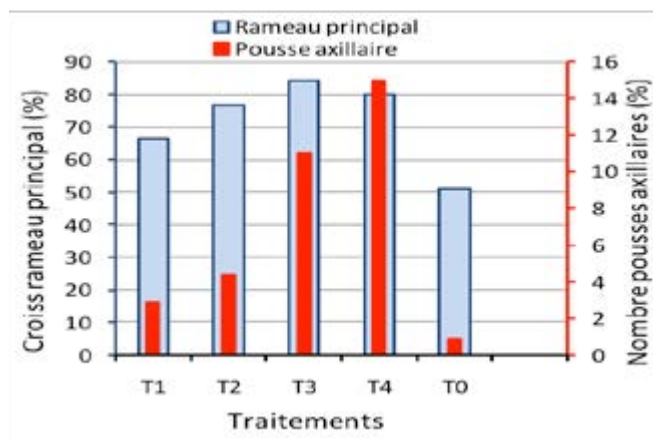


Figure 4 : Taux de croissance en longueur du rameau principal et augmentation du nombre de pousses axillaires, observés le 30 juillet, par rapport à leur état initial de départ (30 mars)

ne dépasse guère 1,3 %. Ces résultats soulignent l'effet positif de la fertilisation azotée sur le développement végétatif des arbres.

4- Production fruitière des arbres

Après la formation des fruits (nouaison), ceux mal nourris restent de petits calibres ou chutent avant terme. Le tableau 1 montre que le taux de nouaison est relativement plus élevé chez les arbres fertilisés que chez les arbres témoins et que plus la dose d'azote apportée est élevée plus la nouaison est importante. L'influence de l'azote sur le calibre et la production de fruits varie selon les doses apportées. Les rendements exprimés en "gramme par unité de volume (m³) de la frondaison" montrent que la fertilisation azotée améliore la production en fruit des arbres.

CONCLUSION

Les résultats présentés, soulignent la réaction positive de l'arganier à la fertilisation azotée. Celle-ci stimule le développement végétatif et améliore la production de fruits par arbre. Sur la base des résultats obtenus, le besoin optimal en azote de l'arganier peut être situé entre 200 et 600 grammes d'azote pur par arbre et par année. Cependant, l'approfondissement des connaissances sur la mise à fleur et à fruit en relation avec le développement végétatif et la mise au point des techniques de leur amélioration sont indispensables à la mise en valeur de la culture de l'arganier à l'instar des autres espèces fruitières cultivées. Ce point de vue ne peut se concevoir que dans le cadre d'un système de culture intensif et en mode de production "biologique".

Traitements (en g d'azote /arbre)	Nouaison (%)	Calibre moyen (mm)	Coefficient de variation (%)	Rendement (g/m ³ de frondaison)	Coefficient de Variation (%)
Témoin (T ₀)	69	18,4 1,7	9,2	225,7 253,2	112,2
200 (T ₁)	75	19,9 1,6	8,0	468,0 397,1	84,8
400 (T ₂)	80	17,7 1,5	8,5	524,7 563,6	107,4
600 (T ₃)	91	16,8 1,9	11,3	940,8 1422,2	151,2
800 (T ₄)	93	20,0 1,9	9,5	272,5 312,4	114,6

Tableau 1: Effet de la fertilisation azotée sur la nouaison (observée le 17), sur le calibre des fruits et sur le rendement en fruit des arbres (observés à la récolte, le 15 Janvier)

Caractérisation des ressources mycorhiziennes pour la sauvegarde de l'écosystème arganeraie : un outil de la biotechnologie moderne pour la régénération de l'arganier (*Argania spinosa* L.)

Ouallal I.^{1,2}, Ouajdi M.¹, Kerdouh B.¹, Sanguin H.³, Rochdi A.² et Abbas Y.¹

¹ Service de Sylviculture et Santé des Forêts, Centre de Recherche Forestière, Rabat, Maroc

² Faculté des sciences Ibn Tofail – Kénitra, Maroc.

³ UMR 113 LSTM (CIRAD/INRA/IRD/SupAgro/UM2), Montpellier, France

E-mail : imaneouallal@gmail.com

RESUME

La biodiversité et les liens fonctionnels entre les organismes sont les bases de la stabilité, de la productivité et de la résilience des écosystèmes. Les mycorhizes sont connues pour participer à ce lien en offrant aux plantes des avantages bénéfiques à leur survie. Ainsi dans cette étude focalisée sur l'écosystème arganeraie, notre objectif est d'évaluer les potentialités mycorhiziennes des sols sous lesquels l'arganier prospère et mieux comprendre la structure des communautés microbiennes qui lui sont associées dans différentes situations édapho-climatiques. Neuf arganeraies du sud-ouest marocain ont fait l'objet de ses investigations. Les résultats ont montré que l'organisation cytologique des mycorhizes observés chez *Argania spinosa* est de type arbusculaire dans tous les échantillons analysés. Les spores isolées selon la méthode du tamisage humide a mis en évidence quelques morphotypes (max 6) avec une large dominance du genre *Glomus* (environ 80%). A l'état naturel l'arganier est très dépendant de la mycorhization mais son intensité (M) ainsi que le potentiel mycorhizien des sols étudiés diffèrent d'une station à une autre. Il semble que d'autres facteurs liés aux propriétés biologiques et chimiques du sol influencent de façon spécifique et locale la prospérité de l'arganier. Il serait intéressant d'explorer ces facteurs au service de la régénération de l'arganier.

Mots clés : *Argania spinosa*, champignons mycorhiziens arbusculaire, *Glomus*, potentiel mycorhizien

ABSTRACT

Biodiversity and functional links between organisms are the basis of stability, productivity and resilience of ecosystems. Mycorrhizae are known to be included in this process by helping plants in their establishment in the field. Thus, the aims of this study focused on argan ecosystem are to assess the potential of mycorrhizal soil in which the argan is established and to understand its structure of microbial communities which is associated in different soil and climatic situations. Nine south-west Moroccan argan have been the subject of this investigation. The results showed that the cytological organization of mycorrhizae observed in *Argania spinosa* is arbuscular type in all samples analyzed. Spores isolated by the method of wet sieving has highlights some morphotypes (max 6) with a large dominance of the genus *Glomus* (about 80%). Naturally, argan tree is highly dependent on mycorrhizal but its intensity of mycorrhization (M) and the mycorrhizal potential of soils studied differ from one station to another. It seems that other factors related to biological and chemical soil properties affect specific and locally prosperity of the argan tree. It would be interesting to explore these factors for the argan tree regeneration.

Keywords : *Argania spinosa*, Arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus*, Mycorrhizal Potential

INTRODUCTION

L'arganier, *Argania spinosa* (L.) Skeels, est une espèce endémique du Maroc «arbre providence du sud-ouest Marocain». Il représente un cas emblématique du patrimoine génétique marocain et fait l'objet depuis assez longtemps d'une exploitation à des fins de recherche scientifique fondamentale et de développement de produits divers (alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques) ayant traits aux utilités multiples de l'Arganier (vocation fruitière, intérêt écologique et les vocations pastorale et forestière de l'Arganeraie). Les écosystèmes à arganier font partie du patrimoine universel de l'UNESCO depuis 1998 (Tazi, 2003).

Au Maroc, l'arganier couvre une aire approximative de 828 000 hectares (M'hirit et al., 1998). Cependant, les écosystèmes à arganier sont fortement menacés par les effets simultanés des changements climatiques globaux (succession et allongement des périodes de sécheresses) et des pressions anthropiques croissantes (pression démographique, ramassage systématique des fruits, labour et développement de l'agriculture irriguée, enlèvement du bois et abrutissement et même surpâturage aérien par les chèvres). Cette pression sans relâche provoque une régression intensive des arganeraies aussi bien en surface qu'en densité ainsi qu'un vieillissement des populations (faible régénération des arbres) (Nouaim, 1991). Ainsi, durant le dernier siècle, environ 50% de son territoire ont été perdus (600 Ha/an) et sa densité moyenne est passé de 100 à 30 arbres/Ha (Abourouh, 2007). L'arganier qui constitue à la fois un milieu naturel exceptionnel et un terroir agricole original est donc fortement menacé.

La biodiversité et les liens fonctionnels entre les organismes sont les bases de la stabilité, de la productivité et de la résilience des écosystèmes. Le Maroc pour sa part s'est engagé, dans le cadre du Plan Maroc Vert, à entreprendre des réexamens radicaux pour une meilleure valorisation et gestion durable de ses ressources naturelles. Or, il est parfaitement établi que l'utilisation des microorganismes bénéfiques dans la régénération des espèces forestières est une voie raisonnée permettant à la fois la réduction des apports d'intrant et au même temps la préservation des écosystèmes forestiers. Seulement, au niveau des arganeraies marocaines, il a été remarqué que la vocation des terres est le plus souvent perturbée à cause des exploitations excessives conjuguées aux aléas environnementaux. Ce qui peut conduire à une fragmentation de la niche écologique de l'arganier et par suite à une faiblesse du potentiel infectieux mycorrhizogène de ses sols. Fort de ce constat, l'objectif de cette étude est d'explorer, au niveau des arganeraies du sud-ouest marocain, la structure des communautés de champignons mycorrhiziens associés à l'arganier dans différentes situations édapho-climatiques.

MATERIEL ET METHODES

1. Zones d'étude :

Neuf arganeraies marocaines ont été prospectées : Argana, Amskroud plaine, Amskroud montagne, Immouzzar, Admine, Lekhssas, Bouyzakarne, Essaouira et Safi. Les spécificités des ces zones sont présentées dans le tableau suivant.

sites	coordonnées	Province	altitude (m)	densité des arbres	sol	usage
argana	N :30.7544 W :009.1545	Taroudante	735	Elevé	Argileux	Agricole
Amskroud p	N :30.52328 W :009.3380	Agadir Ida Outanane	261	Moyenne	Argileux caillouteux	Pâturage
Lekhssas	N :29.4047 W :009.72758	Sisdi Ifni	950	Moyenne	Argile sur dolomite et calcaire	Pâturage
Bouyzakarn	N :29 .1879 W :009.7421	Goulmim Es-smara	690	faible	ARGILEUX	Pâturage
Emouzar	N :30.7478 W :009.4798	Agadir Ida Outanane	729	Moyenne	Argileux schisteux	Pâturage
Amskroud m	N :30.56955 W :009.32210	Agadir Ida Outanane	636	Moyenne	argileux	Pâturage
Admin	N :30.33469 W :009.44903	Agadir Ida Outanane	59	Elevé	ARGILEUX	Agricole
Essaouira	N :31.33843 W :009.79367	Essaouira	21	Moyenne	SABLEUX	Pâturage
Safi	N :32.1802 W :009.1421	safi	18	faible	Argileux	Agricole

Tableau I : caractéristiques des sites échantillonnés

2. Prélèvement des sols et des racines :

Une série d'échantillonnage sol/racines d'arganier a été effectuée en mois de février 2013 à raison de 5 répétitions/site. Chaque échantillon est un mélange de 6 sous-échantillons pris autour de l'arbre le plus représentatif de la station à une profondeur de 20 cm, puis les sols ont été récupérés dans des sachets en plastiques et les racines dans une solution de GEE (Glycérol-éthanol-eau distillée) et conservé de 0 à 3 mois à 4°C.

3. Coloration racinaire :

Les systèmes racinaires récupérés ont été lavés et colorés selon la méthode de coloration décrite par Phillips & Hayman (1970). Ensuite les fragments de racines colorées ont été examinés sous microscope optique.

4. Extraction et dénombrement des spores :

Les spores mycorhiziennes sont séparées de 100 g de sol de chaque échantillon par la méthode de Gerdman et Nicolson (1963), puis comptées et isolées sous stéréomicroscope. Leurs caractéristiques morpho-anatomiques ont été identifiées en se basant sur les manuels d'identification (Brundrett et al., 1996) et le site de l'INVAM.

5. Potentiel Infectieux mycorhizogène (PIM) :

Le potentiel mycorhizien des échantillons de sol rhizosphérique récupéré à partir des 9 stations a été mesuré en utilisant la technique de dilution (Sieverding, 1991). Sept dilutions ont été faites de chaque sol en mélangeant soigneusement le sol d'origine avec un sol sableux stérilisé (121° C, 40 mn) dans des proportions 1:4. Cinq répétitions ont été préparées pour chaque dilution. Les graines de l'orge, préalablement stérilisées en surface avec de l'hypochlorite de sodium à 10% pendant 30 min ont été pré-germées 2 jours avant sur papier filtre humide. Une graine germée a été ensuite transplantée dans chacun des petits pots en plastique contenant 50 g de dilutions de différents sols puis les pots ont été placés en pépinière. Après trois mois de croissance, tout le système racinaire de chaque plant a été recueilli, lavé à l'eau du robinet, éclairci et coloré selon la méthode de Phillips et Haymann (1970). Des échantillons de chaque système racinaire ont été montés entre lame et lamelle et observés au grossissement 250x au microscope optique pour l'évaluation de toutes traces de mycorhizes.

6. Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel SPSS. La comparaison des moyennes a été

faite par l'analyse de la variance à un seul critère de classification. Le test de Newman et Keuls a été utilisé pour dresser les groupes homogènes.

RESULTATS

1. Mycorhization naturelle de l'arganier :

L'examen microscopique des fragments de racines traitées selon la méthode de Phillips et Hayman (1970) nous a permis d'explorer l'organisation cytologique des mycorhizes observées chez l'arganier et qui est de type arbusculaire dans tous les échantillons analysés. Les fréquences de mycorhization (F) élevées allant de 94 à 100%, confirment la dépendance de cette espèce vis-à-vis des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA). Par contre, en analysant le paramètre intensité de mycorhization (M), l'efficacité de cette colonisation par les CMA n'est pas identique au niveau des sites étudiés, seuls les échantillons prélevés des arganeraies de Safi, Essaouira et Bouyzakarne ont montré des intensités significatives par rapport à celles des autres sites, soit respectivement, 41.34%, 38.42% et 34.08%.

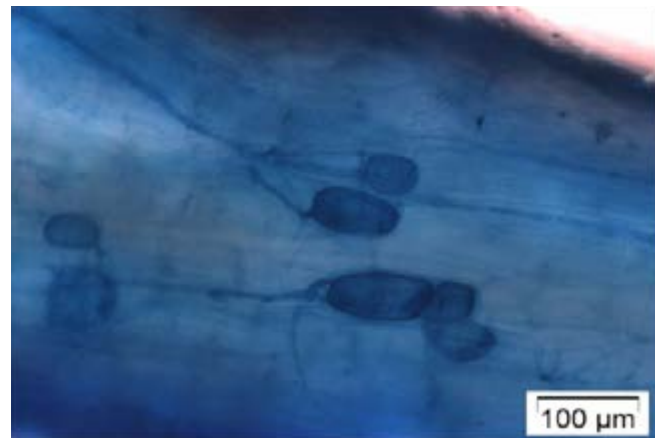


Photo I : Fragment de racine d'arganier mycorhizé

2. Communautés de spores de CMA rencontrées :

L'extraction des spores a révélé la présence d'au moins 7 morphotypes de spores appartenant généralement au genre Glomus et Scutellospira. L'analyse des résultats montre que les sols prélevés au niveau des zones montagneuses (Lekhssas, Immouzar et Amskroud montagne) sont en général très pauvres en spores de CMA.

3. Potentiel Infectieux mycorhizogène :

Les résultats du potentiel mycorhizien des sols étudiés semblent contradictoires avec les paramètres de mycorhization cités auparavant et favorisent plutôt les sols récoltés au niveau d'Argana et Imouzzar. Ces

sites	Fréquence de mycorhize (%)	intensité de mycorhiz (%)	nbre de spores/100g de sol sec	nbre de morphotypes
argana	100a	13,06d	35d	4
Amskroud p	100a	28,83c	207a	5
Lekhssas	100a	26,94c	51c	4
Bouyizakarn	98a	34,08b	108b	6
Emouzar	98a	27,76c	19e	2
Amskroud m	100a	14,96d	46c	4
Admin	94ab	14,39d	92b	5
Essaouira	94ab	38,42ab	34d	6
Safi	100a	41,34a	102b	6

Tableau II : la fréquence de mycorhization, intensité de mycorhization, nombre de spores/100g de sol sec et nombre de morphotypes des neufs sols prélevés.

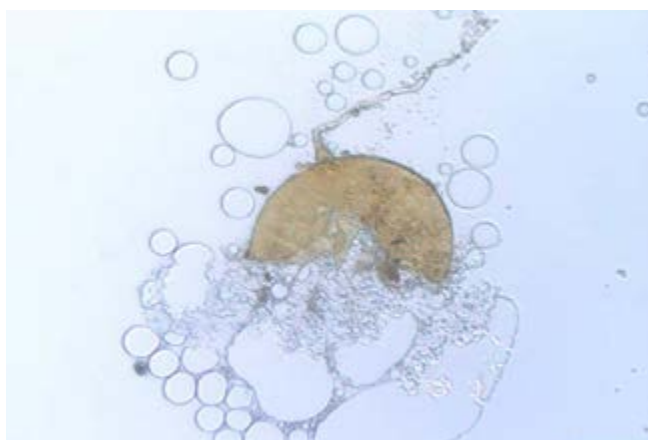


Photo II : Exemple de Morphotype de champignon mycorhizien isolée

CONCLUSION

Cette première étude a mis en exergue une inadéquation entre la répartition quantitative des communautés de CMA et leur efficacité au niveau des arganeraies marocaines qui pourrait avoir un lien direct avec le type d'habitat local dans lequel l'espèce arganier prospère et les activités exercées au niveau de ces écosystèmes. Une analyse détaillée des données récoltées au niveau des sites étudiés mérite d'être plus exploiter afin d'adapter aux conditions locales, le (s) type (s) de symbiote mycorhizien le plus efficace. Ceci contribuera significativement à l'amélioration des itinéraires sylvicoles préconisés pour une gestion durable des formations forestières à arganier.

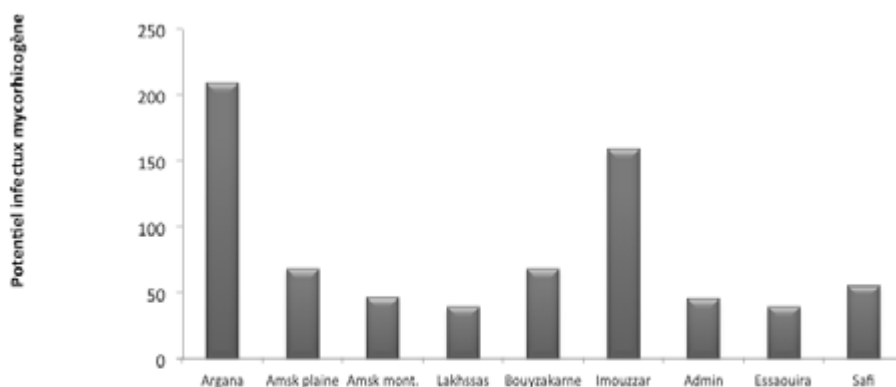


Figure I : Potentiel Infectieux mycorhizogène des différents sols étudiés

différences laissent suggérer que d'autres facteurs édapho-climatiques (propriétés biologiques et chimiques du sol...) des arganeraies pourraient avoir une grande influence sur leur performance mycorhizienne, ce qui peut conduire à une sélection négative de CMA inefficients en matière de survie et de croissance de la plante cible.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abourouh M, 2007. La recherche scientifique sur l'Arganier : Bilan et perspectives. Ann. Rech. Ffor. maroc tome (38) : 22-3.
- Brundrett M, Bougher N, Dell B, Grove T et Maljezuk N, 1996. ACIAR. Monograph 32.

Gerdemann J.W. et Nicolson T.H. (1963). Spores of endogone species from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Myc. Soc., 46, 235-244.

INVAM: <http://invam.wvu.edu/>

M'hirit O, Benzyane M, Benchekroun F, El Yousfi SM, Bendaanoun M, 1998. L'arganier. Une espèce fruitière-forestière à usages multiples. Sprimont (Belgique) : Mardaga.

Nouaim R, Chaussod R, Al Aboudi A, Schnabel C et Peletier J P, 1991. L'arganier : essai de synthèse des connaissances sur cet arbre. In "physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides" (Riedacker, A ; Dryer E ; Pafadname C ; Joly H et Broy G.Eds.). John Libby Eurotext, Montrouge, France : 373-388.

Phillips J.M. and Hayman D.S., 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Brit. Mycol. Soc., 55, 158-161.

Sieverding E, 1991. VAM management in tropical agrosystems. Deutsch Gesellschaft fur technische Zusammenarbeit (GTZ). Eschborn; Germany.

Tazi M R, 2003. Contribution a l'étude de l'écologie et de la biologie de l'Arganier "Argania spinosa (L.,) Skeels" du nord-est du Maroc. IMIST, n°57/03. 04-48.

Effet de la sécheresse sur la fluorescence chlorophyllienne chez l'Arganier

Chakhchar, A^{1,2}, Lamaoui, M¹, Abouraicha, F¹, Bensalah, I¹, Ferradous, A³, Wahbi, S², El Moousadik, A⁴, Ibnsouda Koraichi, S⁵, Filali-Maltouf, A⁶ & El Modafar, C¹

¹Laboratoire de Biotechnologie Valorisation et Protection des Agroressources, Faculté des Sciences et Techniques Guéliz, Université Cadi Ayyad, 40 000 Marrakech. Maroc

²Laboratoire de Biotechnologie et Physiologie Végétale, Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, 40 000 Marrakech. Maroc

³Centre Régional de la Recherche Forestière Marrakech. BP 12360 Ain IttiEnnakhil, Marrakech. Maroc

⁴Laboratoire de Biotechnologie et Valorisation des Ressources Naturelles. Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr. Agadir. Maroc

⁵Laboratoire de Biotechnologie Microbienne. Faculté des Sciences et Techniques. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Fès, Maroc

⁶Laboratoire de Microbiologie et Biologie Moléculaire. Faculté des Sciences. Université Mohammed V Agdal. Rabat. Maroc.

RESUME

Quatre écotypes contrastés d'*Argania spinosa* ont été soumis à des traitements hydriques afin de tester les effets de la sécheresse sur les mécanismes photochimiques et non-photochimiques liés à la fluorescence chlorophyllienne. Nos résultats ont montré chez les plantes stressées, en particulier en conditions du stress sévère, une diminution significative de l'efficacité photosynthétique maximale du PSII (Fv/Fm), du rendement quantique des centres PSII ouverts (F'v/F'm), du coefficient de quenching photochimique (qp) et du rendement quantique opérationnel du PSII (ΦPSII) (P < 0,001). Or, le stress hydrique a induit une augmentation significative du coefficient de Quenching non-photochimique (NPQ). Néanmoins, nous n'avons pas enregistré des différences significatives en conditions du stress modéré pour les cinq paramètres étudiés. Ces paramètres ont été significativement changés d'une manière dépendante du temps (P < 0,001). Les effets des interactions établies entre les facteurs fixés (traitement hydrique, écotype et temps) ont été testés par l'ANOVA multivariée. En outre, des corrélations positives et significatives ont été enregistrées entre ΦPSII et F'v / F'm et entre ΦPSII et qp. Les quatre écotypes étudiés ont été séparés par deux fonctions discriminantes obtenues par l'analyse discriminante canonique.

Mots clés : *Argania spinosa*, Sécheresse, Fluorescence Chlorophyllienne, Quenching photochimique, Quenching non-photochimique.

ABSTRACT

Chlorophyll fluorescence is an important phenomenon which permits to evaluate the direct effects of drought stress on PSII photochemistry. PSII is believed to play a key role in the response of leaf photosynthesis to environmental stresses such as drought. Four contrasting ecotypes of *Argania spinosa* L. Skell (2 contrasting coastal ecotypes (Agd and Ess) and 2 contrasting inland ecotypes (Alz and Lks)) were subjected to moderate and severe drought stress and analysed every week during 2 months to test the drought effects on photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching mechanisms. Our results indicate that under drought stress conditions, particularly under severe drought stress, we recorded a decrease in the maximum efficiency of PSII (Fv/Fm), the intrinsic efficiency of open PSII (F'v/F'm), the coefficient of photochemical quenching (qp) and the quantum yield of PSII electron transport (ΦPSII), compared to control (P < 0.001). However, drought stress induced a significant increase in the coefficient of non-photochemical quenching (NPQ) that was especially registered in Alz and Ess ecotypes. No significant impact on these five parameters was observed in the mild-stressed plants. In fact, we found that both drought stress and the *Argania* ecotype had significant effects on these physiological parameters. Also, these parameters changed significantly in a time-dependent

manner ($P < 0.001$). The effects of the interactions between the factors fixed (Watering regime, ecotype and time) were tested by the two-way ANOVA. In addition, significant positive correlations were recorded between Φ PSII and F_v/F_m and between Φ PSII and q_p . The four study ecotypes were separated by two discriminant functions obtained by canonical discriminant analysis.

Keywords : *Argania spinosa*, **Drought stress**, **Chlorophyll fluorescence**, **Photochemical quenching**, **Non-photochemical quenching**.

INTRODUCTION

Dans l'écosystème méditerranéen, les plantes sont soumises à un stress hydrique sévère et permanent. Certaines espèces endémiques sont bien adaptées à ces conditions comme l'Arganier au Maroc. L'un des premiers effets du déficit hydrique est le déclin de l'assimilation photosynthétique du carbone. Or, la réduction de l'inhibition du système photosynthétique sous stress hydrique est d'une grande importance pour assurer la tolérance à la sécheresse. Les modifications engendrées par le stress dans le métabolisme photosynthétique peuvent être étudiées par la fluorescence chlorophyllienne. Ce travail de recherche vise à examiner dans quelle mesure la fluorescence chlorophyllienne peut contribuer à expliquer les effets de la sécheresse sur l'*A. spinosa* en pots.

MATERIEL ET METHODES

Nous avons choisi quatre écotypes contrastés issus de quatre zones contrastées de l'arganeraie marocaine, géographiquement distinctes. Nous avons ciblé deux zones côtières (site Agd et Ess) et deux zones paralittorales (site Alz et Lks). La conception expérimentale consiste à appliquer trois régimes d'irrigation contrastés, à savoir : un stress sévère (SS) à 25 % et un stress modéré (SM) à 50 % d'humidité à la capacité au champ (CC) par comparaison avec un traitement témoin (T) correspondant à 100 % de CC. L'émission de la fluorescence chlorophyllienne à la surface supérieure des feuilles des plantes d'*A. spinosa* a été mesurée par un fluorimètre. Les données ont été soumises à une analyse multivariée et une analyse de corrélation de Pearson. En outre, afin de déterminer quelles sont les variables discriminantes entre les écotypes étudiés d'*A. spinosa*, une analyse discriminante canonique (CDA) a été réalisée.

RESULTATS ET DISCUSSION

L'analyse statistique des résultats a révélé des différences significatives de ces paramètres entre

les écotypes ($P < 0,001$). En conditions de stress hydrique, surtout en situation du stress hydrique sévère, nous avons enregistré une diminution significative de l'efficacité photosynthétique maximale du PSII (F_v/F_m), du rendement quantique des centres PSII ouverts (F_v/F_m), du coefficient de quenching photochimique (q_p) et du rendement quantique opérationnel du PSII (Φ PSII), par rapport aux conditions témoins ($P < 0,001$). Cependant, le stress hydrique a induit une augmentation significative du coefficient de Quenching non-photochimique (NPQ), dont cette augmentation a été particulièrement très importante chez les écotypes Alz et Ess. Les plus faibles valeurs de F_v/F_m , F_v/F_m , q_p et Φ PSII chez les plantes stressées ont été également détectées chez les deux écotypes littoraux. Suite à l'analyse de variance multivariée, l'interaction temps x régime d'irrigation a été jugée statistiquement significative pour ces cinq paramètres ($P < 0,05$). Ainsi, l'interaction écotype x régime d'irrigation a été révélée significative pour tous ces paramètres à l'exception de NPQ ($P < 0,05$). L'interaction écotype x temps a été significative seulement pour F_v/F_m et q_p ($P < 0,05$), tandis que l'interaction écotype x régime d'irrigation x temps n'a pas été significative pour l'ensemble de ces paramètres ($P < 0,05$). En situation de stress hydrique, des corrélations significatives et positives ont été enregistrées entre Φ PSII et q_p d'une part et d'autre part entre Φ PSII et F_v/F_m . D'après l'ACD (Figure 1), les quatre écotypes contrastés ont été clairement distingués entre eux par Φ PSII et q_p (FD1) et Φ PSII et F_v/F_m (FD2).

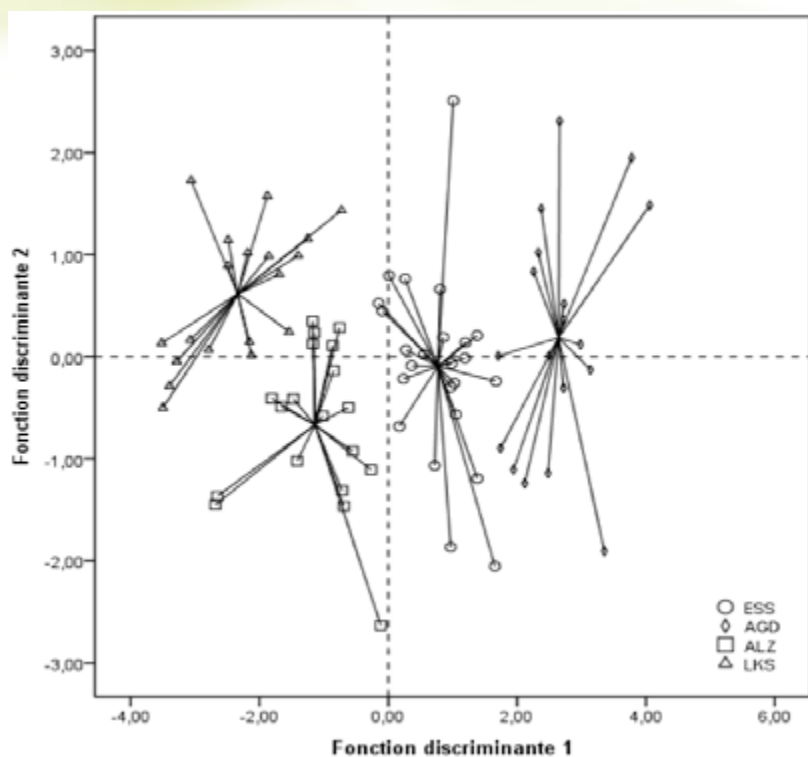


Figure 1 : Espace discriminant bidimensionnel illustrant la répartition des écotypes d'*A. Spinosa* étudiés suivant le gradient de la variance de deux fonctions discriminantes issues de l'analyse canonique discriminante (ACD)

Réponses antioxydantes différentielles à la sécheresse et à la réhydratation chez l'Arganier

Chakhchar, A^{1,2}, Lamaoui, M¹, Abouraicha, F¹, Bensalah, I¹, Ferradous, A³, Wahbi, S², El Moousadik, A⁴, Ibnsouda Koraichi, S⁵, Filali-Maltouf, A⁶ & El Modafar, C¹

¹Laboratoire de Biotechnologie Valorisation et Protection des Agroressources, Faculté des Sciences et Techniques Guéliz, Université Cadi Ayyad, 40 000 Marrakech. Maroc

²Laboratoire de Biotechnologie et Physiologie Végétale, Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, 40 000 Marrakech. Maroc

³Centre Régional de la Recherche Forestière Marrakech. BP 12360 Ain IttiEnnakhil, Marrakech. Maroc

⁴Laboratoire de Biotechnologie et Valorisation des Ressources Naturelles. Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr. Agadir. Maroc

⁵Laboratoire de Biotechnologie Microbienne. Faculté des Sciences et Techniques. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Fès, Maroc

⁶Laboratoire de Microbiologie et Biologie Moléculaire. Faculté des Sciences. Université Mohammed V Agdal. Rabat. Maroc.

RESUME

Notre étude a été réalisée sur des plantes en pots correspondant aux quatre écotypes contrastés d'*Argania spinosa* L. Skell. L'arrêt total d'irrigation a induit de manière significative une augmentation de l'activité de la glutathion réductase (GR), de la glutathion peroxydase (GPOX) et de la glutathion S- transférase (GST) chez les quatre écotypes étudiés ($P < 0,001$). Ainsi, une augmentation significative de la concentration tissulaire en peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et en radical superoxyde (O_2^-) dans les feuilles a été détectée dans les feuilles des plantes stressées. Cette accumulation a montré que le stress hydrique a provoqué un stress oxydatif chez l'arganier. En outre, nous avons enregistré un effet écotype très significatif sur ces paramètres biochimiques ($P < 0,001$). Ces réponses différentielles à la sécheresse édaphique appliquée ont été trouvées liées à la durée de stress. En outre, l'activation induite par la sécheresse de GPOX a été plus élevée chez les écotypes littoraux (20 %) que chez les écotypes paralittoraux (12%). Chez les quatre écotypes, l'activité induite de GR a été estimée à environ 35 %. Toutefois, l'activité de la GST a considérablement augmenté chez les plantes d'*Argania spinosa* exposées à la sécheresse (71 %). Par contre, nous avons noté une diminution significative des espèces réactives de l'oxygène (H_2O_2 et O_2^-). Après la phase de réhydratation, une cinétique de récupération très significative et rapide a été détectée pour l'ensemble des paramètres étudiés. Les quatre écotypes étudiés ont été séparés par deux fonctions discriminantes obtenues par l'analyse discriminante canonique.

Mots clés : *Argania spinosa*, sécheresse, stress oxydatif, système antioxydatif de glutathion, peroxyde d'hydrogène.

ABSTRACT

Our study was undertaken to estimate whether the activation of the antioxidative glutathione system in leaf can support drought tolerance and its recovery under rehydration. An experiment was carried out on four contrasting ecotypes of *Argania spinosa* L. Skell plant in pots (2 contrasting coastal ecotypes (Agd and Ess) and 2 contrasting inland ecotypes (Alz and Lks)). Drought stress significantly increased the activities of glutathione reductase (GR), glutathione peroxidase (GPOX) and glutathione S-transferase (GST) in the ecotypes studied ($P < 0.001$). An increased tissue concentration of hydrogen peroxide (H_2O_2) and superoxide radical (O_2^-) in leaves indicated that drought stress caused oxidative stress in *Argania spinosa* a plants. Furthermore we found that the Argania ecotype had significant effect on these biochemical parameters ($P < 0.001$). These differential responses to drought treatment were further found to be related to duration of drought. Besides, drought-induced enhancement in GPOX activity was more in inland ecotypes (20%) than in coastal ecotypes (12%). In the four contrasting ecotypes, the enhancement in GR activity was estimated about 35% compared to control. While GST activity showed pronounced stimulation in the *Argania spinosaa* plants exposed

to drought (71%). Moreover, *A. spinosa* ecotypes exhibited a significant decrease in the reactive oxygen species (ROS) (H₂O₂ and O₂.-) and in the antioxidative glutathione system 4 days after re-establishing well-watered condition. The ability to modulate the induction of antioxidative enzymes according the ROS concentration in dehydrated leaves might be reliable biochemical parameter indicating the tolerance of *A. spinosa* to drought stress. The four ecotypes studied were separated by two discriminant functions obtained by canonical discriminant analysis.

Keywords : *Argania spinosa* - genetic markers - High Atlas - Souss – Differentiation

INTRODUCTION

Les plantes ont développé une variété de stratégies et de mécanismes en réponse aux changements de l'environnement. Il est bien établi que l'*A. spinosa* est une espèce bien adaptée aux conditions arides et semi-arides. Le stress hydrique peut modifier l'homéostasie cellulaire par la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) potentiellement dommageable. Cependant, pour maintenir l'homéostasie et prévenir le stress oxydatif, les plantes ont évolué un système de défense puissant composé d'enzymes antioxydantes de type glutathion comme la glutathion réductase (GR, EC 1.6.4.2), la glutathion S-transférase (GST, EC 2.5.1.18) et la glutathion peroxydase (GP, EC 1.11.1.9).

MATERIEL ET METHODES

Pour une meilleure interprétation des mécanismes biochimiques d'adaptation à la sécheresse chez l'arganier, nous avons choisi quatre écotypes contrastés issus de quatre zones contrastées de l'arganeraie marocaine, géographiquement distinctes. Nous avons ciblé deux zones côtières (site Agd et Ess) et deux zones paralittorales (site Alz et Lks). La conception expérimentale consiste à simuler l'effet d'une sécheresse édaphique par arrêt total de l'irrigation pendant un mois. Après, une réhydratation a été envisagée pour déterminer la capacité de récupération chez l'arganier après une période de sécheresse prolongée. Nous avons déterminé le pouvoir antioxydant du système enzymatique de type glutathion chez l'arganier : Activité enzymatique de Glutathion réductase (GR), de Glutathion S-transférase (GST) et de Glutathion peroxydase (GPOX). Ainsi, les dommages oxydatifs ont été évalués à travers la détermination de la teneur en radical superoxyde (O₂.-) et en peroxyde d'hydrogène (H₂O₂). Les données ont été soumises à une analyse multivariée. En outre, afin de déterminer quelles sont les variables discriminantes entre les écotypes étudiés d'*A. spinosa*, une analyse discriminante canonique (CDA) a été réalisée.

RESULTATS ET DISCUSSION

Suite à l'analyse statistique de nos résultats, une accumulation significative de H₂O₂ et de O₂.- a été enregistrée dans les feuilles d'arganier suggérant que les plus graves dommages oxydatifs sont produits en conditions de sécheresse. Après 30 jours d'arrêt total d'irrigation, nous avons noté une accumulation endogène de H₂O₂ d'environ 89,3%, 91,3%, 54,9% et 54,4% chez Ess, Agd, Alz et Lks, respectivement et une production du radical superoxyde d'environ 71,7%, 76,6%, 66,2% et 59,8% chez Ess, Agd, Alz et Lks, respectivement. Des différences significatives dépendent de l'écotype a été notées (P < 0,001). L'accumulation de ces métabolites oxydatives a été très prononcée chez les écotypes littoraux comparativement aux écotypes paralittoraux. D'après l'analyse de variance multivariée, l'interaction écotype x régime d'irrigation s'est révélée très significative pour H₂O₂ et O₂.-. L'activité des enzymes glutathion GPOX, GR et GST a été augmentée de façon significative dans les feuilles des plantes soumises au stress hydrique (P < 0,001). Les activités induites de ces enzymes glutathion se sont révélées dépendantes du facteur écotype. Après 30 jours d'arrêt total d'irrigation, l'activité de glutathion peroxydase a significativement augmenté d'environ 12,8%, 13,7%, 20,9% et 20,3% chez Ess, Agd, Alz et Lks, respectivement, l'activité de glutathion réductase s'est accrue d'environ 36,6%, 33,0%, 37,8% et 33,2% chez Ess, Agd, Alz et Lks, respectivement et l'activité de glutathion S-transférase a fortement augmenté d'environ 65,6%, 79,6%, 70,5% et 70,0% chez Ess, Agd, Alz et Lks, respectivement. Suite à l'analyse de variance multivariée, l'interaction écotype x régime d'irrigation a été jugée statistiquement significative seulement pour la GR au seuil de signification (P < 0,001) et pour la GPOX au seuil (P = 0,007). Toutefois, l'induction accrue de l'activité spécifique de ces enzymes a été stoppée et commencée à diminuer après réhydratation suggérant ainsi une cinétique de récupération très importante des enzymes glutathion chez l'*A. spinosa*. Egalement, Les concentrations de

H₂O₂ et de O₂.- notées après réhydratation ont montré des niveaux statistiquement très proches de ceux enregistrés chez les plantes témoins. D'après l'ACD (Figure 1), les écotypes paralittoraux (Lks et Alz) ont été clairement distingués des écotypes littoraux (Ess et Agd) par O₂.- et GPOX (FD1) et H₂O₂ et O₂.- (FD2).

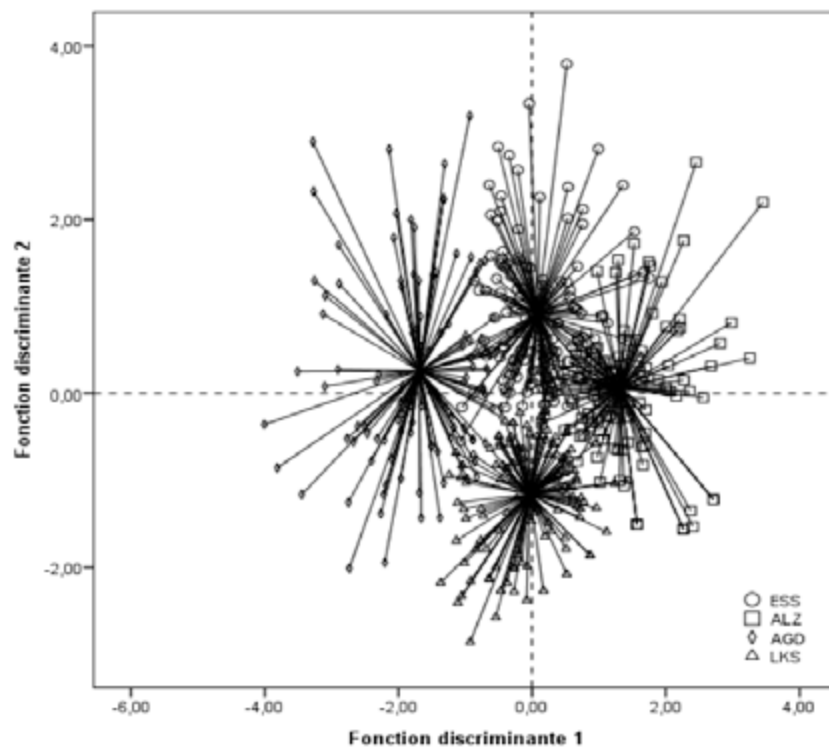


Figure 1 : Espace discriminant bidimensionnel illustrant la répartition des écotypes d'*A. spinosa* étudiés suivant le gradient de la variance de deux fonctions discriminantes issues de l'analyse canonique discriminante (ACD)

Approche pour la caractérisation moléculaire de l'Arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) en vue de sa conservation

¹Pakhrou O., ¹Medraoui L., ¹Ajbou Z., ¹Belkadi B., ¹Yatrib C., ¹Alami M., ²El Mousadik A., ³Ferradous A., ⁴El Modafar C., ⁵Ibnsouda-Kouraichi S., ¹Filali-Maltouf A.

¹Laboratoire de Microbiologie et Biologie Moléculaire. Université Mohammed V – Agdal, Faculté des Sciences de Rabat.

²Laboratoire Biotechnologies et Valorisation des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Agadir.

³Centre Régional de la Recherche Forestière de Marrakech, Haut Commissariat des Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification, Marrakech.

⁴Laboratoire de Biotechnologie, Valorisation et Protection des Agroressources. Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech.

⁵Laboratoire de Biotechnologie Microbienne, Faculté des Sciences et Techniques, Fès

RESUME

L'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels, Sapotaceae) est une ressource génétique à fort impact écologique et socio-économique au Maroc. Cette essence forestière aux multiples usages connaît un rythme de dégradation alarmant. L'étude de la diversité génétique constitue désormais une nécessité pour sauvegarder ce patrimoine marocain. Dans ce cadre, nous avons opté pour une approche moléculaire fiable en utilisant les marqueurs AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) dotés d'un appréciable pouvoir discriminant et couvrant tout le génome. Ces marqueurs ont été validés chez de nombreuses espèces forestières et ont permis leur typage moléculaire. Ainsi, l'ADN génomique a été extrait de 480 échantillons de feuilles d'arganier provenant de 24 sites de différentes régions du Maroc (à raison de 20 arbres par site). Pour la mise au point de l'approche moléculaire 25 combinaisons d'amorces marquées, adaptées aux grands et petits génomes, ont été testées sur un échantillon réduit en utilisant deux protocoles d'amplification différents. À l'issue de l'optimisation des différentes étapes de la technique, nous avons mis au point le protocole permettant d'obtenir des profils AFLP interprétables. Seules les combinaisons d'amorces spécifiques aux grands génomes se sont révélées très polymorphes.

Cette étude sera étendue à la totalité des individus échantillonnés. Nous entamerons par la suite l'analyse fine de la structuration de la diversité génétique afin de constituer une « core collection » représentative de la diversité existante.

Mot clés : *Argania spinosa* L, diversité génétique, AFLP, grand génome.

ABSTRACT

The Argan tree (*Argania spinosa* L. Skeels, Sapotaceae) is a genetic resource with a strong ecological and socio-economic impact in Morocco. This multiple-use forest species knows an alarming degradation rate. Therefore, the study of its genetic diversity is necessary for the safeguard of this precious patrimony. So, we chose a reliable molecular approach using the AFLP markers (Amplified Fragment Length Polymorphism) known for their appreciable discriminating power covering the entire genome. These markers have been validated in many forest species and allowed their molecular genotyping. Thus, genomic DNA was extracted from leaves of 480 samples of argan trees collected from several Moroccan regions (24 sites, 20 trees per site). In order to adapt the molecular approach, 25 combinations of labelled primers for regular and small genome were tested on a reduced sample using two different amplification protocols. After technical optimization of different steps we chose a protocol generating interpretable AFLP profiles. High polymorphism was detected only with specific primers combinations for regular genome.

This study will be extended to all samples; a detailed analysis of the structure of genetic diversity will be established in order to constitute « core collection » representing the existing diversity.

Keywords: *Argania spinosa* L, genetic diversity, AFLP, regular genome.

INTRODUCTION

L'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels, Sapotaceae), espèce forestière à multiples facettes, est un arbre endémique du Maroc. Essence parfaitement adaptée aux sols et au climat du Sud marocain, elle joue un rôle indéniable contre l'érosion et la désertification de la région. Elle constitue par ailleurs le socle d'un système agraire traditionnel permettant de répondre aux besoins de la population d'une région aride ; ce qui en fait une ressource nationale à fort impact écologique et socio-économique (M'Hirit et al., 1998).

Cependant, l'état de l'arganeraie marocaine ne cesse de se dégrader, en termes de superficie et de densité (De Ponteves et al., 1990), sous l'effet combiné de l'exploitation anarchique et intensive, du surpâturage, du vieillissement, du déboisement ainsi que de la pression climatique. Ces multiples agressions entravent la régénération naturelle et entraînent une réduction de la productivité de l'écosystème forestier, de ses biens et de ses services. L'ensemble de ses contraintes engendre la dégradation de l'arganeraie et ainsi son érosion génétique. En effet, l'appauvrissement de sa variabilité génétique peut entraîner une perte de potentiel d'adaptation de l'espèce face aux multiples agressions qu'elle subit.

Compte tenu de l'importance de cette ressource phytogénétique, une meilleure connaissance de sa diversité génétique inter et intra-population est d'une grande importance pour tout programme de gestion forestière et de conservation de l'espèce.

Plusieurs approches ont été utilisées, notre choix s'est porté sur les marqueurs moléculaires AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism), dotés d'un pouvoir discriminant et générant un grand nombre de bandes polymorphes. Cette technique, reproductible, permet de couvrir tout le génome sans sa connaissance préalable. Elle est fondée sur la mise en évidence conjointe de polymorphisme de site de restriction et d'hybridation d'amorces arbitraires (Vos et al., 1995).

L'étude a porté sur l'optimisation des différentes étapes de la technique AFLP (digestion, ligation, préamplification et amplification sélective) via un screening de 25 combinaisons d'amorces marquées sur un échantillon réduit.

MATERIEL ET METHODES

Extraction de l'ADN

L'extraction de l'ADN génomique est réalisée par le Kit Bioline (ISOLATE Plant DNA Mini Kit), à

partir de feuilles d'arganiers issus du peuplement Ouled Lhaj. La quantification de l'ADN purifié et la vérification de sa qualité ont été réalisées par dosage spectro-photométrique au Nanodrop.

Analyse AFLP

Deux protocoles d'amplification AFLP ont été utilisés.

2.1. Analyse AFLP selon le protocole de Vos et al., 1995 modifié

L'ADN, digéré par les enzymes EcoRI et Tru9I puis ligué aux adaptateurs EcoRI et MseI, est préamplifié en utilisant les amorces EcoRI et MseI. Vingt-cinq combinaisons d'amorces sélectives, additionnées chacune de 3 bases, ont été testées suite à l'usage de 5 amorces EcoRI-NNN et 5 amorces MseI-NNN. Les amplifiats AFLP ont été séparés par électrophorèse sur gel d'agarose ultra-pure (Agarose SFR™, Amresco) ou sur gel d'acrylamide, ils ont été visualisés sous UV par utilisation de l'EZ-Vision (Amresco).

2.2. Analyse AFLP par les Kit spécifiques aux plantes à petits et grands génomes

La digestion et la ligation ont été réalisées selon le Kit AFLP® CoreReagent. Pour la préamplification, nous avons utilisé le Kit AFLP® I pour les grands génomes (500-6000Mb) et le Kit AFLP® II pour les petits génomes (50-500Mb).

L'amplification sélective a été réalisée selon 25 autres combinaisons d'amorces MseI et EcoRI marquées par les fluorochromes FAM, JOE et NED dont 10 combinaisons spécifiques pour les grands génomes et 15 combinaisons spécifiques pour les petits génomes. Les produits AFLP sont analysés par électrophorèse capillaire en présence des marqueurs de poids moléculaire GS500LIZ. L'ADN de la tomate, grand génome (Thomas et al., 1995), a été utilisé comme témoin.

RESULTATS

Vérification de la qualité et quantification de l'ADN génomique de l'arganier

Les résultats du dosage par spectrophotométrie (Nanodrop) ont montré des concentrations d'ADN élevées et des rapports D260/280 et DO230/280 adéquats.

Analyse AFLP

L'analyse AFLP selon le protocole de Vos et al., 1997 modifié n'a pas donné satisfaction. Aussi, nous avons opté pour l'utilisation de deux types de Kit vu que la taille du génome de l'arganier n'est pas connue.

2.1. Analyse AFLP par un Kit spécifique aux plantes à petits génomes

Les résultats de l'électrophorèse capillaire ont montré des profils semblables à ceux du témoin négatif (tomate) chez les individus analysés et pour les 15 combinaisons d'amorces sélectives testées. La figure 1 montre l'exemple d'électrophorégramme obtenu pour 2 individus.

2.2. Analyse AFLP par un Kit spécifique aux plantes à grands génomes

L'utilisation du Kit spécifique aux plantes à grands génomes, a permis d'obtenir des profils clairs, interprétables et dont la qualité est similaire à ceux obtenus pour le témoin positif (tomate), et ce pour les 10 combinaisons d'amorces sélectives testées. La figure 2 montre l'exemple d'électrophorégramme obtenu pour 2 individus. En moyenne, il a été obtenu 25 fragments amplifiés par individu pour chaque combinaison d'amorces.

DISCUSSION

Cette étude a permis d'analyser, de novo, le génome de l'arganier par les marqueurs AFLP en utilisant deux protocoles différents. L'application de la technique AFLP exige un ADN de bonne qualité et de quantité bien précise. Ainsi, l'extraction et la purification de

obtenues par la méthode de Doyle et Doyle (1990). L'analyse de l'ADN génomique par AFLP utilisant le protocole classique reste laborieuse et nécessite des optimisations plus poussées.

La taille du génome de l'arganier étant inconnue, nous avons testé deux Kit AFLP spécifiques aux petits et aux grands génomes qui diffèrent par le nombre de bases arbitraires additionnées aux séquences des amorces EcoRI. Les combinaisons d'amorces testées pour les deux Kits ont été sélectionnées pour leur large éventail de complémentarité aux génomes de plusieurs espèces.

L'analyse de l'ADN génomique d'arganier par le Kit spécifique aux petits génomes a montré des profils ininterprétables, similaires à ceux obtenus pour la tomate (témoin négatif), ce qui montre, qu'en dépit de la réussite des étapes de digestion et de ligation, le génome de l'arganier ne s'apprête pas à l'analyse AFLP par ce Kit. Par contre, l'utilisation du Kit spécifique aux plantes à grand génomes, telle la tomate (950 Mb) (Van der Hoeven et al., 2002), a permis d'obtenir des résultats positifs avec des profils de qualité similaire à ceux du témoin positif.

L'analyse moléculaire du génome de l'arganier par la technique AFLP selon le Kit choisi constitue une bonne approche pour l'analyse de la variabilité génétique de cette espèce. Ce système d'analyse reste crédible et

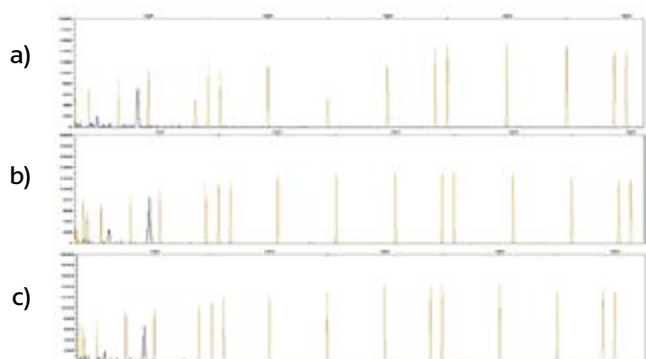


Figure 1. Electrophorégramme représentant les produits analysés par GeneMapper des fragments d'ADN amplifiés par la combinaison de deux amorces MesI -CTA et EcoRI -AC marquées par le fluorochrome FAM
a- Individu 23, b- individu 28, c- contrôle : la tomate.
- Standard (GS500LIZ)

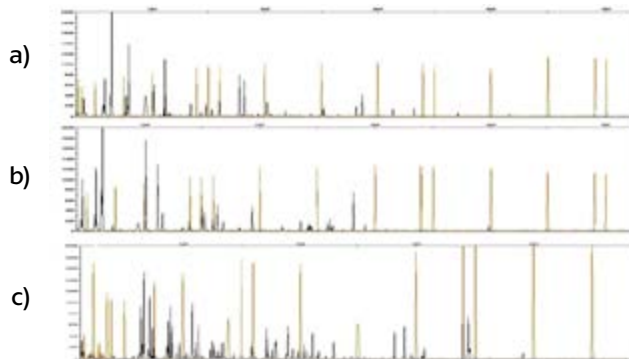


Figure 2. Electrophorégramme représentant les produits analysés par GeneMapper des fragments d'ADN amplifiés par la combinaison de deux amorces MesI -CTC et EcoRI -ACC marquées par le fluorochrome NEDa- Individu 23, b- individu 28, c- contrôle : la tomate. - Standard (GS500LIZ)

l'ADN génomique ont été réalisées en utilisant un Kit spécifique aux plantes. Les résultats obtenus suite au dosage par Nanodrop ont montré une qualité et quantité d'acides nucléiques supérieures à celles

efficace vu la robustesse et la richesse des marqueurs générés. L'usage d'amorces marquées apporte en plus une bonne précision et sensibilité de détection par électrophorèse capillaire.

CONCLUSION

Les combinaisons d'amorces pour grand génome utilisées se sont révélées très polymorphes donc l'utilisation des AFLP nous permettra de déterminer le polymorphisme génétique essentiellement de type présence/absence. L'étude réalisée dans ce cadre sera complétée par l'analyse du polymorphisme en utilisant d'autres combinaisons d'amorces à grand génome. Elle sera étendue à la totalité des individus échantillonnés. Nous entamerons par la suite l'analyse fine de la structuration de la diversité génétique des populations d'arbres d'arganier en vue de la compréhension et de l'estimation du flux de gènes intra et inter-populations afin de disposer davantage d'informations qui nous aideront à mieux connaître, valoriser et conserver le patrimoine génétique de l'arganier.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- De Ponteves E, Bourbouze A, Narjisse H, 1990. Occupation de l'espace, droit coutumier et législation forestière dans un terroir de l'arganeraie septentrionale au Maroc. Les cahiers de la recherche développement, 28-4.
- Doyle, J, and Doyle, J, 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. Focus 12: 13-15.
- M'Hirit O, Bensyane M, Benchekroun F, El Yousfi S M, Bendaanoun M, 1998. L'Arganier, une espèce fruitière-forestière à usages multiples, Sprimont (Belgique), éd. Pierre Mardaga.
- Thomas CM, Vos P, Zabeau M, Jones DA, Norcott K A, Chadwick B, and Jones, J D G 1995. Identification of amplified restriction fragment polymorphism (AFLP) markers tightly linked to the tomato Cf-9 gene for resistance to *Cladosporium fulvum*. Plant J. 8: 785-794.
- Van der Hoeven R, Ronning C, Giovannoni J, Martin G, and Tanksley S, 2002. Deductions about the number, organization, and evolution of genes in the tomato genome based on analysis of a large expressed sequence tag collection and selective genomic sequencing. Plant Cell, 14, 1441-1456.
- Vos P, Hogers R, Bleeker M, Reijans M, van de Lee T, Hornes M, Frijters A, Pot J, Peleman J, Kuiper M and Zabeau M, 1995. AFLP: a new technique for DNA finger printing. Nuc. Acids Res. 23:4407-4414.

Analyse de la variabilité génétique des populations d'arganiers du Haut Atlas et de la plaine du Souss

Anfour M, Ait Aabd N., Msanda F., Fallah M.m, Ferradouss A., El Modafar C., Belkadi B., Filali-Maltouf A. & El Mousadik A.

Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biotechnologies et Valorisation des Ressources Naturelles (LBVRN), BP 8106, 80000 Agadir, Maroc. Email : a.elmousadik@uiz.ac.ma

RESUME

La conservation des peuplements d'arganiers menacés dans leur habitat naturel sous l'effet de différents facteurs environnementaux et anthropozoïques, est une action nécessaire pour la préservation de la diversité encore disponible. En outre, parmi les stratégies les plus utilisées pour la conception des schémas de gestion et de conservation de la diversité, c'est d'introduire les marqueurs génétiques comme outil puissant et neutre vis-à-vis des fluctuations du milieu. Dans ce cadre, cinq marqueurs révélés en masse du type ISSR (Inter-Simple Sequence Repeat) ont été appliqués pour l'analyse de la diversité à l'intérieur et entre six populations (Tizi N'test, Aoulouz, Menizla, Ademine, Doutama et Imouzzar) représentant des peuplements du Haut Atlas et de la plaine du Souss. L'analyse de la diversité génétique a permis de révéler 82 loci avec un taux de polymorphisme moyen de 89,02%. La richesse allélique est similaire entre les populations avec une valeur moyenne de 1,5. Au niveau interpopulations, l'analyse moléculaire de la variance basée sur l'ensemble des combinaisons alléliques a montré que 42% de la diversité est partagée entre les populations. Dans le même sens, le coefficient de différenciation génétique de Nei ($G_{ST} = 0,314$) selon le modèle non ordonné, confirme le niveau très élevé de cette différenciation. D'autre part, la classification bayésienne et l'analyse en composantes principales montrent clairement la forte structuration géographique des populations tout en respectant les proximités géographiques des populations entre la plaine et les hautes altitudes. Ainsi, l'estimation de flux des gènes dans l'ensemble des populations reste assez limitée ($N_m = 1,09$).

Mots clés: *Argania spinosa* -marqueurs génétiques – Haut Atlas – Souss – Différenciation

ABSTRACT

The conservation of threatened populations of argan in their natural habitat is a necessary action for the preservation of diversity yet available. Moreover, among the most widely strategies used for the design patterns of management and conservation of biodiversity are to introduce genetic markers as powerful and neutral against environmental fluctuations. In this context, five markers revealed by mass of the ISSR type (Inter-Simple Sequence Repeats) were applied to the analysis of diversity within and among six populations (Tizi N' test, Aoulouz, Menizla, Ademine, Doutama et Imouzzar) representing stands of the High Atlas and the Souss. The analysis of genetic diversity revealed 82 loci with an average of polymorphism of 89,02%. Allelic richness was similar among populations with an average value of 1,5. The inter-population level, molecular analysis of variance (AMOVA) based on all allelic combinations showed that 42% of diversity is shared between populations. In the same sense, the coefficient of genetic differentiation Nei ($G_{ST} = 0,314$) confirms the high level of this differentiation. Moreover, the bayesian classification and the principal component analysis clearly show the strong geographical structuring of populations while respecting the geographic proximity of populations between the plains and high altitudes. Thus, the estimation of gene flow in all populations remains fairly limited ($N_m = 1,09$).

Keywords: *Argania spinosa* - genetic markers - High Atlas - Souss – Differentiation

INTRODUCTION

L'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels), espèce endémique du Sud-ouest marocain (M'Hirit, 1989),

représente la deuxième essence forestière du pays avec 800000 ha (Msanda et al., 2005). C'est un arbre d'une importance capitale pour la lutte contre la

désertification et contre l'érosion des sols et joue un rôle socioéconomique et écologique important dans le Sud-ouest du Maroc. Cependant, sa survie est menacée par une dégradation progressive et alarmante, sous l'action anthropozoiqie incontrôlée

MATERIEL ET METHODES

Echantillonnage du matériel végétal

L'échantillonnage a porté sur six populations naturelles d'arganiers, qui s'étend de la plaine de



Figure 1. Localisation géographique de six populations échantillonnées

et la sévérité des conditions climatiques. La forte diversité génétique à l'intérieur et entre les populations d'arganiers a été mise en évidence par des marqueurs moléculaires (El Mousadik et Petit, 1996a,b) et des caractères morphologiques (Bani-Aameur et al., 1999, 2001; Ait Aabd et al., 2011), cette diversité est le moteur d'évolution des populations en fonction de nouvelles contraintes du milieu, sa conservation et son utilisation durable demeure une obligation de haute importance. Donc, la connaissance du niveau de la structuration de la diversité génétique des peuplements naturels d'arganiers par des marqueurs moléculaires -vue leur puissance et neutralité vis-à-vis des fluctuations du milieu- est une condition préalable à l'établissement des pratiques efficaces pour identifier les populations qui doivent être la cible de mesure de conservation.

Dans ce cadre, cette étude a été entreprise dans le but d'évaluer la diversité génétique de six populations naturelles d'arganiers, représentant des peuplements du Haut Atlas (Tizi N'test, Aoulouz, Doutama et Imouzzer), du piedmont (Menizla) et de la plaine du Souss (Ademine) en utilisant des marqueurs révélés en masse de type ISSR (Inter-Simple Sequence Repeat).

Souss jusqu'au Haut Atlas (Fig. 1). Le matériel végétal utilisé consiste en une collection de jeunes feuilles.

Extraction d'ADN génomique et PCR

L'ADN des jeunes feuilles a été extrait selon le protocole de (Doyle et Doyle, 1987) avec de légères modifications (Ait Aabd, 2013). Un total de 5 amorces ISSR (Zietkiewicz et al., 1994) est sélectionné. La réaction de polymérisation en chaîne (PCR) est exécutée selon (Ait Aabd, 2013).

Analyse génétique des données ISSR

Les bandes ont été utilisées pour marquer des loci de chaque amorce et notées comme étant présentes (1) ou absentes (0) afin d'élaborer une matrice binaire qui a été analysée à l'aide des programmes : Popgene vs 1.32 (Yeh et Boule, 2000), GenAlEx vs 6.5 (Peakall et Smouse, 2012) et STRUCTURE (Pritchard et al., 2000).

À partir de cette analyse, différents paramètres génétiques décrivant la diversité de ces populations vont être estimés: le nombre moyen d'allèle par locus (A), le pourcentage de polymorphisme (%P) et la diversité génétique non biaisée de Nei (h) (Nei, 1973).

Le degré d'hétérogénéité des populations a été déterminé par le coefficient de différenciation

Gst(Wright,1951), le flux de gènes est estimé comme le nombre de migrants dans une population pour chaque génération. L'analyse de variance moléculaire (AMOVA) a été exécutée à l'aide de GenALEX. Pour la comparaison de la relation spatiale entre les populations, nous avons utilisé

se sont avérés polymorphes. La taille de ces fragments variait entre 130 et 2500 pb.

Diversité intrapopulation

Les trois populations Imouzzet, Menizla et Tizi N'test ont montré le pourcentage de bandes polymorphes

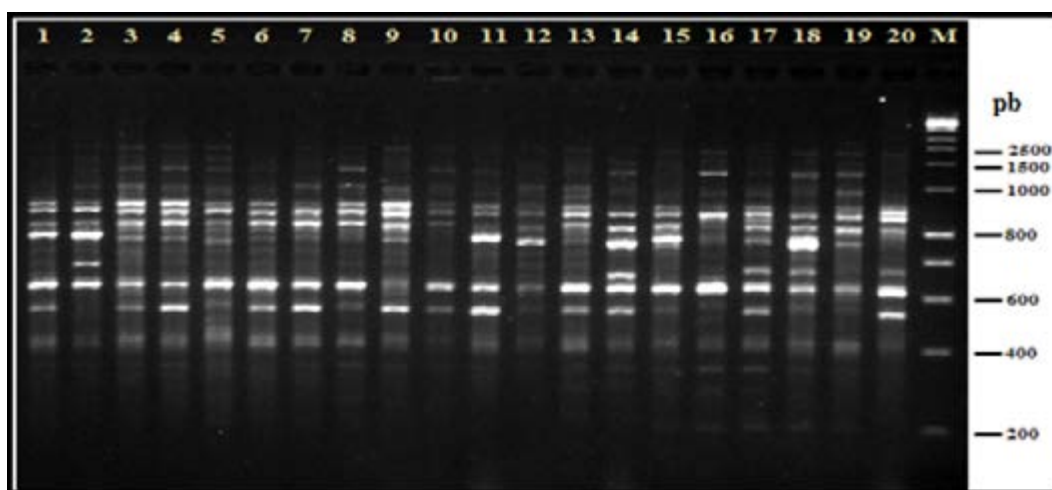


Figure 2.Profil de la population Imouzzet par l'amorce ISSR 4/8, M : marqueur de taille (1 Kb)

l'analyse en composantes principales (ACP). De plus, la classification des populations a été obtenue en utilisant l'analyse bayésienne sous le logiciel STRUCTURE.

RESULTATS

Analyse du polymorphisme

Au total, 82 fragments d'ADN amplifiés ont été produits chez les six populations d'arganiers par les cinq amorces utilisées, 73 (89,02%) de ces fragments

le plus élevé avec 58,54%, 57,32 et 56,10% respectivement. La plus forte diversité génétique (h) et le nombre moyen d'allèles par locus(A) le plus important se sont trouvés également chez ces populations. La diversité génétique moyenne de Nei (h) et la richesse allélique pour l'ensemble des populations étaient $h = 0,25$, $A = 1,89$ respectivement (Tab.1).

NBP: Nombre de bandes polymorphes, %P: Pourcentage de bandes polymorphes, A: Nombre

Provenance	NBP	%P	A	h
Ademine	44	53,66	1,5366	0,1713
Aoulouz	38	46,34	1,4634	0,16
Doutama	35	42,68	1,4268	0,1188
Imouzzet	48	58,54	1,5854	0,1805
Menizla	47	57,32	1,5732	0,1959
Tizi N'test	46	56,10	1,5610	0,2012
Moyenne	43	52,20	1,5220	0,1712
Total (120 individus)	73	89,02	1,8902	0,2496

Tableau 1. Paramètres de diversité génétique intrapopulation

moyen d'allèles par locus, h : Diversité génétique de Nei.

Diversité interpopulations

Le coefficient de différentiation G_{ST} au sein des populations est de l'ordre de 0,314. Ainsi l'estimation

L'analyse par STRUCTURE renforce cette structuration géographique (Figure. 3). Ainsi, trois sous groupes s'individualisent comme entités ayant le maximum de structures génétiques partagées. Il s'agit de : i/ Ademine, Menizla, ii/ Aoulouz, Tizi N'

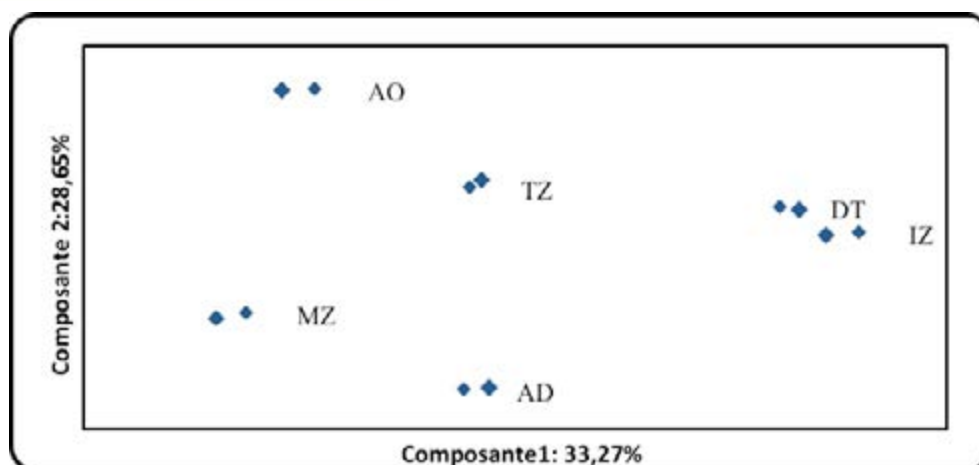


Figure 3. Analyse en composantes principales des résultats de l'analyse moléculaire des populations d'arganiers

du nombre de migrant par génération $N_m=1,09$ Test et iii/ Doutama, Imouzzar.

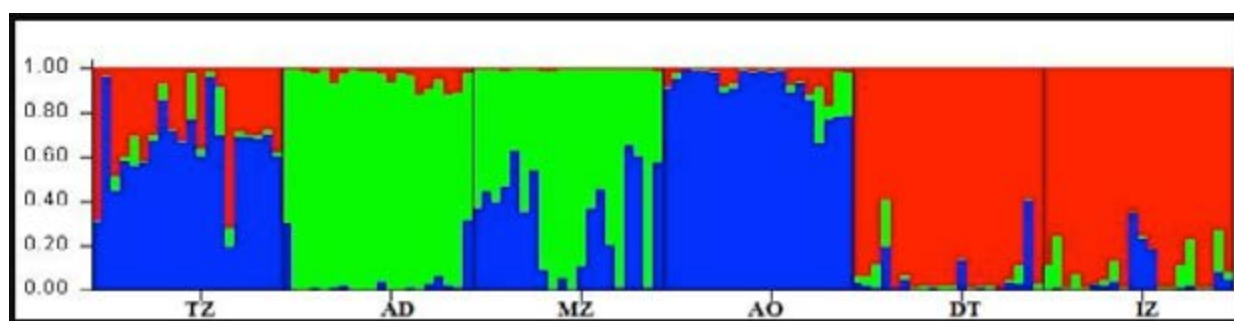


Figure 3. Structuration génétique obtenue par l'approche bayésienne STRUCTURE pour les six populations ($K=3$)

signifie que le flux des gènes est limité. Dans le même sens, l'analyse moléculaire de la variance (AMOVA) a illustré un niveau très élevé de variance entre populations, il est de 42% avec $p < 0,01$.

L'ACP de la distance génétique entre les populations montre que 61,92 % de la variabilité totale est expliquée par les deux premiers axes (Figure 6). L'axe 1 oppose les populations du Haut Atlas Aoulouz et Tizi N'test par rapport à celles du piedmont (Menizla) et de la plaine de Souss (Ademine). L'axe 2 oppose les populations Doutama et Imouzzar du reste.

DISCUSSION

L'utilisation des cinq marqueurs ISSR a permis de définir 82 locus avec un taux de polymorphisme total de 89.02 %, ce niveau indique que la méthode ISSR est puissante. Chez l'arganier, le niveau de diversité génétique totale est élevé ($h=0,25$, $A=1,89$), les populations des hautes altitudes (Imouzzar $h=0,18$ et Tizi N'test $h=0,20$), du piedmont (Menizla $h=0,19$) se sont avérées les plus diversifiées.

La différenciation est de l'ordre de 31,4%, niveau supérieur à celui d'une étude similaire fondée sur

neuf ISSR ($Gst = 0.22$, Ait Aabd, 2013). Ainsi en comparant avec d'autres arbres forestiers qui ont une large distribution tels que *Juniperus phoenicea* ($Gst = 0.12$, Meloni et al., 2006) et *Abies nephrolepis* ($Gst = 0.082$, Woo, Hoon et al., 2008), on constate que l'arganier est fortement différencié dans son aire naturelle. Par ailleurs, le flux de gènes de plus de quatre migrants par génération est, en théorie, suffisant (Slatkin, 1985) afin d'éviter une différenciation génétique entre populations. Dans cette étude, N_m estimé pour l'arganier est assez faible ($N_m = 1.09$). Ainsi, il est inférieur à la moyenne (1,15) pour les arbres à pollinisation croisée (Hamrick et al., 1990). Dans le même sens, 42% de diversité totale est partagée entre les populations. Cette distribution est le produit de l'interaction de plusieurs facteurs, tels que la sélection naturelle, la taille de la population et la capacité de l'espèce à diffuser du pollen et des graines. Nos résultats sont en accord avec les travaux précédents des marqueurs moléculaires (Gst isozymes = 0.25, El Mousadik et Petit (1996a); Gst ADN chloroplastique = 0.60, El Mousadik et Petit (1996b)) pour ce niveau élevé de diversité et de différenciation génétique évalué par les ISSR. En plus, le système de reproduction de l'arganier allogame entomophile et la topographie de la répartition naturelle des populations peuvent expliquer en partie cette structuration génétique très élevée des six populations étudiées. En effet, la projection d'ACP et la classification bayésienne permettent de ressortir trois sous-groupes de populations selon leur répartition géographique: un groupe de populations de hautes altitudes à tendance continentale vers l'est (Tizi N'test et Aoulouz), un second groupe à tendance océanique-ouest (Doutama et Imouzzar) et un 3ème sous-groupe de la plaine de Souss et du piedmont (Ademine et Menizla).

Cette étude, bien que limitée à cinq ISSR et six populations possède des implications de conservation de l'arbre d'arganier, afin de maintenir quelques populations placées sur toute la gamme de distribution et de s'assurer que la diversité génétique totale est représentée, les populations ayant des niveaux supérieurs de diversité et de différenciation: Imouzzar, Menizla et Tizi N'test représentent des entités prioritaires de conservation et constituent une importante réserve de gènes à être utilisés durablement.

CONCLUSION

La diversité génétique de l'arganier évaluée à l'aide des marqueurs moléculaires de type ISSR a révélé

un niveau élevé de diversité et de différenciation entre les populations étudiées, tout en respectant les proximités géographiques. Au niveau du Haut Atlas, les populations illustrent une certaine différenciation qui respecte le rapprochement relatif entre les populations et reflète l'effet des barrières altitudinales séparées par des vallées. De plus qu'on se déplace vers la plaine de Souss en passant par Menizla, une autre structuration s'édifie. Ces résultats renforcent la stratégie de notre échantillonnage et justifient alors de continuer cette approche à travers la distribution naturelle de l'arganier. D'autre part, les différentes méthodes d'analyse notamment par ACP sur les distances génétiques et par l'analyse bayésienne (STRUCTURE) ont permis de ressortir les sous-groupes de ressemblance génétique, de telle manière à utiliser ces données pour construire une base sur les collections ou germoplasmes à définir pour la conservation de la diversité.

Enfin, ces résultats sont déterminants pour la politique de gestion et de conservation de l'arganier, arbre menacé dans son milieu naturel. Par ailleurs, à partir des résultats obtenus sur les six populations, on constate que l'arganier devrait être étudié à l'échelle de sa distribution naturelle pour mieux cerner toute stratégie de gestion et de conservation de sa diversité. L'application des marqueurs moléculaires co-dominants devrait être entreprise afin de compléter les données rapportées ici et l'évaluation de la variation génétique adaptative sera utile de concevoir des stratégies de conservation efficaces.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ait Aabd N 2013. Apport des marqueurs phénotypiques et moléculaires pour l'analyse de la variabilité génétique de l'arganier-Présélection pour le rendement en huile. Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr Agadir, 165p.
- Ait Aabd N, Elayadi F, Msanda F, El Mousadik A 2011. Evaluation of agro-morphological variability of Argan tree under different environmental conditions in Morocco: Implication for selection, Intern J Biodiv Conserv. 3(3), 73-82.
- Bani-Aameur F, Ferradous A 2001. Fruits and stone variability in three argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) populations, Forest Genetics. 8(1), 39-43.
- Bani-Aameur F., A. Ferradous, P. Dupuis (1999). Typology of fruits and stones of *Argania spinosa* (Sapotaceae), Forest Genetics. 6(4), 213-219

- Doyle JJ, Doyle JL 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue, *Phytochem bull.* 19, 11-15.
- El Mousadik A, Petit R 1996a. High level of genetic differentiation for allelic richness among populations of the argan tree [*Argania spinosa* (L.) Skeels] endemic to Morocco, *Theoretical and Applied Genetics.* 92(7), 832-839
- El Mousadik A, Petit R 1996b. Chloroplast DNA phylogeography of the argan tree of Morocco, *Molecular ecology.* 5(4), 547-555.
- Hamrick J, Godt M, Brown A, Clegg M, Kahler A, Weir B 1990. Allozyme diversity in plant species, in: *Plant population genetics, breeding, and genetic resource*, A. Brown, M. Clegg, A. Kahler and B. Weir, Sinauer Associates, 43-63.
- Meloni M, Perini D, Filigheddu R, Binelli G 2006. Genetic variation in five Mediterranean populations of *Juniperus phoenicea* as revealed by inter-simple sequence repeat (ISSR) markers, *Annals of Botany.* 97(2), 299-304.
- M'Hirit O 1989. L'arganier: une espèce fruitière forestière a usage multiple. In: *Formation Forestière Continue, thème 'l'arganier'*, pp. 31-58. Station de Recherche Forestière, Rabat 13-17 March 1989.
- Msanda F, El Aboudi A, Peltier JP 2005. Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine, *Cahiers Agricultures.* 14(4), 357-364.
- Nei M 1973. Analysis of gene diversity in subdivided populations, *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 70(12), 3321-3323.

Evaluation de la diversité génétique chez l'arganier dans la région d'Essaouira à l'aide de marqueurs moléculaires ISSR et impact sur la conservation

Mouhaddab J., Ait Aabd N, Msanda F, Bellaka M, Ferradouss A, Belkadi B, El Modafar C; Cherifi K; Bensouda S & El Mousadik A

Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biotechnologies et Valorisation des Ressources Naturelles (LBVRN), BP 8106, 80000 Agadir, Maroc. a.elmousadik@uiz.ac.ma

RESUME

La gestion et la préservation des ressources génétiques de l'arganier nécessitent une description aussi exhaustive que possible de la diversité génétique dans les populations actuelles. Dans ce contexte, une analyse ciblée sur les populations de la région d'Essaouira a été menée à l'aide de marqueurs génétiques neutres de type ISSR. Cinq amorces ISSR ont généré un total de 82 loci avec un taux de polymorphisme moyen de 98.78%. La population de Retmana apparaît la moins diversifiée pour tous les paramètres génétiques intra-population (% de locus polymorphes %P = 40 ; diversité génétique de Nei $h = 0,13$; Richesse allélique $A = 1,4$), par rapport à la population Jbel Kourati (%P= 68 ; $A=1,7$; $h = 0,25$). Au niveau inter-populations, l'AMOVA a montré que 47% de la variance génétique a été partagée entre les populations. L'indice de différenciation génétique de Nei ($G_{st} = 0,3865$) a confirmé ce niveau élevé de différenciation, avec un flux génique très limité estimé à 0,79 par migrant et par génération. Par ailleurs, les distances génétiques selon la tendance littorale ou continentale entre les populations s'avèrent respectées ($r^2 = 0,2248$, $P < 0,01$).

Mots clés : *Argania spinosa* - Conservation - Essaouira - marqueur issr - diversité génétique

ABSTRACT

The management and the conservation of genetic resources of the argan also require a description of the genetic diversity in current populations. In this context, targeted analysis on populations of the region of Essaouira was conducted using neutral genetic markers ISSR. Five ISSR primers generated a total of 82 loci with an average level of polymorphism of 98.78%. The population Retmana appears less diverse for all intra-population genetic parameters (% of polymorphic loci $P = 40\%$; Nei's genetic diversity index (h); allelic richness $A = 1.4$), while the populations of Jbel Kourati appears the most diverse (% $P = 68$, $A = 1.7$, $h = 0.25$). The inter-population level, AMOVA showed that 47% of the genetic variance was shared between populations. The index of genetic differentiation Nei ($G_{st} = 0.3865$) confirmed the high level of differentiation, with a very limited gene flow estimated at 0.79 per migrant per generation. Analyses of spatial genetic structure using UPGMA, the principal coordinate analysis and Bayesian-based approach from STRUCTUR program, showed that the entire provenances were successfully assigned to two groups. Moreover, genetic distances according to the coastal or continental trend among populations prove respected ($r = 0.57$, $P = 0.04$).

Keywords: *Argania spinosa* – Conservation – Essaouira – ISSR marker – genetic diversity

INTRODUCTION

L'arganier est un arbre oléo-agrosylvopastoral, seul représentant de la famille des Sapotacées en Afrique du Nord, doté d'une grande variabilité génétique qui lui a confié la capacité de résister aux changements climatiques notamment du point de vue de la

sécheresse du sol (Bellefontaine et al, 2010). Il joue un rôle important dans l'équilibre écologique et socio-économique. Au niveau de la province d'Essaouira, il couvre environ une superficie de 136 430 ha soit près de 20 % par rapport à l'arganeraie nationale (Alaoui, 2011). La dégradation de l'arganeraie résulte de la combinaison de l'absence

de régénération et de la perte d'arbres, qui dépend elle-même de facteurs biophysiques et sociaux (le Polain de Waroux et al, 2012), la moyenne de perte nationale est estimée à 600 ha par an de la superficie totale des arganeraies (Benziane, 1985). La gestion et la préservation des ressources génétiques d'arganier est indispensable et urgente pour assurer la pérennité de cette espèce endémique et afin de maintenir sa variabilité génétique. Traditionnellement, l'étude de la variabilité génétique de l'arganier a été menée par différentes approches morphologiques (Bani-Aameur, 2004; Naima et al, 2010), et biochimiques (El

principal objectif est de caractériser la structuration génétique aux niveaux intra et inter-populations en vue d'établir une collection de référence à des fins de conservation.

MATERIEL ET METHODES

Les peuplements d'arganier étudiés appartiennent à six provenances (Jbel Kourati, Mramer, Retmana, Tamsrourt, Ait Issi et Timzgida Oufass). Ces provenances représentent différentes conditions éco-géographiques (Figure 1). Le bioclimat est de type semi-aride.



Figure1 Répartition géographique des six populations étudiées de l'arganier

Mousadik et al., 1996a). Cependant, ces marqueurs ne sont pas toujours disponibles et sont affectés par les conditions environnementales (Majourhat et al, 2008). Au niveau génétique, l'arganier n'est pas suffisamment connu, on constate qu'il y a très peu d'études sur la diversité génétique, on cite les travaux réalisés par El Mousadik (1996a,b) qui ont utilisé les marqueurs isozymiques et de la PCR-RFLP de l'ADN cytoplasmique, les marqueurs RAPD testés par Bani Aameur (2004) et des essais avec les marqueurs SSR (Majourhat et al. ; 2008). L'originalité de cette étude réside dans l'utilisation pour la première fois des marqueurs ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) à l'échelle des populations d'arganier de la région d'Essaouira, pour la caractérisation de la diversité génétique aux niveaux intra et inter-populations. Le choix de ce marqueur se justifie par sa reproductibilité et d'être révélé en masse, ce qui permet une bonne représentativité de la diversité du génome. Le

Matériel végétal et protocole expérimental

Des échantillons de feuilles jeunes, fraîches et saines ont été récoltés sur 120 arbres à raison de 20 arbres par provenance. Les arbres ont été choisis aléatoirement. L'extraction de l'ADN a été effectuée selon la méthode classique de CTAB de Doyle and Doyle (1987) avec quelques modifications. La réaction de la PCR a été réalisée dans un volume final de 10 µl selon le protocole d'Ait Aabd (2013).

Analyse des données

Les fragments amplifiés avec la même mobilité, selon leur poids moléculaire (pb), ont été marqués en fonction du code binaire (présence (1) ; absence (0)) par locus. Les paramètres de la diversité génétique intra et inter-populations ont été calculés en utilisant la version 1.32 du programme Popgene (Yeh et al, 1999): la richesse allélique (A), le nombre de bandes

ou de loci polymorphes (NBP), le pourcentage des bandes ou de loci polymorphes (%P), la diversité génétique de Nei (h), le coefficient de différenciation génétique global de Nei (Gst), et entre paires de populations (Fst pairwise) et le flux de gènes (Nm). La matrice de distance génétique de Nei (1978) obtenue entre populations a été utilisée pour établir une classification sous forme de dendrogramme

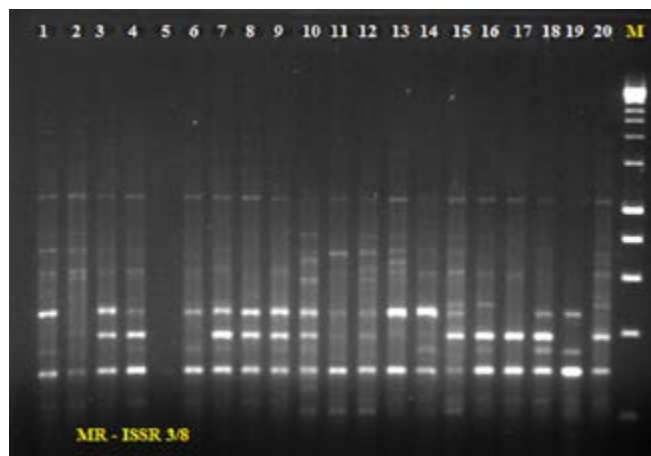


Figure2 Profil de bandes ISSR, exemple de la population Mramer

(UPGMA). L'analyse moléculaire de la variance et le test de corrélation de Mantel entre les distances génétiques et géographiques ont été réalisés par le programme GenAlex 6.5 (Peakallet Smouse, 2012). Enfin, le logiciel STRUCTURE version 2.3 (Pritchard et al, 2003) a été appliqué selon le principe de l'analyse bayésienne pour l'étude de la structuration génétique.

RESULTATS ET DISCUSSION

Analyse de la diversité génétique intra-population

A l'échelle de 120 individus provenant de six populations, 82 fragments issus de 5 marqueurs ISSR ont été générés, dont 81 (98.78%) sont polymorphes (i.e., Figure 2). La taille des fragments énumérés varie de 200 à 1500 pb.

L'analyse de la diversité intra-population (Tableau 1) montre que tous les paramètres estimés suivent le même sens (h, %P ; A, NBP), ainsi la population de Jbel Kourati (JK) apparaît la plus diversifiée pour tous les paramètres calculés (% de locus polymorphe %P = 68.29 ; diversité génétique de Nei h = 0.2532 ; Richesse allélique A = 1,6829), alors que la population de Retmana (RT) la plus nordique et la plus proche de l'océan (moins de 2 Km) est la moins diversifiée (%P = 40.24 ; h = 0.1272 ; A = 1.4024). Toutefois, à

l'échelle des six populations considérées comme un seul grand groupe, un gain en diversité très élevé est abouti (%P= 98,78 ; A=1,99 ; h = 0,32). Les raisons peuvent être attribuées à son isolement géographique confiné à l'océan et sa situation dans l'extrême du nord-ouest de la distribution naturelle de l'arganier, ce qui limite le brassage génique et favorise l'effet de la dérive génétique.

Tableau1 : Estimation des paramètres de diversité génétique au niveau intra-population

Populations	A	h	Nre de loci polymorphes	%P
Retmana (RT)	1.4024	0.1272	33	40.24
Jbel Kourati (JK)	1.6829	0.2532	56	68.29
Mramer (MR)	1.6463	0.2230	53	64.63
Tamsrourt (TS)	1.4878	0.1772	40	48.78
Ait Issi (AI)	1.5854	0.2118	48	58.54
Timzgida Oufas (TO)	1.6098	0.1875	50	60.98
Total (120 génotypes)	1.9878	0.3205	81	98.78

Différenciation génétique et flux de gènes

Au niveau inter-populations, L'analyse des profils multiloci a montré une structuration génétique très élevée des six populations étudiées (GST = 0,38 ; AMOVA = 0,47 ; Nm = 0,92). Cette structuration est corrélée positivement avec la distance géographique ($r^2 = 0,2248$, $P < 0,01$). Ce niveau de différenciation peut être comparé avec les valeurs obtenues sur les isoenzymes et de l'ADN chloroplastique de l'arganier (Gstn = 0.25 ; Gstc = 0.60) cité dans les travaux de El Mousadik (1996a et b). Les valeurs atteintes sont parmi les plus élevées. Ces résultats peuvent être comparés avec d'autres essences forestières telle que, le chêne sessile qui couvre tous l'Europe qui se caractérise par une faible différenciation (Gst = 0.026, Kremer, Petit et al, 2002). Cela montre bien que l'arganier est parmi les ressources forestières les plus différenciés génétiquement. Des analyses supplémentaires comme celle prises deux à deux (Fst pairwise ; tableau 2) confirment cette forte structuration.

Tableau2 : Fst Pairwise des populations étudiées.

	RT	JK	MR	TS	AI	TO
RT	0.000					
JK	0.3628	0.000				
MR	0.3802	0.2318	0.000			
TS	0.4412	0.2497	0.1783	0.000		
AI	0.3873	0.1783	0.2093	0.2024	0.000	
TO	0.3214	0.2396	0.2541	0.2276	0.2292	0.000

Ces résultats montrent que ses différents types de marqueurs (dominants ou codominants) illustrent une forte différenciation génétique, ce qui peut être expliqué par l'effet des barrières géographiques et le mode de reproduction du type entomogame (BENLAHBIL et al, 1999). D'autre part, Hamrick et al (1990) suggèrent que l'endémisme et les distributions limitées des populations au sein d'une espèce donnée favorisent cette différenciation génétique élevée.

Relations génétiques entre les populations d'arganier

Plusieurs méthodes et paramètres nous permettent d'étudier la structuration à différents niveaux d'organisation de l'espèce. Une analyse typologique par la méthode UPGMA basée sur la distance génétique de Nei (1978), a regroupé toutes les six populations en deux clusters (Fig.3a). Le premier cluster unique de Retmana (RT) situé au nord d'Essaouira avec une influence océanique modéré. Le second cluster est

composé du reste des populations (JK, AI, MR, TS et TO). Cette forte structuration a été confirmée par l'approche bayésienne.

Globalement, le classement des populations de l'arganier de la région d'Essaouira par l'arbre UPGMA et par l'analyse bayésienne montrent clairement que la structure génétique des populations était corrélée avec la proximité géographique.

CONCLUSION

Cette étude illustre clairement l'intérêt de l'échantillonnage réalisé et par suite son originalité. Ainsi, au sein d'une région donnée tel Haha et Chiadma objet du présent travail, on ne peut pas considérer que le paysage arganier constitue une seule population, mais plutôt il est structuré selon les différentes situations éco-géographiques (provenances). Ces résultats supposent alors que la stratégie de conservation et de constitution de collections (germoplasme) est dépendante d'une bonne connaissance de la structuration génétique des populations. L'élargissement de notre échantillonnage et l'enrichissement de l'analyse en marqueurs les plus représentatifs du génome vont permettre une analyse plus fine de l'arganeraie à l'échelle de sa distribution naturelle.

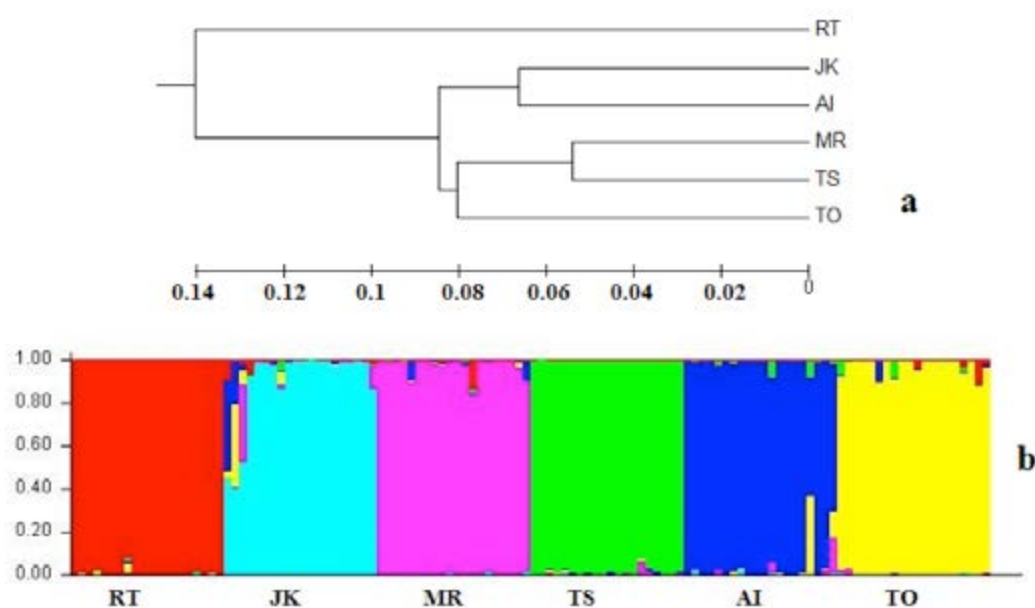


Figure 3 (a) : Dendrogramme UPGMA basé sur les distances génétiques de Nei (1978) entre les populations. (b) ; Relations génétiques entre six populations selon l'analyse bayésienne cher l'arganier

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE :

- Ait Aabd, N. (2013). Apport des marqueurs phénotypiques et moléculaires pour l'analyse de la variabilité génétique de l'Arganier présélection pour le rendement en huiles, thèse Doctorat, Université IBN ZOHER d'Agadir.
- Ait Aabd N., F. El AYADI, F. Msanda and A. El Mousadik (2010). Genetic variability of argan tree and présélection of the candidate plus trees, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 38(3): 293-301.
- Alaoui, A. (2011). Structure génétique des populations de la cératite (*Ceratit* capitata) de l'arganeraie marocaine, thèse Doctorat Es sciences, Université CADI AYYAD de Marrakech.
- Bani-Aameur, F. (2004). Morphological diversity of argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) populations in Morocco, *FOREST GENETICS* 11(3/4): 311.
- Bani-Aameur, F. and S. Benlahbil (2004). Variation in RAPD markers of *Argania spinosa* trees and their progenies, *FOREST GENETICS* 11(3/4): 309.
- Bellefontaine, R., A. Ferradous, M. Alifriqui and O. Monteuis (2010). Multiplication végétative de l'arganier (*Argania spinosa*) au Maroc: le projet John Goelet, Bois et forêts des tropiques 304(2): 47-59.
- BENLAHBIL, S. and F. BANI-AAMEUR (1999). La pollinisation de l'arganier est surtout entomophile. Colloque International sur les Ressources Végétales: L'arganier et les plantes des zones arides et semi-arides. Bani-Aameur F.(Ed). Faculté des Sciences d'Agadir.
- Benziane M. (1985). Le rôle socio-économique et environnemental de l'arganier, Acte des journées d'études sur l'arganier, Essaouira. 29-30 Sept. 12-23p.
- Chriqi A., A. Ballouk, A. Houjjaji, A. Adnani, L. Bacha and R. Addebous (2003). L'huile d'argan un produit de terroir: quelle stratégie pour sa valorisation, Direction Provinciale de l'Agriculture d'Essaouira. Revue Mensuelle Du Monde Rural Et De L'environnement - N° 70 , juillet 2003.
- Doyle, J. J. (1987). A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue, *Phytochem bull* 19: 11-15.
- El Mousadik, A. and R. Petit (1996a). High level of genetic differentiation for allelic richness among populations of the argan tree [*Argania spinosa* (L.) Skeels] endemic to Morocco, *Theoretical and Applied Genetics* 92(7): 832-839.
- EL Mousadik, A. and R. Petit (1996b). Chloroplast DNA phylogeography of the argan tree of Morocco, *Molecular Ecology* 5(4): 547-555.
- Hamrick, J., M. Godt, A. Brown, M. Clegg, A. Kahler and B. Weir (1990). Allozyme diversity in plant species, *Plant population genetics, breeding, and genetic resources*: 43-63.
- Kremer A., R. Petit and A. Ducousso (2002). Biologie évolutive et diversité génétique des chênes sessile et pédonculé, *Rev For Fr* 54: 111-130.
- Le Polain de Waroux, Y. and E. F. Lambin (2012). Monitoring degradation in arid and semi-arid forests and woodlands: the case of the argan woodlands (Morocco), *Applied Geography* 32(2): 777-786.
- Majourhat, K., Y. Jabbar, A. Hafidi and P. Martínez-Gómez (2008). Molecular characterization and genetic relationships among most common identified morphotypes of critically endangered rare Moroccan species *Argania spinosa* (Sapotaceae) using RAPD and SSR markers, *Annals of forest science* 65(8): 1.
- Msanda, F., A. El Aboudi and J.-P. Peltier (2005). Biodiversité et biogéographie de l'arganeraie marocaine, *Cahiers Agricultures* 14(4): 357-364.
- Nei, M. (1972). Genetic distance between populations, *American naturalist*: 283-292.
- Nei M. (1978). Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals, *Genetics* 89(3): 583-590.
- Peakall R. and P. E. Smouse (2012). GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research—an update, *Bioinformatics* 28(19): 2537-2539.
- Pritchard J. K., W. Wen and D. Falush (2003). Documentation for STRUCTURE software: version 2.
- Yeh F., R.-C. Yang and T. Boyle (1999). PopGene Version 131: Microsoft Window-based freeware for population genetic analysis, University of Alberta and Centre for International Forestry Research: 11-23.

Gemination In Vivo de l'arganier (*Argania Spinosa* L. Skeels): effets de l'ecotype, la température de l'eau d'imbibition et le type de substrat

Ouallal I.^{1,2}, Hmouni D.¹, Zidane L.¹, ElYacoubi H.³, Abbas Y.², Rochdi A.¹

¹Unité de Recherche 'AgroPhysiologie & PhytoBiotechnologie', Univ. Ibn Tofail, Fac. des Sciences, BP 133, Kénitra (Maroc). E-mail : atmanerochdi@gmail.com

²Service de Sylviculture et Santé des Forêts, Centre de Recherche Forestière, BP 763, Agdal-Rabat (Maroc). E-mail : imaneouallal@gmail.com ; abbayouns@gmail.com

³Laboratoire de Biotechnologies végétales, Fac. Sciences, Univ. Abdelmalek Essaadi, BP 2121, Tétouan (Maroc). Email : elyaoubihouda@gmail.com

RESUME

Cette étude est focalisée sur la germination de graines de l'*Argania spinosa* (L.) issues de trois régions différentes au Maroc : Agadir, Oued Charrat et Oued Grou. Notre objectif est de mettre au point une technique rapide et peu couteuse pour la production de plants d'arganier de bonne qualité. A cet égard trois volets ont été évalués (l'effet de la température de l'eau de trempage et la durée d'imbibition des graines ; l'effet de la provenance des graines ; l'effet du type de substrat sur les graines pré-germées). Les résultats obtenus ont révélé que la germination in vivo de l'arganier dépend du traitement et de la provenance des graines. Il s'est avéré que les graines provenant d'Oued Grou et traitées avec l'eau de robinet présentent le taux de germination le plus élevé (95%). Cependant, celles traitées avec l'eau chauffée présentent un taux de germination faible (15%). La croissance des plantules sous serre est indépendante de l'origine des graines, mais elle est fortement influencée par le type de substrat. Parmi les trois types de substrats utilisés (S1: 100% sable, S2: 100% tourbe et S3: 50% sable + 50% tourbe), sous le traitement S3, les plants d'arganier ont présenté une croissance en longueur et en nombre de feuilles plus élevées (13 cm et 32 feuilles). Ces résultats méritent d'être intégrés dans les pratiques de production des plants d'arganier en pépinières forestières.

Mots clés : *Argania spinosa*, **germination**, **semis**, **substrat**, **croissance**.

ABSTRACT

This study focused on the seeds germination of the argan tree belonging to three different regions in Morocco: Agadir, Oued Charrat and Oued Grou. Our aim is to develop a rapid and inexpensive technique to produce a better argan plants. In this respect three points were evaluated (the effect of the water temperature and the duration of seed imbibition; the effect of seed source; the effect of substrate type on the pre-germinated seeds). The results showed that the in vivo germination depends on the treatment and seed source. Seeds from oued Grou and treated with tap water have the highest germination (95 %). However, those treated with heated water have a low germination rate (15%). Under greenhouse, result showed that the growth of argan plant was independent of the seeds origin, but it was strongly influenced by the type of substrate. Among the three types of substrates used (S1: 100% sand, S2 : 100% peat and S3: 50% + 50 %; peat/ sand), argan plants growth better with a higher number of leaves in S3 treatment (13 cm and 32 leaves) . These results need to be integrated within the practices of argan plant production in forest nurseries.

Keywords : *Argania spinosa*, **germination**, **seeds**, **substrate**, **growth**.

INTRODUCTION

Dans beaucoup de pays en développement, les populations rurales satisfont une grande partie de leurs

besoins alimentaires et énergétiques grâce aux arbres lesquels, par ailleurs, contribuent à la qualité de la vie. Le Maroc dispose d'un patrimoine forestier d'une

importance socio-économique et environnementale, de l'ordre de huit millions d'hectares (Tazi, 2003).

L'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels) est un arbre endémique au Maroc où il constitue la deuxième essence forestière du pays, après le chêne vert et juste avant le thuya. C'est un arbre qui peut vivre de 150 à 200 ans. Il est très résistant à la sécheresse et à la chaleur. L'arganier pousse d'une façon sauvage et en abondance dans les zones arides et semi-arides du sud-ouest marocain. C'est un arbre à multi usages ; chacune de ses parties (bois, feuilles, fruits, huiles) est utilisable et représente une source de revenus pour l'usager. En plus, il joue un rôle irremplaçable dans l'équilibre écologique ; son système racinaire puissant et profond maintient le sol et permet de lutter contre l'érosion qui menace cet équilibre. Son effet d'ombrage et améliorateur du sol (fertilisation) et favorise la présence des êtres vivants (la faune et la flore) (Nouaim, 1994).

La sauvegarde de la diversité génétique constatée chez l'arganier (Msanda et al., 1994) nécessite une multiplication des efforts pour assurer une meilleure propagation et réduire l'ampleur de la régression quantitative et qualitative de la forêt d'arganier (El Youssfi, 1988) dû à la destruction des arbres sans possibilité de les remplacer. Les difficultés rencontrées dans sa multiplication par graines, en raison de la dureté tégumentaire de son enveloppe qui peuvent retarder la germination pendant des mois ou des années après le semis (dormance exogène), et la propriété de l'embryon (dormance endogène) ont poussé plusieurs spécialistes à la recherche de méthodes plus adéquates pour favoriser une bonne germination de l'espèce. Par ailleurs, des essais de germination ont suggéré que le trempage des graines dans de l'eau peut être une technique encourageante et que les traitements à l'acide préconisés par certains auteurs sont inutiles (Nouaim, 1991).

Pour remédier à ces facteurs d'élevage de plants d'arganier en phase pépinière et compléter l'itinéraire technique de sa production, deux expérimentations ont été réalisées :

Expérience 1 : Tester l'effet du trempage des graines d'arganier en combinaison avec la température de l'eau et la durée du traitement sur leur germination ;

Expérience 2 : Optimiser la croissance et le développement des plants d'arganier en recherchant les meilleurs substrats capables d'assurer aux jeunes semis nouvellement plantés une bonne reprise sur le terrain.

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel végétal :

Les graines utilisées sont issues de trois provenances : l'arganeraie d'Agadir (Sud-Ouest), d'Oued Charrat (région de Rabat) et d'Oued Grou (région de Khémisset). Elles ont été récoltées à maturité en fin du mois de Mai 2011, au stade vert-jaune, et après séchage à l'air libre, la pulpe a été enlevée et les graines ont été conservées au laboratoire à température ambiante jusqu'au moment de leur utilisation.

2. Traitements des graines :

Des tests préliminaires de germination ont montré que les graines légèrement scarifiées (fissurées) mécaniquement donnent des résultats bien meilleurs que les graines à téguments intacts. Les graines scarifiées ont été lavées plusieurs fois avec de l'eau de robinet et trempées dans 20% d'hypochlorite de sodium contenant 2 à 3 gouttes de l'agent mouillant tween 20 et agitées pendant 30 minutes suivi par trois rinçages à l'eau distillée.

3. Germination des graines :

Quatre cent quatre-vingt graines ont été alors imbibées pendant 0 (D0), 2 (D1), 4 (D2) ou 6 jours (D3) avec de l'eau de robinet à température ambiante ou chauffée à 30 °C. L'eau de trempage est renouvelée quotidiennement et 20 graines par combinaison 'écotype x durée d'imbibition x traitement thermique' ont été utilisées.

Ensuite, les graines sont mises à germer dans des serpillères trempées dans l'eau et disposées sur le sol à l'obscurité à 17 - 20 °C durant 4 semaines. Les serpillères sont imbibées quotidiennement avec de l'eau de robinet.

Les critères d'évaluation ont concerné le temps de latence (TL) et le taux de germination (TG).



Photo 1. Graines d'arganier disposées dans une serpillière pour la germination

4. Culture des pré-germinations :

Trois types de substrats ont été utilisés : 100% du sable de la forêt de Maâmora (S1), 100% de la tourbe noire (S2) et un mélange (1V/1V) de sable-tourbe (S3).

Cent quatre-vingt-neuf graines pré-germées sont utilisées, à raison de 21 par combinaison 'écotype x substrat'. Les graines pré-germées sont semées en position verticale (la racicule vers le bas), à raison de 7 pré-germinations par conteneur (pot), puis recouvertes par une fine couche de substrat.

L'expérimentation est conduite sous un tunnel en plastique à des températures de 19-24 °C nuit/jour et environ 30% d'humidité relative. Tous les 2 jours, l'arrosage de semis est réalisé à l'aide d'un arrosoir de jardinier qui dispense de fines gouttelettes d'eau pour ne pas emporter la couche qui couvre les racines. Un désherbage manuel est assuré afin d'éviter toute concurrence entre le plant et les mauvaises herbes.

Les mesures ont porté sur la hauteur des plantes et le nombre de feuilles, notées régulièrement chaque 2 semaines.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Temps de latence :

La durée de vie latente au bout de laquelle a lieu la première germination du lot testé varie en fonction de la provenance de graines et du type de traitement. En effet, l'imbibition avec de l'eau de robinet à température ambiante permet généralement de réduire le temps de latence relativement à l'eau chauffée à 30 °C.

Cependant, bien que le temps de latence soit écourté parallèlement à l'augmentation du temps d'imbibition, la durée globale (imbibition + latence) reste grosso modo équivalente à celle notée pour les graines non imbibées.

Concernant l'effet de l'écotype, les graines provenant d'Agadir commencent à germer deux jours avant les deux autres provenances. Ceci pourrait être dû aux différences génétiques et physiologiques existant entre les provenances.

2. Taux de germination

L'imbibition avec de l'eau chauffée (30°C) entraîne la diminution de la capacité germinative parallèlement à l'augmentation de la durée d'imbibition. Cette réduction des taux de germination des trois écotypes pourrait être attribuée à l'asphyxie des embryons et à la fragilité des graines scarifiées (fissurées) mécaniquement. En effet, l'augmentation de la température diminue la solubilité de l'oxygène dans l'eau (Côme, 1967).

Concernant l'imbibition avec de l'eau de robinet utilisée à température ambiante, le taux de germination est amélioré pour les écotypes, Oued Grou (à 95% indépendamment de la durée d'imbibition) et Oued Charrat (à un maximum de 75% après 6 jours) mais, il est réduit pour l'écotype Agadir (jusqu'à un minimum de 25%).

La comparaison des meilleurs taux de germination obtenu des trois écotypes montre que le taux de germination le plus élevé est celui d'Oued Grou avec 95% (T1, T2 et T3), suivi par celui d'Agadir avec 80% (T0), puis d'Oued Charrat avec 75% (T3). Des résultats similaires ont été obtenus par Tazi (2003), qui confirme que l'origine géographique affecte significativement le taux de germination des graines d'arganier. Ceci pourrait être expliqué par diversité génétique observée chez cette espèce.

Après un mois de culture en pot (photo 2), la hauteur

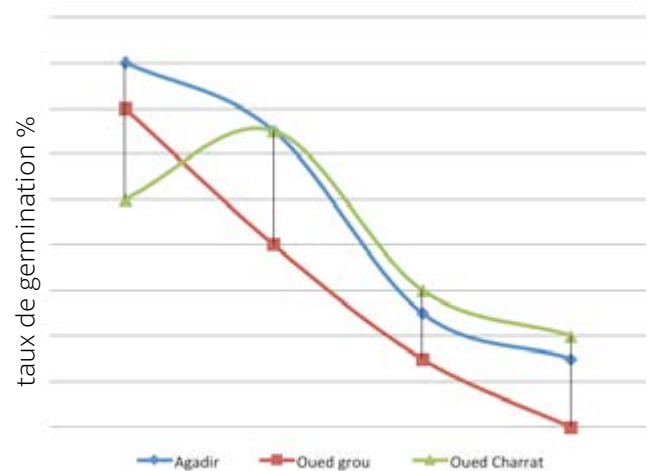


Figure 1: Effet de l'imbibition des graines dans l'eau chauffée sur le taux de germination

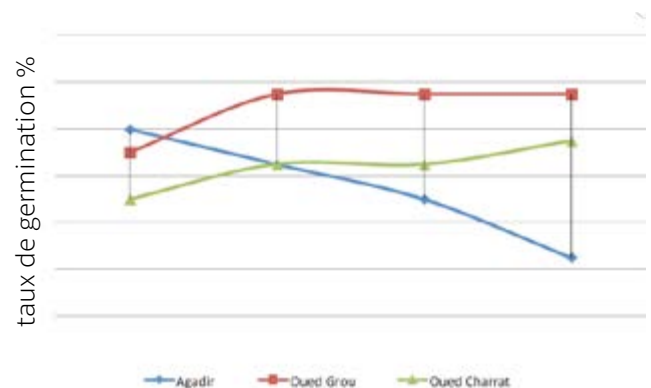


Figure 2: Effet de l'imbibition des graines dans l'eau de robinet sur le taux de germination %

moyenne des plantules (HMP) et le nombre moyen de feuilles (NMF) varient en fonction du substrat de culture.

Pour les trois écotypes, les meilleurs résultats, pour les critères HMP et NMF, ont été enregistrés avec le mélange des substrats (50% sable + 50% tourbe). Le sable, utilisé seul, a permis des résultats moins importants mais plus élevés que la tourbe qui a par contre entraîné la diminution des performances des plantes cultivées.

Cette différence d'aptitude des pré-germinations



Photo 2 : Plantules d'arganier âgées d'un mois

entre les trois types de substrat peut être due à leurs propriétés physico-chimiques. Le sable présente souvent une forte aération et permet un bon drainage d'eau dans le substrat et la tourbe permet l'apport de la matière organique (jusqu'à 95% de la matière sèche) et le maintien d'un bon niveau d'humidité dans le

substrat (Rivière et al., 2002). Par ailleurs, selon Boudy (1951) et M'Hirit (1998), le sable seul ne permettant qu'une faible rétention de l'humidité, est la cause de l'inexistence de l'Arganier sur les dunes environnantes de la ville d'Essaouira.

CONCLUSION

A la lumière des résultats obtenus, le temps de latence le plus court (4 jours) a été obtenu avec les graines provenant d'Agadir, suivi par les graines d'Oued Grou, Puis celles d'Oued Charrat durant la même durée d'imbibition (6 jours) dans l'eau de robinet.

Un taux de germination maximal de l'ordre de 95% est obtenu pour les graines trempées dans l'eau de robinet pour les trois durées d'imbibition pour les graines d'Oued Grou, 75% pour les graines d'Oued Charrat imbibées 6 jours dans l'eau de robinet et 65% pour ceux d'Agadir imbibées 2 jours dans l'eau de robinet, alors que les graines trempées dans l'eau chauffée ont présenté des taux de germination inférieurs et parfois nuls.

Concernant l'effet du substrat, l'analyse des résultats a montré que la levée des plantules d'Arganier spinosa est conditionnée par la composition et la structure du substrat et Les meilleurs résultats sont enregistrés avec le mélange Sable/Tourbe pour les graines pré-germées des trois écotypes.

Vu le gain en temps et en nombre de graines germées, le prétraitement des semences à l'eau de robinet et le mélange tourbe/sable constitue un itinéraire permettant d'obtenir un nombre suffisamment important de plants à un temps convenable pour contribuer à la régénération de cette espèce.

Ecotype	Temps (semaine)	NMF	HMP (cm)	NMF	HMP (cm)	NMF	HMP (cm)
Agadir	2	6	4	4	2,5	8	6
	4	10	5	6	3,4	15	8
OuedGrou	2	7	3,5	3	4,3	15	6
	4	18	8,5	6	6,1	32	13
OuedCharrat	2	5	3	4	2,5	7	4
	4	12	5,3	6	3,4	22	7

Tableau 1: Effet de substrat sur le nombre moyen de feuilles (NMF) et la hauteur moyenne des Plantules (HMP) des graines d'arganier pré-germées

Multiplication de l'arganier (*Argania spinosa* L. SKeels) par germination, bouturage et microbouturage

Hmouni D.¹, Zidane L.¹, ElYacoubi H.², Kaibi K.³, Maskour F.³, Ouallal I.³, Abbas Y.⁴ & Rochdi A.¹

¹] Enseignants chercheurs à l'Université Ibn Tofail (Kénitra). E-mail : AtmaneRochdi@gmail.com ; DHmouni@gmail.com

² Enseignante chercheur à l'Université AbdelMalek Essaadi (Tétouan). E-mail : ElYacoubiHouda@gmail.com

³ Etudiantes à l'université Ibn Tofail (Kénitra). E-mail : Agrophysiol.PhytoBiotechnol@gmail.com

⁴ Chercheur au Centre de Recherche Forestière (Rabat). E-mail : AbbaYouns@gmail.com

RESUME

Les essais ont concerné la multiplication de l'*Argania spinosa* par semi de graines *in vivo* et d'amandes *in vitro* ainsi que par bouturage semi-herbacé *in vivo* et par microbouturage semi-ligneux *in vitro*. Pour les graines, le taux de germination était influencé par le type de substrat : avec le sable de la forêt de Maamora, nous avons obtenu un taux maximal de germination de 78 %. Concernant les amandes, le meilleur taux de vitrogermination a été noté pour les amandes de l'année, avec 83% contre seulement 17% pour celles conservées pendant plus d'une année. En ce qui concerne le bouturage *in vivo*, le taux d'enracinement était plus élevé (97%) avec l'AIB et l'ANA. Concernant la multiplication par microbouturage *in vitro*, le pourcentage de reprise a été sensiblement influencé par la formulation du milieu minéral : le milieu MS modifié a permis d'améliorer la reprise des microboutures et de réduire le pourcentage de nécroses. Pour l'étape de multiplication par bourgeonnement axillaire, plusieurs combinaisons hormonales ont été testées ce qui a permis d'obtenir un taux de multiplication de 83%.

Mots clés : *Argania spinosa*, germination, bouturage, microbouturage, rhizogenèse.

ABSTRACT

The trials have involved multiplication of *Argania spinosa* by germination of seeds (*in vivo*) and almonds (*in vitro*), also by cuttings (*in vivo*) and microcuttings (*in vitro*). For seeds, seedings was influenced by the type of substrate: a maximum rate of germination (78 %) was obtained with sand (forest Maamora). About almonds, the best vitrogermination rate was noted for almonds of the year, with 83 % against only 17 % for those stored for more than one year. Regarding the propagation by cutting *in vivo*, the rooting rate was higher (97%) with IBA and NAA. To the stage of multiplication by *in vitro* microcutting, the percentage of recovery was significantly influenced by the mineral formulation: the modified MS medium improves the responsiveness of microcuttings and reduces the percentage of necrosis. For the micropropagation step by axillary budding, several hormonal combinations were tested which yielded a multiplication rate of 83%.

Keywords: *Argania spinosa* - genetic markers - High Atlas - Souss - Differentiation

INTRODUCTION

L'arganier «l'arbre providence du sud-ouest Marocain» est une espèce forestière, fruitière et fourragère qui représente le pivot du développement socio-économique dans le Sud-Ouest Marocain (Kaibi, 2008; Maskour, 2010; Ouallal, 2012). Cependant, l'arganeraie est fortement menacée par la limitation (khay, 1989) ou

même par l'absence de régénération naturelle (récolte minutieuse de la quasi-totalité de la production de l'arganier par les autochtones ; dureté tégumentaire ; de plus, vue la dégradation de la strate herbacée et des touffes épineuses abritée par l'arganeraie et qui assurent une certaine protection des semis contre l'insolation, les semis sont souvent endommagés ou complètement détruits (M'hirit, 1989)) et à cause des difficultés de

production de plants par semis en pépinière (dus aux fontes de semis de pré-émergence et de post-émergence) (Abourouh, 2007), des échecs répétés sur les terrains de reboisement (généralement liés à la qualité des plants produits dans les pépinières, principalement en raison des systèmes racinaires peu vigoureux et faiblement ramifiés) (Berrichi et al., 2007), ainsi que des limitations de la multiplication par bouturage in vivo et par micropropagation in vitro (en raison principalement des difficultés d'enracinement) malgré des avancées techniques prometteuses (Bellefontaine, 2010 ; ElYacoubi et al., 2011 ; Le bouler et al., 2011) qui ont récemment permis de lever certaines barrières.

Ainsi, puisque l'on estime que plus d'efforts restent à fournir en vue d'assurer l'enracinement chez l'arganier, nous avons voulu contribuer à la recherche de solutions au problème de manque de sa régénération.

MATERIEL ET METHODES

Les graines utilisées ont été récoltées à maturité en fin du mois de Mai, au stade vert-jaune. Après séchage à l'air libre, la pulpe a été enlevée et les graines ont été conservées au laboratoire à température ambiante jusqu'au moment de leur utilisation. L'essai avec les graines a concerné la comparaison de trois types de substrats (S1: sol de la forêt de Maamora; S2 : sol de l'arganeraie d'Agadir; S3 : substrat constitué d'un mélange de sol et de pulpes des graines d'arganier séchée et broyée) en vue d'optimiser aussi bien la germination in vivo que la croissance subséquente des jeunes semis. Les graines ont été légèrement scarifiées (fissurées) mécaniquement avant leur utilisation.

Pour les amandes mises à germer en culture in vitro, deux âges ont été testés (1: amandes extraites de graines de l'année et 2: amandes prélevées sur des graines conservées pendant plus d'une année). Les amandes ont été désinfectées puis mises en culture in vitro à une température de 25 ± 2 °C en étuve ventilée pendant une semaine à l'obscurité, ensuite transférées dans une salle climatisée et une photopériode de 16 H.

Pour le test de bouturage semi-herbacé in vivo, la base des boutures (segments de tiges de 5 cm) de jeunes plants âgés de quelques mois a été traitée avec quelques auxines (AIB et ANA) testées à différentes concentrations. Le substrat utilisé est à base de sable de la forêt de Maamora en mélange à un substrat à base organique.

Pour le bourgeonnement axillaire, des microboutures semi-herbacées de 1 à 1.5 cm de taille ont été utilisées avec diverses combinaisons hormonales comportant de

la cytokinine et de l'auxine incorporées dans le milieu de culture à base de MS. Les vitroplants ont été ensuite enracinés in vivo.

RESULTATS

1. Germination des graines in vivo

Afin de s'assurer de la capacité germinative des graines entreposées au laboratoire, nous avons réalisé un essai préliminaire sous conditions contrôlées. Le taux de germination des graines a varié entre 80 à plus de 90%. Cependant, nous avons noté que la taille de graine influence la vitesse de la germination.



Photo 1a : Graines – mono – embryonnée et poly-embryonnées – germées



Photo 1b : Graines germées d'arganier

Le test de substrat horticole lors de la germination a montré que le taux de germination des graines est très variable selon la composition et la granulométrie du substrat. En effet, le substrat S1 permet un pourcentage élevé de germination (78%) suivi de très loin par S2

(35%) alors que dans S3 les graines n'ont pratiquement pas germé (figure 1) ce qui s'explique par un effet allélochimique de la pulpe laquelle en se dégradant, libérerait des substances néfastes à leur germination. La différence entre les substrats S1 et S2 peut être due au caractère physique de S1 (sable meuble) contrairement à S2 (sol compact).

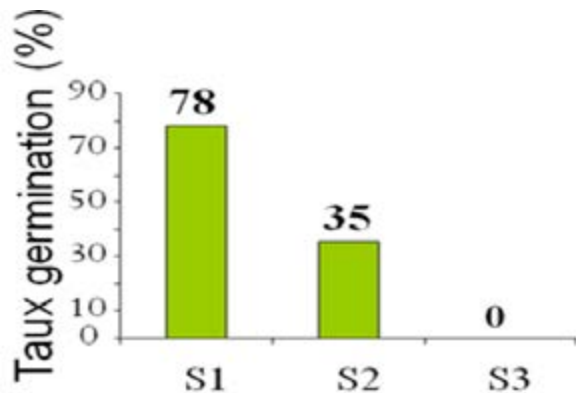


Figure 1 : Effet de substrat sur la germination des graines d'arganier

(S1 : sol de la forêt de Maamora ; S2 : sol de l'arganeraie d'Agadir ; S3 : mélange de sol et de pulpes des graines d'arganier séchée et broyée)

2. Germination des amandons in vitro

La germination des amandons *in vitro* s'est étalée sur deux semaines de culture où on a observé surtout l'allongement de la radicule (Photo2).



Photo 2 (a) : Vitro-germination d'amandons

Photo 2 (b) : Vitroplant issu de la germination des amandons in vitro

3. Bouturage in vivo

Concernant le bouturage in vivo (Photo 3), le taux d'enracinement atteint au bout de 2 mois dépend

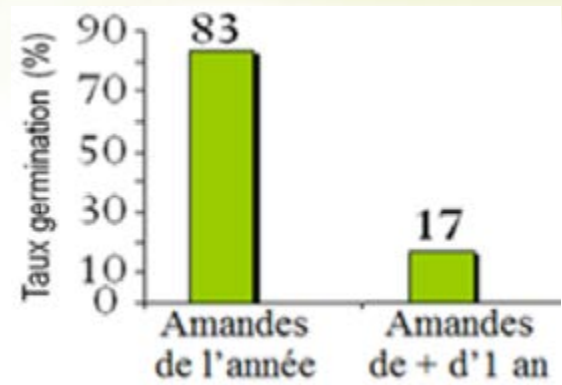


Figure 2 : Effet de l'âge sur la vitrogermination d'amandons d'arganier



Photo 3 : jeunes boutures *in vivo*

de la nature de l'hormone et également de sa concentration.

En absence de phytorégulateur (témoins), quelques boutures ont donnés des racines mais avec un pourcentage très faible (11%). Cependant, le taux d'enracinement a varié jusqu'à 97 % avec l'AIB et l'ANA. Le système racinaire produit est vigoureux et ramifié (Photos 4). En outre, il apparaît que le substrat est également un facteur-clé de réussite de l'enracinement chez l'arganier.



Photo 4 : boutures d'arganier enracinées in vivo

4. Microbouturage *in vitro*

En ce qui concerne le microbouturage *in vitro*, le milieu témoin (MS sans hormones) n'a permis qu'un faible taux de bourgeonnement (25%) (Photo 5b). Cependant, l'incorporation de combinaisons hormonales (cytokinine 'BAP ou Kin' + auxine 'AIA ou ANA') a été plus bénéfique pour la réactivité des explants et le débourement de bourgeons axillaires avec un taux régénération important allant jusqu'à 83% (Photo 5a). En outre, plusieurs feuilles apparaissent sous forme de rosettes au niveau des nœuds. Cependant, en présence de concentrations élevées en auxine, le taux de multiplication a chuté.

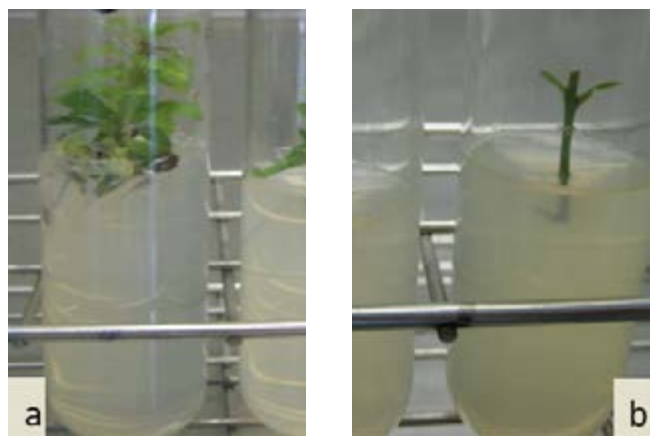


Photo 5 : vitropousses d'arganier induites sous effets de phytorégulateurs (a) et vitroplants d'arganier en absence de phytorégulateurs (b)

En outre, la modification de la composition minérale du milieu de base permet d'améliorer le pourcentage de reprise des microboutures tout en limitant la nécrose des explants en culture *in vitro*.

Par ailleurs, la technique d'enracinement *in vivo* des vitroplants a permis de surmonter les difficultés de l'enracinement *in vitro* (Photo 6).



Photo 6 : microbouture 'vitroplant' d'arganier enracinée *in vivo*

CONCLUSIONS

L'optimisation des pratiques de domestication notamment en conditions 'contrôlées' est une voie prometteuse pour remédier aux problèmes de multiplication conventionnelle de l'arganier.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abourouh M, 2007. La recherche scientifique sur l'arganier : bilan et perspectives. Ann. Rech. For. Maroc, T (38). P : 22-31.
- Berrichi A, Tazi M R, Boukroute A, Mhaamdi M, 2007. Mise en point d'une technique rapide de production de plants d'arganier. Ann. Rech. For. Maroc, T(38). P : 37-45.
- Bellefontaine R, 2010. De la domestication à l'amélioration variétale de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels). Sécheresse (21). P : 42-53.
- Elyacoubi H, Levdhal M, Meskour F, Kaibi K, Hmouni D, Rochdi A, 2011. Multiplication *in vivo* et *in vitro* de l'arganier. 4^e journée scientifique de l'environnement et de la santé; 2 juin (FST Mohammadia).
- Khay M, 1989. Traitements sylvicoles et aménagement. In: Formation Forestière Continue, thème 'arganier', Station de Recherche Forestière, Rabat, 13-17mars
- Le Boulter H, Brahic P, Bouzoubâa Z, Achour A, Defaa C, Bellefontaine R, 2011. L'amélioration des itinéraires techniques en pépinière de production d'arganiers en mottes-conteneurs hors sol. Congrès international sur l'arganier, Agadir.
- Nouaim R, Chaussod R, 1994. Apport de la mycorhization pour la croissance et le développement de l'arganier. In: Journées de l'Arbre, Marrakech.

In vitro selection of *Argania spinosa* (L.) Skeels calli line for salt and water stresses tolerances and its propagation by microcutting.

Lamaoui M^{1*}, Benlaouane R¹, Aissam S¹, Chakhchar A¹, Ben Salah I¹, Ferradous A³, Wahbi S², El Mousadik A⁴, Ibnsouda S, Koraichi⁵, Filali-Maltouf A⁶ & El Modafar C¹.

Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biotechnologies et Valorisation des Ressources Naturelles (LBVRN), BP 8106, 80000 Agadir, Maroc. Email : a.elmousadik@uiz.ac.ma

RESUME

Cette étude a été menée dans le but de développer une procédure efficace pour la sélection et le criblage in vitro de vitrovariants d'arganier tolérants au stress hydrique et salin. L'induction de la callogénèse est significativement améliorée par la culture d'entre-nœuds dans le milieu de base MS (Murashige et Skoog (1962) additionné par les combinaisons ANA (Acide naphthalèneacétique) /2,4D (2,4-dichlorophénoxyacétique) à raison de (1/1mg/l) ou 2,4D/BAP (6-benzylaminopurine) à raison de (1/10-2 mg/l). Par ailleurs, Les essais de criblage des vitro-plants tolérants au stress hydrique et salin en présence de polyéthylène-glycols (PEG) ont révélé que la concentration 37,5g/l et 80mM NaCl peuvent être utilisée comme dose sélective pour une durée de deux mois. Cependant, et malgré les teneurs élevées des cals sélectionnés en peroxyde d'hydrogène H₂O₂, ils ont manifesté une activation de leurs mécanismes de défense anti-oxydative sous condition de stress particulièrement celle de la catalase et la polyphénoloxydase et la peroxydase. Les teneurs en MDA des cals sélectionnés se sont révélées non significatives par rapport à celles des cals non sélectionnés. L'ensemble de ces résultats, montrent que l'exploitation de la variation somaclonale peut conduire à l'amélioration de la tolérance de l'arganier au stress hydrique.

Mots clés: Callogénèse, hormones, régénération, culture in vitro, Arganier, stress oxydatif.

INTRODUCTION

L'arganier (*Argania spinosa* (L) Skeels), est la troisième essence forestière du Maroc. C'est un exemple fort intéressant des espèces ligneuses à usages multiples tant par son intérêt botanique et écologique que par sa valeur sociale. Son bois donne un excellent charbon mais son principal intérêt réside dans son fruit qui donne de l'huile d'argan base de l'alimentation des populations et dans son feuillage qui sert de base à la nourriture des animaux pendant la plus grande partie de l'année. Néanmoins, malgré tous ces intérêts, on assiste à une régression alarmante des arganeraies aussi bien en surface qu'en densité. Cette régression est essentiellement due à un déséquilibre écologique d'origine anthropique. Il est donc urgent, de préserver, non seulement les arbres d'arganier restant, mais également de réhabiliter les zones dégradées (Nouaim et al., 2002).

La sécheresse des sols occupe et continuera d'occuper

une très grande place dans les chroniques agro-économiques. C'est l'un des principaux facteurs environnementaux qui limitent la production agricole. Elle touche 40–60% des terres agricoles et cela concerne plus particulièrement les zones arides et semi-arides, telles que les régions tropicales et méditerranéennes (Bray et al., 1997 ; Nabors et al., 1990). Son effet sur les végétaux est un sujet qui suscite un grand intérêt plus particulièrement en raison de l'impact potentiel des changements climatiques sur les précipitations, des températures extrêmes, et de la salinisation des terres agricoles par l'irrigation. (Araus et al., 2002; Mitra, 2001).

Par ailleurs, l'augmentation des taux de production dans les environnements stressants peut être atteinte par la sélection des variétés tolérantes au stress. Les méthodes de sélection classiques ont eu peu de succès et n'ont pas réussi à fournir les résultats attendus (Purohit et al., 1998). C'est pour cette raison, que nous sommes dans l'obligation de déployer les

outils de la biotechnologie pour ainsi résoudre les problèmes de l'amélioration des cultures. La culture in vitro peut être utilisée pour obtenir des plantes résistantes aux stress. En admettant qu'il existe une corrélation entre les réponses des plantes à l'échelle cellulaire et in vivo. (Smith et al., 1985).

Au cours de ces dernières années, la sélection in vitro des cellules présentant une tolérance au stress hydrique a été rapportée plusieurs fois (Bressan et al., 1981; Harms et Oertli, 1985; Sabbah et Tal, 1990; Borkird et al., 1991; Barakat et Abdel -Latif, 1995; El-Haris et Barakat, 1998; Mohamed et al., 2000; Hassan et al., 2004; Errabii et al., 2006).

La méthode est basée sur l'induction in vitro de la mutation au niveau cellulaire. Les cellules résistantes influencées par un agent de sélection sont sélectionnées et ensuite des plantes sont régénérées à partir de ces dernières (Abdel-raheem et al., 2007). Le polyéthylène-glycols (PEG) de poids moléculaire élevé a été longtemps utilisé pour induire le stress hydrique chez les plantes. C'est un agent osmotique non pénétrant qui baisse le potentiel hydrique d'une manière similaire au dessèchement du sol (Bressan et al., 1981; Larher et al., 1993).

L'un des changements biochimiques qui se produisent sous conditions de stress est l'accumulation d'espèces réactives de l'oxygène, qui provoquent la peroxydation des lipides et la dénaturation des protéines et de l'ADN. Parmi les mécanismes qui permettant de contrecarrer cette accumulation des radicaux toxiques, la détoxification, qui consiste à empêcher l'accumulation d'hydroxyles en intervenant dans différentes étapes de leur formation ; il s'agit d'un système anti-oxydatif, qui renferme plusieurs enzymes tel que La superoxyde dismutase (SOD) qui catalyse la dismutation du superoxyde en oxygène et en H₂O₂ (Parida et Das, 2005). L'H₂O₂ réagit avec différentes cibles cellulaires en provoquant des dommages aux protéines, à l'ADN et en provoquant également la peroxydation lipidique. (Hossain et al., 2007).

La SOD agit en premier ligne de défense en faisant convertir l'O₂⁻ en H₂O₂, suivi d'une détoxification de H₂O₂ par APX, GPX et puis CAT (Manoj K. R et al., 2011).

Ce système anti-oxydatif renferme aussi les peroxydases (POX), la polyphénoloxydase (PPO), des molécules comprenant l'acide ascorbique, le glutathion et les composés phénoliques (Aroca et al., 2003). La caractérisation des plantes tolérantes à la

sécheresse peut être réalisée soit par leur accumulation de solutés compatibles, ou par estimation des enzymes anti-oxydantes. Le système de défense antioxydant est positivement corrélé à la tolérance au stress abiotique chez les plantes. Par conséquent, dans certaines études, les espèces sélectionnées pour leur tolérance au stress abiotique ont été caractérisées par l'estimation de l'activité des enzymes SOD, APX, CAT et GR (Piqueras et al., 1996; Hossain et al., 2007; Lu et al., 2007; He et al., 2009). Cependant, les teneurs en MDA sont considérées comme indicateur des dommages oxydatifs. C'est un marqueur de la peroxydation des lipides membranaires. Une diminution de la membrane stabilité reflète le grand degré de peroxydation causé par les espèces réactives à l'oxygène (ROS) (Anjum et al., 2011).

L'objectif de ce présent travail est de produire, caractériser et régénérer in vitro, des plantes d'arganier tolérantes au stress hydrique.

MATERIEL ET METHODES

Les boutures utilisées sont issues d'arbres d'arganier homogènes de 2 à 3 ans, issues de plusieurs bouturages d'un même pied mère situé à l'arganeraie de la région d'Agadir. Le bouturage est effectué au sein du Centre Régionale des Eaux et Forêts de Marrakech.

La désinfection des explants est réalisée par trempage pendant 20 min dans une solution d'hypochlorite de sodium à 6% additionnée de quelques gouttes de Tween 20 sous agitation continue suivi de trois rinçages à l'eau distillée stérile. Par la suite les explants sont repiqués sur le milieu d'initiation de la callogénèse. Il s'agit du milieu de base MS de Murashige et Skoog (1962), dont les macroéléments sont dilués de moitié, avec adjonction d'hormones de croissance, de saccharose à 30 g/l, et de PVP à une concentration de 1g/l afin de protéger les tissus contre l'oxydation. Ce milieu est solidifié par 8 g/l d'Agar. Le pH du milieu callogénèse (MC) a été ajusté à pH 5,8 avant d'être autoclavé à 120 °C. Les cultures ont été placées par la suite à l'obscurité dans une chambre de culture à 28 ± 2 °C.

Des études préliminaires sont préalablement effectuées dans le but de déterminer l'aptitude à la callogénèse de différents explants, ainsi que les combinaisons hormonales qui permettent d'atteindre le pourcentage maximal de callogénèse, et l'impact du stress hydrique sur la croissance des cals pour en déduire par la suite de la dose optimale de sélection. Une fois, les conditions callogènes et la dose optimale de sélection sont définies, une procédure de

sélection a été exercée sur les cals en vue d'orienter la vitrovariation et de cribler les lignées cellulaires tolérantes et capables de croître sur un milieu de culture de potentiel hydrique élevé.

Après deux mois de sélection, Le comportement des cals sélectionnés a été évalué sous conditions de stress (S+PEG / NaCl) et sous conditions normales(S).

En parallèle, la performance de cals sélectionnés a été évaluée comparativement avec un deuxième témoin de contrôle : cals de même âge non-sélectionnés exposés au stress hydrique (NS+PEG /NaCl) à fin d'évaluer l'efficacité de la technique de sélection suivie.

Les teneurs en H_2O_2 (Velikova et al., 2000) et le taux des dommages oxydatifs (MDA) ainsi que l'activité des enzymes antioxydatives particulièrement la Catalase (Gong et al., 2001), Polyphénoloxydase PPO, peroxydase PO (Tejera et al., 2004. ; Hori et al., 1997) ont été étudiés.

de la tolérance au stress. Plus particulièrement, la culture in vitro a permis de sélectionner des variants tolérants au stress hydrique et salin en utilisant des cellules isolées, des cals ou des tissus organisés. Plusieurs plantes ont pu ainsi être régénérées sous stress hydrique à partir de cals cellulaires comme l'Orge (Duncan et al. 1995), la pomme de terre (Prakash et al., 1994). Dans notre expérimentation, la sélection de cals d'arganier tolérant au stress hydrique et salin a pu être obtenue, l'induction et la prolifération des cals, est obtenue par l'action d'une combinaison d'ANA (Acide naphthalèneacétique) et de 2,4D (2,4-dichlorophénoxyacétique) ou bien de 2,4D avec BAP (6-benzylaminopurine).

Après quatre semaines d'induction. Les cals obtenus ont été alors utilisés pour des expériences préliminaires dans le but d'étudier leur comportement vis-à-vis du stress hydrique et salin et d'en déduire les limites qui entravent leur croissance et donc la concentration optimale de l'agent sélectif à utiliser comme pression de sélection (Figure 1).

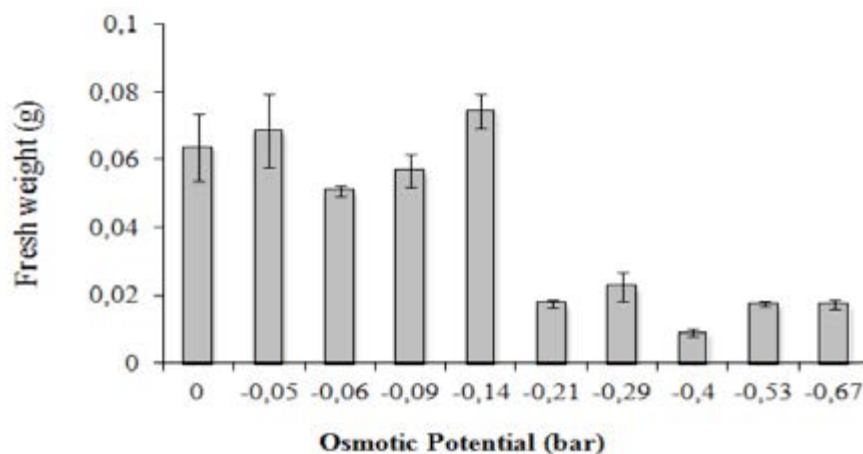


Fig 1: Fresh weight changes of *A. spinosa* calli after 5 weeks of exposure to various concentrations of PEG (6000). Values are the means of 10 replicates, and vertical bars represent the standard error. Values with different letters are significantly different at 5% level according to Duncan test.

Analyses statistiques

Les données ont été standardisées à six répétitions. L'analyse des données a été effectuée par l'étude de la variance à un seul facteur (ANOVA 1). Le test Duncan ($p < 0.05$) a été utilisé pour comparer les différents traitements et variétés, en utilisant SPSS pour Windows (Version 10).

RESULTATS ET DISCUSSION

La régénération des plantes sous une pression sélective, par addition d'un agent stressant a été utilisée pour diverses espèces, dans le but d'amélioration

Les résultats montrent une réduction du poids frais. Cette réduction est d'autant plus importante que la concentration en PEG augmente dans le milieu. Les doses qui exercent une inhibition de 50% ont été utilisées comme pression sélective pour la sélection de cals tolérantes.

Dans notre cas, la dose sélective était de 37,5 g/l PEG et 80 mM NaCl. Les cals issues de ce criblage sont utilisées pour l'évaluation de leur tolérance au stress hydrique au niveau cellulaire.

Les résultats des tests biochimiques obtenus ont

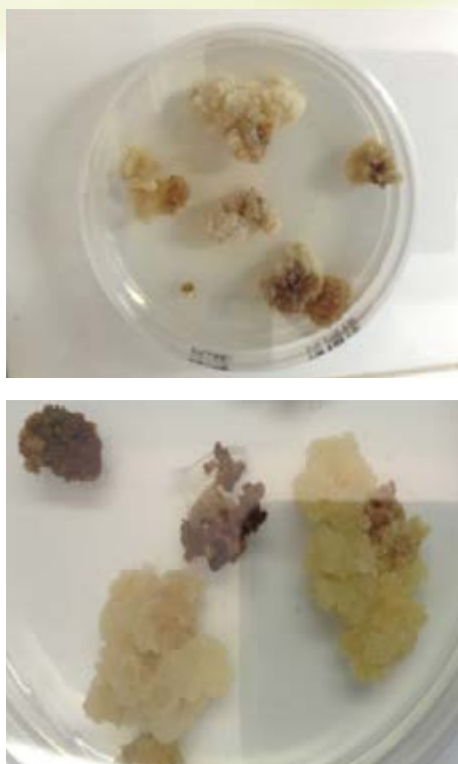


Fig 2. Aspect des cals de trois mois issus de segments d'entre-nœuds d'arganier cultivés sur milieu callogène sélectif.

montré des teneurs élevées en H₂O₂ au niveau des cals sélectionnés. Ce résultat a été observé chez d'autres espèces, Comme la pomme de terre

(Queiros et al., 2007). D'autre part, l'activité des enzymes anti-oxydatives particulièrement, la catalase, la polyphénoloxydase et la peroxydase, était significativement plus importante au niveau de ces cals sélectionnés (Tableau 1).

Les résultats dévoilent aussi des teneurs faibles en MDA chez les cals sélectionnés, ce qui reflète les faibles degrés de peroxydation des lipides membranaires après procédure de sélection et l'équilibre entre la production des ROS et les mécanismes de défense antioxydatifs.

A la lumière de ces résultats, on peut dire que l'application d'une pression sélective graduelle aux cals d'arganier a favorisé la mise en place de mécanismes d'acclimatation qui ne subsistent pas toujours chez les cals non-sélectionnés, ce qui fait donc de ces derniers des cals plus tolérants au stress hydrique. L'ensemble de ces résultats confirment la possibilité de la sélection in vitro pour le stress hydrique.

Toutefois, La régénération de plants résistants au stress hydrique à partir des cals sélectionnés en présence et en absence de PEG dans des milieux de régénération constitue l'étape en cour de réalisation pour finaliser les travaux présentés ci-dessus.

	Treatment		
	S+PEG	NS+PEG	S-PEG
CAT(μmol/mg protein/ min)	0,235 ± 0,009 a	0,079 ± 0,005 b	0,015 ± 0,001 c
PO(μmol/mg protein/min)	60,379 ± 5,409 a	28 ,046 ± 1,387 b	26,223 ± 1,475 b
PPO(μmol/mg protein/min)	1645,051 ± 177,324 a	813,380 ± 51,978 b	335,873 ± 8,715 b
SOD (min/mg protein)	2,411 ± 0,181 a	3,262 ± 0,243 a	2,659 ± 0,143 a
H₂O₂ (μmol/g FW)	1513,473 ± 34,688 a	502,953 ± 16,854 b	1659,976 ± 27,55 a
MDA (mol/ g MF).	62,177±3,319 a	60,564 ± 9,556 a	60,887 ± 5, 346 a

Tableau 1 : CAT , PO , PPO and SOD activities and H₂O₂ and MDA content in selected calli exposed to water stress (S + PEG), unselected calli exposed to water stress (NS + PEG), selected non-stressed (S-PEG). Values represent the mean of 6 repetitions. The bars represent the standard error. Values with different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's test. Means with the same letter did not show a significant difference in according to Duncan's test at p <0.05.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdel-raheem A.T., Ragab A.R., Kasem Z.A., Omar F.D & A.M Samera., 2007. In vitro selection for tomato plants for drought tolerance via callus culture under polyethylene glycol (PEG) and mannitol treatments. African Crop Science Society. Vol. 8. pp. 2027-2032.
- Anjum A. H., Xie X. Y., Wang L. C., Saleem M. F., Man C., Le W. 2011. Morphological, Physiological and Biochemical Responses of Plants to Drought Stress. Afri. J. Agri. Re., 6(9), 2026-2032.
- Araus J.L., Slafer G.A., Reynolds M.P & Royo C., 2002. Plant breeding and drought in C-3 cereals: what should we breed for. Ann. Bot. 89, 925-940.
- Aroca R., Irigoyen J.J., Sanchez-Diaz M., 2003. Drought enhances maize chilling tolerance II. Photoynthetic traits and protective mechanisms against oxidative stress. Physiol Plant 117: 540-549.
- Barakat M.N., Abdel-Latif T.H., 1995. In vitro selection for drought tolerant lines in wheat. I. Effect of PEG on the embryonic cultures. Alex. J. Agric. Res. 40, 97-112.
- Borkird C., Claes B., Caplan A., Simoens C., Van Montagu M., 1991. Differential expression of water stress associated genes in tissues of rice plants. J. Plant Physiol. 138, 591-595.
- Bray., 1997. Plant response to water deficit, Trends Plant Sci. 2 (1997) 48-54.
- Bressan R.A., Hasegawa P.N., Handa A.K., 1981. Resistance of cultured higher plant cells to PEG-induced water stress. Plant Sci. Lett. 21, 23-30.
- Duncan R.R., R.M Wascom and M.W Nabors., 1995. In vitro screening and field evaluation of tissue-culture-regenerated sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moenth.) for soil stress tolerance. Euphytica 85: 371-380.
- El-Haris M.K., Barakat M.N., 1998. Evaluation of the in vitro selected drought tolerant wheat lines under drought stress conditions. Alex. J. Agric. Res. 43, 293-302.
- Errabii T., Gandonou C.B., Essalmani H., Abrini J., Idomar M., Senhaji N.S., 2006. Growth, proline and ion accumulation in sugarcane callus cultures under drought-induced osmotic stress and its subsequent relief. Afri. J. Biotechnol. 5, 1488-1493.
- Gong Y., Toivonen P., Lau O.L., Wiersma P.A., 2001. Antioxidant system level in 'Braeburn' apple is related to its browning disorder. Bot. Bull. Acad. Sin. 42:259-264.
- Harms C.T., Oertli J.J., 1985. The use of osmotically adapted cell cultures to study salt tolerance in vitro. J. Plant Physiol. 120, 29-38.
- Hassan N.M., Serag M.S., El-Feky F.M., 2004. Changes in nitrogen content and protein profiles following in vitro selection of NaCl resistant mung bean and tomato. Acta Physiol. Plant. 26, 165-175.
- He S., Han Y., Wang Y., Zhai H., Liu Q., 2009. In vitro selection and identification of sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) plants tolerant to NaCl. Plant Cell Tissue Organ Cult. 96, 69-74.
- Hori K., Wada A., Shibuta T., 1997. Changes in phenoloxidase activities of the gals on leaves of *Ulmus davidana* formed by *Tetraneura fusiformis* (Homoptera: Eriosomatidae). Appl.Entomol. Zool. 32:365-371.
- Hossain Z., Mandal A.K.A., Datta S.K., Biswas A.K., 2007. Development of NaCl tolerant line in *Chrysanthemum morifolium* Ramat. Through shoot organogenesis of selected callus line. J. Biotechnol. 129, 658-667.
- Larher F., L Leport., M Petrivalsky., M Chappart., 1993. Effectors for the osmoinduced proline response in higher plants. Plant Physiol. Biochem., 31(6), 911-922.
- Lu S., Peng X., Guo Z., Zhang G., Wang Z., Wang C., Pang C., Fan Z., Wang J., 2007. In vitro selection of salinity tolerant variants from triploid bermudagrass (*Cynodon transvaalensis* and *C. dactylon*) and their physiological responses to salt and drought stress. Plant Cell Rep. 26, 1413-1420.
- Manoj K., Rai Rajwant., K. Kalia., Rohtas Singh., Manu P. Gangola., A.K Dhawan. Developing stress tolerant plants through in vitro selection—An overview of the recent progress. Environmental and Experimental Botany 71 (2011) 89-98
- Mitra J., 2001. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. Curr. Sci. 80, 758-763. E.A.
- Mohamed M.A.H., Harris P.J.C., Henderson J., 2000. In vitro selection and characterisation of a drought tolerant clone of *Tagetes minuta*. Plant Sci. 159, 213-222.
- Murashige T. & Skoog F., 1962. A medium for rapid

- growth and bioassay with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant*, 15, 473-497.
- Nabors M.W. Environmental stress resistance procedure and applications, in: J.D. Philip (Ed.), *Plant Cell Line Selection*, VCH, Weinheim, 1990, pp. 167-185.
- Nouaim R., Mangin G., Breuil M.C et Chaussod R. The argan tree (*Argania spinosa*) in Morocco: Propagation by seeds, *Agroforestry Systems* 54: 71-81, 2002.
- Parida A.K., Das A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 60, 324-349.
- Piqueras A., Hernandez J.A., Olmos E., Hellin E., Sevilla F., 1996. Changes in antioxidant enzymes and organic solutes associated with adaptation of citrus cells to salt stress. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 45, 53-60.
- Prakash A.H., S.N Vajranabhaiah and R. Chandrashekhara. 1994. Changing patterns in water relation and solute contents during callus development under stress in sunflower (*Helianthus annuum* L.) *Advanced in Plant Science* 7: 223-225.
- Purohit M., Srivastava S., Srivastava, P.S., 1998. Stress tolerant plants through tissue culture. In: Srivastava, P.S. (Ed.), *Plant Tissue Culture and Molecular Biology: Application and Prospects*. Narosa Publishing House, New Delhi, pp. 554-578.
- Queiros F., Fidalgo F., Santos I., Salema R., 2007. In vitro selection of salt tolerant cell lines in *Solanum tuberosum* L. *Biol. Plant.* 51, 728-734.
- Sabbah S., Tal M., 1990. Development of callus and suspension cultures of potato resistant to NaCl and mannitol and their response to stress. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 21, 119-124.
- Smith R.H., S. Bhaskaran., F.R. Miller. Screening for drought tolerance in sorghum using cell culture, *In Vitro Cell Dev. Biol.* 21 (1985) 541-545.
- Tejera G.N.A., Olivera M., Iribarne C., Lluch C., 2004. Partial purification and characterization of a non-specific acid phosphatase in leaves and root nodules of *Phaseolus vulgaris*. *Plant Physiol Biochem* 42:585-591.
- Velikova V., Yordanov I., Edreva A., 2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants. *Plant Science* 151: 59-66.



Valorisation, Economie et commercialisation des produits de l'arganeraie

Communications orales

Valorisation et préservation de l'arganier dans le sud marocain, vecteur de développement humain.

Idlimam A.¹, Bougayr El.¹, Ahjam A², Asbik M.³

¹Equipe de l'Energie Solaire et Plantes Aromatiques et Médicinales, Ecole Normale supérieure, Université Cadi Ayad, Marrakech, Maroc

²Ecologiste, Acteur Associatif, Association Toumanart pour le Développement Durable, Tiznit, Maroc

³Laboratoire de Physique des Matériaux et Modélisation des Systèmes (LP2MS), URAC08, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc

RESUME

Dans le sud-ouest marocain, les revenus des populations rurales restent largement dépendants des systèmes agro forestiers traditionnels basés sur la présence de l'arganier (*Argania spinosa*), endémique de la région : exploitation traditionnelle des fruits par les femmes pour l'extraction et la commercialisation de l'huile (à des fins alimentaires, cosmétiques ou médicinales), élevage caprin, cultures telles que l'orge pratiquées entre les arbres. La forêt d'Arganier couvre actuellement une superficie d'environ 800000 ha. Cependant, depuis les dernières décennies, l'action anthropique, caractérisée notamment par le développement de la culture irriguée, l'urbanisation dans les zones de plaines ou encore le prélèvement de bois et le pâturage excessif dans les zones de montagne, engendre une dégradation préoccupante de la biosphère de l'Arganeraie, mettant en péril sa pérennité. Les massifs d'arganiers connaîtraient ainsi à l'heure actuelle un taux de régression allant de 2% à 3% par an, ainsi qu'une perte de densité. Pour tenter de contribuer à la préservation et à la gestion durable de cet écosystème, nous avons mis en place une nouvelle démarche de préservation, en collaboration avec les habitants des régions concernées, basée sur les principes de partenariat, de participation et d'appropriation : (i) Imaginer une démarche globale (ii) Piloter, décider et arbitrer (iii) Organiser la participation des acteurs et des habitants (iv) Evaluer dans une logique d'amélioration continue.

Mots clés : Arganier ; Développement ; Préservation ; Valorisation

ABSTRACT

In the southwestern Morocco, the income of rural populations remain largely dependent on traditional agroforestry systems based on the presence of the argan tree (*Argania spinosa*), endemic to the region: traditional use of fruits by women for extraction and marketing of oil (for food, cosmetics or medicinal), goat farming, crops such as barley practiced among the trees. The Argan forest currently covers an area of about 800000 ha. However, in recent decades, human action, characterized in particular by the development of irrigated agriculture, urbanization in lowland areas or timber extraction and excessive grazing in mountain areas, causes a serious degradation Biosphere Arganeraie, threatening its survival. Massive argan and would know at present a regression rate from 2 % to 3 % per year, and a loss of density. In an attempt to contribute to the preservation and sustainable management of this ecosystem, we have implemented a new approach to conservation, in collaboration with the inhabitants of the regions concerned, based on the principles of partnership, participation and ownership (i) Imagine a global approach (ii) Control, decide and arbitrate (iii) Organize the participation of stakeholders and residents (iv) Evaluate the logic of continuous improvement.

Keywords: Argan, Development, Preservation, Valuation.

INTRODUCTION

L'arganier (*Argania spinosa*), famille des Sapotacée, est une essence forestière endémique localisée

essentiellement dans la plaine du Souss située au sud-ouest du Maroc (Fig.1). Cet arbre forestier-fruitier et fourrager est une curiosité botanique et un véritable

paradoxe phytogéographique (Tahrouch et al., 1998).

L'arganier recèle plusieurs avantages, il protège l'environnement et constitue une source de revenus supplémentaires pour les citoyens locaux. Les branches d'activité de l'arganier sont devenues une opportunité de développement particulièrement en faveur des femmes. Le commerce d'Arganier constitue de nos jours un vrai paradigme économique, du fait de la croissante demande par le marché extérieur. C'est un produit actuellement très sollicités par les industries agroalimentaires et cosmétiques européennes (Hawa, 2007).

La pharmacopée traditionnelle marocaine utilise l'huile extraite de l'amande de l'arganier pour traiter l'acné, l'alopécie, l'eczéma, les boutons lors de la varicelle, les brûlures, les irritations et les gerçures. Son feuillage est utilisé pour ses propriétés anti-inflammatoires pour traiter les rhumatismes, les douleurs articulaires et les maux d'oreilles (Charouf & Dominique, 1998).



Figure 1 : Aire de répartition de l'arganier : Source : Haut Commissariat des Eaux et Forêts

L'écosystème de l'arganeraie subit de nombreuses pressions amenant au dysfonctionnement des mécanismes physiologiques, biologiques et socio-économiques propres à l'arganeraie (El Fasskaoui, 2009). Conscientes de la nécessité de conserver cet équilibre pour la durabilité de secteurs économiques considérés comme des piliers de la richesse nationale, les autorités tentent de mener des actions de préservation et de développement du « système arganier ». Cette préoccupation coïncide avec les recommandations internationales dans le domaine de la conservation de la biodiversité.

Ce travail, encore en son début, met en exergue l'expérience des femmes de quelques coopératives situées dans la région de Tiznit en matière de développement durable. Il souligne aussi à travers une démarche rétrospective basée sur des enquêtes socio-écologiques, la recherche archivistique historique l'avis des populations concernées, dans le but de contribuer à la préservation de cet or endémique au Maroc. Dans ce cadre il y a également une étude sur les effets d'un changement du climat global sur les interactions homme-écosystème.

DEMARCHES

1. Valoriser les services de préservation

Le fait de récompenser les populations pour les services de préservation de la biosphère de l'arganeraie peut fournir des incitations puissantes et des mécanismes efficaces de conservation et préservation.

2. Approche pratique

Gagner le pari difficile entre la conciliation des impératifs socioéconomiques et les droits de préservation d'un patrimoine reconnu universellement?

3. Complémentarité

Etablir un équilibre entre les besoins légitimes des usagers et ayants droits, et les impératifs du développement durable devient nécessaire et urgent. L'arganier fournit aux populations des régions concernées de nombreux produits et services : bois de chauffage, nourriture pour caprins, fruits, médicaments, beauté, ombre et coupe-vent. C'est dans ce sens qu'il faut établir une démarche participative entre les ayants droits et associations.

Contraintes Au Developpement De L'arganier

1. Une surcharge pastorale aggravant le déséquilibre de l'ordre de 4 fois la charge d'équilibre prévue (Aziki, 2002). L'arganeraie reçoit plusieurs milliers

de dromadaires venus du Sahara. Ces nouveaux venus n'appartiennent pas aux systèmes pastoraux de l'arganeraie mais pour des raisons politiques ils sont acceptés par les autorités (El Fasskaoui, 2009).

2. La confrontation des usagers à la sécheresse continue entraine une dégradation préoccupante de l'arganeraie.

3. Il est nécessaire que les femmes participent à la vie économique et à la lutte contre la pauvreté par leurs activités domestiques, communautaires et professionnelles rémunérées et non rémunérées. Leur autonomie économique est une condition essentielle à l'élimination de la pauvreté.

Ces phénomènes engendrent également des impacts négatifs sur la qualité de vie des populations, et sont à l'origine de la baisse des potentialités économiques tant au niveau national que local.

CONCLUSION

Un développement durable et une croissance économique à la fois soutenue et durable ne seront possibles que si l'on améliore la situation économique, sociale, politique, juridique et culturelle des populations des concernées par les aires d'arganier. Le développement durable doit s'appuyer sur un développement social équitable qui donne aux pauvres, et plus particulièrement aux femmes pauvres, les moyens d'exploiter rationnellement les ressources naturelles. C'est dans cette optique qu'œuvre les organismes internationaux afin de réaliser les ADL.

- Insérer les femmes, les responsabiliser et les former davantage dans la gestion et la production de produits de qualités ;

- Sensibiliser les femmes et promouvoir la protection de l'environnement en décourageant l'exploitation abusive des écosystèmes de l'arganeraie et contribuer à rendre leur utilisation plus rationnelle ;

- Sensibiliser les hommes agriculteurs et nomades à protéger l'environnement, et les inciter à aider au développement de genre.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aziki S., 2002, L'arganeraie du Sud-Ouest marocain : développement durable et participation dans un système agro sylvo pastoral en voie de dégradation. Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles ULB, 239 p.

Brahim El Fasskaoui, « Fonctions, défis et enjeux de la gestion et du développement durables dans la

Réserve de Biosphère de l'Arganeraie (Maroc) », Études caribéennes

Charrouf Z., 2007, L'arganier : levier du développement humain du milieu rural marocain, Synthèse des communications du colloque international organisé à Rabat en 2007.

Délégations des Eaux et Forêts d'Agadir : plusieurs rapports administratifs.

Geneviève Michon, IRD, Montpellier Accaparement des ressources patrimoniales dans deux processus de patrimonialisation de la forêt rurale en Méditerranée.

Hawa W, 2007, la gestion participative et le développement des PFNL comme moyen de réduction de la pauvreté féminine en zones rurales : cas du Maghreb et du Sahel.

Valorisation du pouvoir inhibiteur de l'extract de coque du fruit d'arganier vis-à-vis la corrosion de l'acier C38 en milieu chloridrique

Afia L.¹, Salghi R.¹, Bazzi E.², Hammouti B.³

¹Docteur Chercheur à l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Equipe Génie de l'Environnement et de Biotechnologie, B.P 136, 80000 Agadir, Morocco. Email: afialailamaster@gmail.com

¹Enseignant Chercheur à l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Equipe Génie de l'Environnement et de Biotechnologie, B.P 1136, 80000 Agadir, Morocco. Email: r.salghi@uiz.ac.ma

²Enseignant Chercheur au Laboratoire Matériaux & Environnement, Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, BP 8106, Agadir, Morocco. Email: bazzilahcen@gmail.com

³LCAE-URAC18, Faculté des Sciences, Université Mohammed Premier, B.P. 4808, 60046 Oujda, Morocco. Email: hammoutib@gmail.com

RESUME

L'étude de l'action inhibitrice de l'extract de coque du fruit de l'arganier (ECA) vis-à-vis la corrosion de l'acier C38 en milieu HCL 1M a été menée par couplage des méthodes électrochimiques stationnaires et transitoires. Les résultats obtenus montrent que l'efficacité inhibitrice augmente au fur et à mesure que la concentration en extrait augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale de l'ordre de 90.4% à 5g/L. L'absorption de ECA à la surface de l'acier suit le modèle de l'isotherme de Langmuir. La comparaison des résultats obtenus à travers les méthodes électrochimiques stationnaires et transitoires montre une cohérence satisfaisante.

Mots clés : *Inhibition de corrosion, Acier, Extract de Coque d'Arganier, HCL.*

ABSTRACT

The inhibitive action of the Argan hulls extract (AHE) against corrosion of C38 steel in a 1M HCl solution was investigated using potentiodynamic polarization curves, and electrochemical impedance spectroscopy. The inhibiting effect increases with the concentration of the tested inhibitor. The highest efficiency 90.4% is obtained at 5 g/L of AHE. The adsorption of components of AHE on the surface of the C38 steel follows the Langmuir adsorption isotherm. The values obtained from various methods used are in good agreement.

Keywords : *Inhibition of Corrosion, Steel, Argan Hulls Extract, HCl*

INTRODUCTION

Steel is widely used in most industries because of its low cost and availability for the manufacture of reaction vessels such as cooling tower reservoirs, pipelines, etc...(Ramesh et al., 2003) Large numbers of organic compounds were studied and are being studied to investigate their corrosion inhibition potential. All these studies reveal that organic compounds especially those with N, S and O showed significant inhibition efficiency (Zarrok et al., 2011; Mihit et al., 2010; Barouni et al., 2008; El Issami et al., 2007). But, unfortunately

most of these compounds are not only expensive but also toxic to living beings. However, study on the inhibition efficiency of natural products for mild steel in acidic medium is still lacking. Aiming to find cheap, environmentally benign, non-toxic natural compound that could be used for acidization and acid pickling of metals in acid medium. Numerous studies had been conducted to examine extracts from naturally materials as corrosion inhibitors: edible Argan oil (Ostovari et al., 2009), Argania plant extract (Afia et al., 2012), *Argania spinosa* Kernels Extract and Cosmetic Oil (Afia et

al., 2011), henna extract (Bendahou et al., 2006), *Thymus capitatus* (El Ouariachiet al., 2011; Chetouani, Hammouti; 2004), *Fenugreek* (Bouyanzeret al., 2010), *Artemisia* (Bouklah, Hammouti; 2006), *Hibiscus sabdariffa* (Emeka, 2008), *Oxandra asbeckii* (Lebrini et al, 2011) and *Anacyclus pyrethrum* L. (Selleset al, 2012).

The chemical composition of the hulls is characterized by high amount of ADF fiber (Charrouf et al., 2009). The Nitrogen-free hulls extract (19.5%) is quite large and probably contains several classes of secondary metabolites such as polyphenols and saponins. It has isolated from the hull four saponins which 2 (arganine M and N) are cited in references. (Alaoui et al., 2002).

MATERIALS AND METHODS

The electrochemical study was carried out using a potentiostat PGZ100 piloted by Voltamaster software. This potentiostat is connected to a cell with three electrode thermostats with double wall. A saturated calomel electrode (SCE) and platinum electrode were used as reference and auxiliary electrodes, respectively.

Potentiodynamic polarization curves were plotted at a polarization scan rate of 0.5 mV/s. Before all experiments, the potential was stabilized at free potential during 30 min. The polarisation curves are obtained from -800 mV to -400 mV at 298 K. The solution test is there after de-aerated by bubbling nitrogen.

The electrochemical impedance spectroscopy (EIS) measurements are carried out with the electrochemical system, which included a digital potentiostat model Voltalab PGZ100 computer at Ecorr after immersion in solution without bubbling. After the determination of steady-state current at a corrosion potential, sine wave

voltage (10 mV) peak to peak, at frequencies between 100 kHz and 10 mHz are superimposed on the rest potential. Computer programs automatically controlled the measurements performed at rest potentials after 30 min of exposure at 298 K. The impedance diagrams are given in the Nyquist representation. Experiments are repeated three times to ensure the reproducibility.

Solutions preparation

Dried and pulping fruits were crushed. Stock solution of the hulls extract was prepared by stirring coldweighed amounts of the ground hulls of *Argania spinosa* plant for 24 h in 1 M HCl solution. The resulting solution was filtered.

RESULT AND DISCUSSION

1. Electrochemical impedance spectroscopy

Fig. 1 shows the Nyquist plots for C38 steel in 1 M HCl solution in the absence and presence of different concentrations of the AHE at 298K. The electrochemical impedance parameters are summarized in Table 1.

The obtained Nyquist impedance diagrams in most cases does not show perfect semicircle, generally attributed to the frequency dispersion as a result of roughness and inhomogenates of the electrode surface. The data reveal that, each impedance diagram consists of a large capacitive loop with low frequencies dispersion.

The shape is maintained throughout the whole concentrations, indicating a charge transfer process mainly controls the corrosion of steel (Lahhitet al., 2011).

The inhibition efficiency can be calculated by the following formula 1:

Where R_t and R_{0t} are the charge transfer resistances in inhibited and uninhibited solutions respectively.

$$E_{Rt} \% = \frac{(R_t - R_{0t})}{R_t} \times 100$$

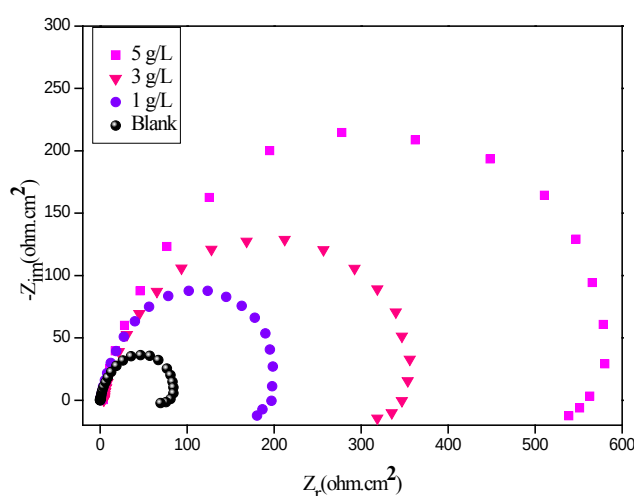


Fig. 1 Nyquist diagrams for C38 steel electrode with and without Argan hulls extract

Inhibitor	Concentration (g/L)	Rt ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	C _{dl} ($\mu\text{F} \cdot \text{cm}^{-2}$)	E _{Rt} (%)
Blank	0.00	74.00	37.40	-
	1.00	206.5	15.52	64.2
AHE	3.00	331.3	12.29	77.7
	5.00	570.0	10.08	87.0

Table 1 Electrochemical Impedance parameters for corrosion of steel in acid medium at various contents of Argan hulls extract.

From the impedance data given in Table 1, we note that the value of Rt increases with increase in the concentration of the different inhibitors. Values of double layer capacitance are also brought down to the maximum extent in the presence of inhibitors and the decrease in the values of Cdl follows the order similar to that obtained for I_{corr} in this study. It has been reported that the adsorption process on the metal surface is characterized by a decrease in Cdl (Tsuruet al., 1978).

2. Polarization curves

Potentiodynamic polarisation curves of steel in 1M HCl in the presence and absence of the tested inhibitor are shown in Figs.2. The corrosion parameters including corrosion current densities (I_{corr}), corrosion potential (E_{corr}), cathodic Tafel slope (β_c), anodic Tafel slope (β_a) and inhibition efficiency (E_i%) are listed in Table 2.

In this case, the inhibition efficiency is defined as follows:

$$E\% = \left(1 - \frac{I'_{\text{corr}}}{I_{\text{corr}}}\right) \times 100$$

Where I_{corr} and I'_{corr} are current density in absence and presence of Argan hulls extract respectively. We

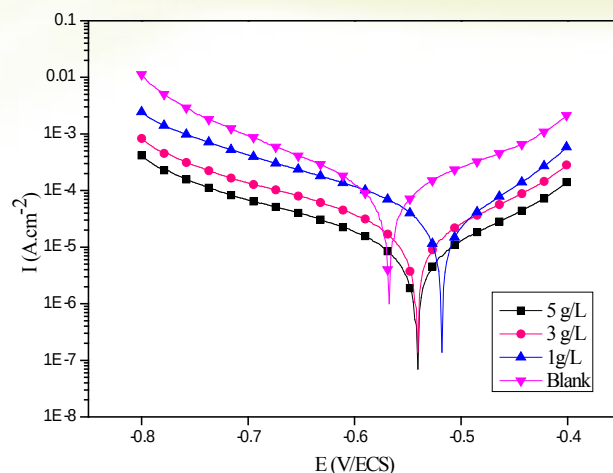


Fig. 2 Potentiodynamic polarisation curves of C38 steel in 1M HCl in the presence of different concentrations of Argan hulls extract.

noted that I_{corr} and I'_{corr} were calculated from the intersection of cathodic and anodic Tafel lines.

It is clear from the electrochemical polarisation results that the addition of inhibitor causes a decrease of the current density. We also remark that the cathodic current-potential curves give rise to Tafel lines, which indicate that hydrogen evolution reaction is activation controlled. The cathodic Tafel slope values in the presence of AHE are different of that in its absence; we may deduce that AHE modifies the mechanism of thereduction process (Kertit, Hammouti; 1996) (Fig. 2) The inhibition efficiency reaches 90.4% at 5g/L. Consequently, AHE is a good inhibitor.

CONCLUSION

The new compound AHE shows excellent inhibition properties for the corrosion of steel C38 in 1 M HCl. The inhibition efficiency increases with increase in the inhibitor concentration. At 5g/L, the inhibition efficiency (%) of AHE obtained is as high as 90.4% (by potentiometry). The inhibitor efficiencies determined by different methods are in reasonable agreement.

Concentration (g/l)	E _{corr} (mV/SCE)	I _{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	-b _c (mV/dec)	b _a (mV/dec)	E _i (%)
Blank	-567	94	99	108	-
1.0	-516	37	162	71	60.6
3.0	-540	19	171	86	79.8
5.0	-541	9	155	97	90.4

Table 2 Electrochemical parameters of C38 steel at various concentrations of Argan hulls extract in 1M HCl and corresponding inhibition efficiency

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Afia L, Salghi R, Bazzi EL, Bazzi L, Errami M, Jbara O, Al-Deyab S S, Hammouti B, 2011. Int. J. Electrochem. Sci., 6 :5918.
- Afia L, Salghi R, Bammou L, Bazzi Lh, Hammouti B, Bazzi L, 2012. Acta Metall. Sin. 25(1):10.
- Alaoui A, Charrouf Z, Soufiaoui M, Carbone V, Malorni A, Pizza C, Piacente S, 2002. J. Agric. Food Chem, 50: 4600.
- Barouni K, Bazzi L, Salghi R, Mihit M, Hammouti B, Albourine A, El Issami S, 2008. Mater. Lett. 62: 3325.
- Bendahou M, Benabdellah M, Hammouti B, 2006. Pigment & Resin Technol, 35: 95.
- Bouklah M, Hammouti B, 2006. Portug. Electrochim. Acta. 24: 457.
- Bouyanzer A, Hammouti B, Majidi L, Haloui B, 2010. Port. Electrochim. Acta. 28: 165
- Charrouf Z, 2009. Valuation of the fruit of the Argan tree; Argan oil: quality, diversification (Research Component Contract No. AR05A061P704 between Social Development Agency (Morocco) and Agropolis International, Proposed EU / MEDA / ADS "Support for improving the employment situation of rural women and sustainable management of the argan tree in the southwest of Morocco").
- Chetouani A, Hammouti B, 2004. Bull. Electrochem. 20: 343.
- Chetouani A, Hammouti B, Benkaddour M, 2004. Pigment & Resin Technol, 33: 26.
- El Issami S, Bazzi L, Mihit M, Hammouti B, Kertit S, Ait Addi EL, Salghi R, 2007. Pig. Res. Tech. 36: 161.
- El Ouariachi El M, Paolini J, Bouyanzer A, Tomi B, Hammouti B, Salghi R, Majidi L, Costa J, 2011. J. Med. Plants. Res. 5: 5773.
- Emeka E A, 2008. Portug. Electrochim. Acta. 26: 303.
- Kertit S, Hammouti B, 1996. Appl. Surf. Sci. 93:59.
- Lahhit N, Bouyanzer A, Desjobert J M, Hammouti B, Salghi R, Costa J, Jama C, Bentiss F, Majidi L, 2011. Port. Electrochim. Acta. 29(2): 127.
- Lebrini M, Robert F, Lecante A, Roos C, 2011. Corros. Sci. 53: 687.
- Mihit M, Laarej K, Abou El Makarim H, Bazzi L, Salghi R, Hammouti B, 2010. Arab. J. Chem. 3: 55.
- Ostovari A, Hoseinie S M, Peikari M, Shadizadeh S R, Hashemi S J, 2009. Corros. Sci, 51: 1935.
- Ramesh S, Rajeswari S, Maruthamuthu S, 2003. Mater. Lett 57: 4547.
- Selles C, Benali O, Tabti B, Larabi L, Harek Y, 2012. J. Mater. Environ. Sci. 3 (1) : 206-219.
- Tsuru T, Haruyama S, Gijutsu B, 1978. J. Jpn. Soc. Corros. Eng, 27: 573.
- Zarrok H, Oudda H, Zarrouk A, Salghi R, Hammouti B, Bouachrine M, 2011. Der Pharm. Chem. 3: 576.

Impact de la consommation de l'huile d'argan dans le syndrome coronarien aigu : étude interventionnelle

Adlouni A.¹, Zouirech K.¹, Safa R.¹, El Fhal A.², Najih H.², Habbal R.²

¹Laboratoire de Biologie et Santé, Unité de Pathologies Métaboliques et Immunitaires,
 URAC 34. Faculté des Sciences Ben Msik, Casablanca

²Service de Cardiologie, CHU Ibn Rochd, Casablanca

RESUME

Dans le cadre de la recherche des effets de l'huile d'argan sur la santé cardiovasculaire, nous avons étudié l'impact de la consommation de cette huile sur les statuts lipidiques chez des patients ayant subi un syndrome coronarien aigu. Pour cela, 22 patients admis en urgence au service de cardiologie du CHU Ibn Rochd de Casablanca ayant répondu aux critères d'inclusion ont été sélectionnés pour participer à l'étude interventionnelle pour une durée de 3 semaines, et ont été randomisés en 2 groupes: un groupe Argan ayant consommé 25 ml d'huile d'argan au petit déjeuner chaque jour et un groupe Contrôle ayant consommé 20 g de beurre chaque jour au petit déjeuner. L'analyse nutritionnelle a révélé qu'après trois semaines d'intervention avec l'huile d'argan, l'apport en acides gras dans les 2 groupes était différent. Les patients du groupe Argan avaient des apports en AGS moins importants alors que leurs apports en AGMI et AGPI étaient plus élevés. Les résultats du bilan lipidique indiquent qu'aucune différence significative n'a été observée pour le groupe Contrôle après la durée de l'intervention nutritionnelle. Pour le groupe Argan, les concentrations plasmatiques du cholestérol total, du LDL-cholestérol et des triglycérides ont significativement baissé ($p = 0.02$, $p = 0.001$ et $p = 0.001$ respectivement), tandis que les concentrations plasmatiques du HDL-c n'ont pas connu de différence significative. Ces résultats sont en faveur d'une prévention nutritionnelle par l'huile d'argan après un syndrome coronarien aigu, démontrée par une amélioration du profil lipidique. En conclusion, cette étude confirme l'effet hypolipémiant de l'huile d'argan et démontre pour la première fois l'effet bénéfique de cette huile dans la prévention secondaire chez les patients coronariens.

Mots clés : Huile d'argan, syndrome coronarien aigu, prévention, profil lipidique.

ABSTRACT

We studied the impact of the argan oil consumption on the lipid status in patients with acute coronary syndrome. For this, 22 patients admitted to the emergency department of cardiology Ibn Rochd CHU Casablanca having met the inclusion criteria were selected to participate in the intervention study for a period of 3 weeks, and were randomized into 2 groups: argan group who consumed 25 ml of argan oil for breakfast every day and a control group who consumed 20 g of butter every day for breakfast. The nutritional analysis revealed that after three weeks of intervention with argan oil, the fatty acid intake in the two groups was different. Argan group patients had intakes AGS smaller while their intake of MUFA and PUFA were higher. The results of lipid indicate that no significant difference was observed for the control group after the period of nutritional intervention. For Argan group, plasma concentrations of total cholesterol, LDL- cholesterol and triglycerides decreased significantly ($p = 0.02$, $p = 0.001$ and $p = 0.001$ respectively), while plasma concentrations of HDL- c does not changed. These results are in favor of a nutritional prevention by argan oil after an acute coronary syndrome, demonstrated by an improvement in the lipid profile. In conclusion, this study confirms the lipid-lowering effect of argan oil and demonstrates for the first time the beneficial effect of this oil in secondary prevention in coronary patients.

Key words : Argan Oil, acute coronary syndrome, prevention, lipid profile.

INTRODUCTION

Cause majeure de mortalité dans le monde, les maladies cardiovasculaires ont été à l'origine de 17,3 millions de décès dans le monde en 2008, dont 7,3 étaient dues aux coronaropathies qui représentent la forme la plus fréquente des maladies cardiovasculaires. L'OMS estime que d'ici 2030, 23,3 millions de personnes mourront d'une maladie cardiovasculaire (cardiopathie ou accidents vasculaires cérébraux principalement). L'origine principale de ces pathologies est l'athérosclérose, processus silencieux, qui se manifeste après des années d'évolution infraclinique. La prévention de ce processus athéroscléreux est possible. Ainsi, plusieurs études d'intervention et/ou de cohorte ont prouvé le rôle important de la prévention. La prévention nutritionnelle occupe une place prépondérante dans la prise en charge des maladies cardiovasculaires. Aussi, la recherche de nouvelles molécules ou produits notamment naturels est toujours d'actualité et la particularité de l'huile d'Argan, huile endémique du Maroc mérite toute l'attention qu'on devrait apporter à ce produit. En effet, cette huile extraite à partir de l'amande de l'arganier «*Argania spinosa* L.», un arbre endémique du sud-ouest marocain, est une ressource naturelle du Maroc qui se caractérise par sa richesse en acides gras insaturés et par sa fraction insaponifiable particulière composée de tocophérols, de stérols, de polyphénols, et de caroténoïdes.

L'huile d'argan bénéficie de quelques actions thérapeutiques. En effet, il a été prouvé que l'huile d'argan, grâce à sa composition chimique particulière, diminue la pression sanguine et améliore la fonction endothéliale chez les rats spontanément hypertendus (Berrougui et al., 2004). Récemment, plusieurs études expérimentales et cliniques ont été réalisées avec l'huile d'argan pour rechercher l'intérêt de sa consommation dans la prévention des maladies cardiovasculaires. Ainsi, l'huile d'argan s'est avérée être capable d'améliorer les anomalies métaboliques et les altérations de signalisation de l'insuline liées à un régime riche en lipides et en sucres (Samane et al., 2009). De nombreuses études suggèrent que l'huile d'argan peut être utilisée comme supplément nutritionnel pour prévenir les maladies cardiovasculaires et le cancer (Cherki et al., 2006; Drissi et al., 2006; Khallouki et al., 2003; Mekhfi et al., 2012; Samane et al., 2006).

Par des études d'intervention nutritionnelle chez des patients souffrant de dyslipidémies et de diabète de type 2, il a été démontré que l'huile d'argan avait des effets antiathérogéniques en améliorant le profil lipidique et en diminuant la susceptibilité des LDL à l'oxydation,

étape primordiale dans l'installation de l'athérosclérose (Drissi et al., 2004; Mohamedou et al., 2012; Ould Mohamedou et al., 2011).

Dans le cadre de la recherche des effets éventuels de l'huile d'argan en matière de prévention secondaire des maladies coronariennes, nous nous sommes intéressés à étudier l'effet de l'huile d'argan chez les patients ayant souffert d'un syndrome coronarien aigu. Le terme, très général, de syndrome coronarien aigu renvoie aux manifestations aiguës cliniques, électrocardiographiques et biologiques de l'athérosclérose coronaire. Le plus souvent, ils sont la conséquence d'une rupture de plaque d'athérome en un point du réseau coronaire (Bonnefoy et Sanchez, 2005). Il inclut l'angine instable, l'infarctus du myocarde sans élévation du segment ST et l'infarctus du myocarde avec élévation du segment ST.

Le syndrome coronarien aigu se présente comme une douleur à la poitrine, une pression, un serrement, ou une lourdeur qui irradie vers le cou, la mâchoire, les épaules, le dos et l'un ou les deux bras. Ils s'accompagnent également de nausées et/ou de vomissements et d'essoufflement (Bennett, 2007).

PATIENTS ET METHODES

1- Patients

La présente étude a été menée sur des patients coronariens, admis dans les soins intensifs au service de cardiologie du CHU Ibn Rochd, Casablanca. Cinquante patients de la région du Grand Casablanca ont participé à l'étude et ont présenté leur consentement devant les médecins du service. Cependant, seuls 14 patients ont pu terminer le protocole de l'étude qui est une étude d'intervention nutritionnelle avec l'huile d'argan.

Ont été inclus dans cette étude, les patients présentant un syndrome coronarien aigu. Les critères d'exclusion ont été: la présence d'une maladie hépatique ou rénale, un traitement hormonal dans les six mois précédents et la consommation d'antioxydants supplémentaires.

2- Protocole de l'étude

A l'admission, une fiche clinique a été élaborée et remplie par les médecins du service et un questionnaire alimentaire a été élaborée et rempli par une diététicienne, et ce pour chaque participant à l'étude. Aussi, un prélèvement sanguin a été réalisé à jeun avant le début de l'intervention nutritionnelle. Les patients ont été randomisés en deux groupes :

-Un groupe Contrôle de 11 patients, pour qui la prise de l'huile d'olive et toute autre huile au petit déjeuner

a été remplacée par la prise de 20 g de beurre chaque matin au petit déjeuner durant trois semaines.

-Un groupe Argan de 11 patients, pour qui la prise de l'huile d'olive et toute autre huile au petit déjeuner a été remplacée par la prise de 25 mL de l'huile d'argan chaque matin pendant trois semaines.

Tous les patients ont reçu des flacons d'huile d'argan appartenant au même lot, ayant parvenu de la même origine de fabrication (Arganoil Company).

A la fin des trois semaines d'intervention nutritionnelle, un deuxième prélèvement sanguin ainsi qu'une deuxième enquête alimentaire ont été réalisés au sein du service de cardiologie du CHU Ibn Rochd de Casablanca.

3- Prélèvements sanguins

Les prélèvements sanguins ont été effectués après 12 heures de jeun au sein du service de cardiologie du CHU Ibn Roch de Casablanca. Pour chaque patient, le sang a été recueilli dans deux tubes EDTA et un tube sec et a été ramené au Laboratoire de Recherche sur les Lipoprotéines et l'Athérosclérose de la Faculté des Sciences Ben M'sik. Le sang a été centrifugé à une vitesse de 3500 tours par minutes pour une durée de 15 minutes. Le sérum obtenu à partir des tubes secs et le plasma obtenu à partir des tubes EDTA ont été répartis dans des tubes eppendorfs avant d'être conservés à -20°C pour des utilisations ultérieures.

4- Détermination des paramètres du profil lipidique

Les concentrations sériques des paramètres lipidiques (cholestérol total, triglycérides, LDL-c et HDL-c) ont été déterminées à partir du sérum non hémolysé par

des méthodes enzymatiques colorimétriques.

5- Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été faites à l'aide du logiciel SPSS 17.0 en utilisant le test des rangs signés de WILCOXON pour la comparaison des moyennes de deux échantillons appariés. Les différences sont considérées significatives lorsque la valeur de p-value est inférieure à 0.05. Les résultats sont présentés sous forme de moyenne $\pm$ écart-type.

RESULTATS

1- Analyse des données cliniques

Les patients des deux groupes présentent des facteurs de risque cardiovasculaire, notamment le tabagisme, l'hypertension artérielle, le diabète et les dyslipidémies (figure1).

Parmi les patients du groupe Contrôle, 33.3% étaient des fumeurs, 66.7% étaient hypertendus, 100% étaient dyslipidémiques, alors qu'aucun patient n'était diabétique. Parmi les patients du groupe Argan, 75% étaient des fumeurs, 25% étaient hypertendus, 62.5% étaient diabétiques et 87.5% étaient dyslipidémiques.

2- Analyse des données nutritionnelles

Les données recueillies des questionnaires alimentaires ont été traitées par le logiciel Nutrilog. Les données alimentaires ont été transformées en données nutritionnelles chiffrées et exprimées en pourcentage de macromolécules et de micromolécules (lipides (AGS, AGMI et AGPI), glucides et protéines).

Les résultats obtenus à partir d'enquête alimentaire témoignent d'une différence de l'apport énergétique

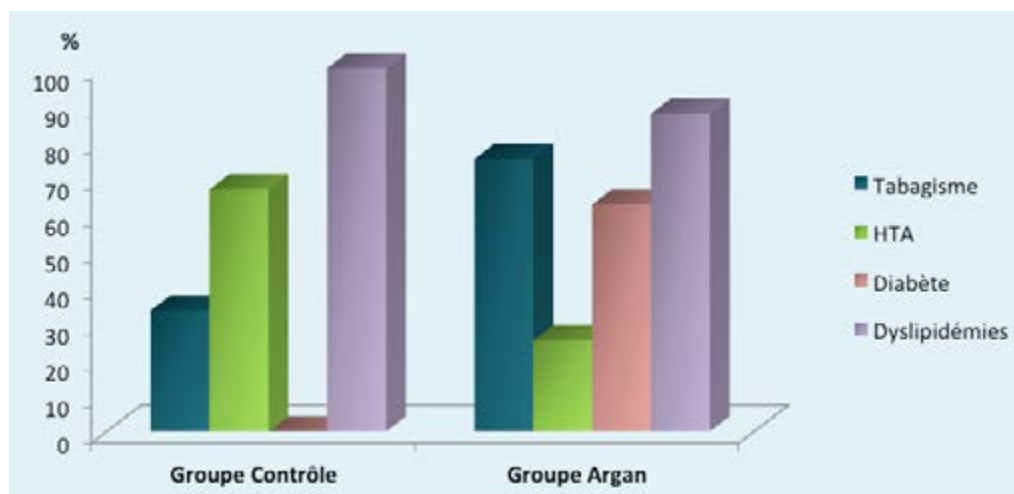


Figure 1 : Prévalence des facteurs de risque cardiovasculaire chez les deux groupes de patients.

quotidien en glucides, protéines et lipides, avant et après l'intervention nutritionnelle avec l'huile d'Argan, et ce pour les deux groupes. L'apport en glucides a augmenté pour passer de 56% à 66% de l'apport énergétique quotidien pour le groupe Contrôle et de 55% à 62% pour le groupe Argan. La consommation des protéines a également augmenté chez les deux groupes. Pour le groupe Contrôle, l'apport en protéines est passé de 16% avant l'intervention à 19% après l'intervention. Le groupe Argan a présenté une légère augmentation de l'apport en protéines qui est passé de 16% à 17%. Une diminution des apports quotidiens des lipides a été notée chez les deux groupes après les trois semaines d'intervention. La consommation des lipides est passée de 28% à 15% de l'apport énergétique quotidien pour le groupe Contrôle et de 29% à 21% pour le groupe Argan.

3- Effet de l'huile d'argan sur le profil lipidique

3.1- Cholestérol total

Après les trois semaines d'intervention nutritionnelle, le groupe Contrôle a présenté une diminution de la concentration plasmatique du cholestérol total, qui est passée de 1.86 ± 1.24 g/L à 1.18 ± 0.31 g/L. Cette diminution, quoi qu'importante, n'a pas pu atteindre le seuil de significativité. Cependant, le groupe Argan a présenté une diminution significative de la concentration plasmatique du cholestérol total ($p=0.02$), qui est passée de 2.17 ± 0.58 g/L à 1.46 ± 0.29 g/L (figure 2).

3.2- Triglycérides

Après les trois semaines d'intervention nutritionnelle, le groupe Contrôle a présenté une diminution de la concentration plasmatique des triglycérides qui

est passée de 0.70 ± 0.20 g/L à 0.62 ± 0.08 g/L. Cette diminution n'a pas atteint le seuil de significativité. Pour le groupe Argan, la concentration plasmatique des triglycérides est passée de 1.44 ± 0.84 g/L à 1.03 ± 0.36 g/L. L'analyse statistique a montré que cette diminution est non significative.

3.3- HDL-cholestérol

Pour les deux groupes Contrôle et Argan, la concentration plasmatique du HDL-c avait tendance à augmenter sans atteindre le seuil de significativité. Pour le groupe Contrôle, la concentration plasmatique du HDL-c est passée de 0.28 ± 0.08 g/L à 0.44 ± 0.14 g/L, alors que pour le groupe Argan, elle est passée de 0.33 ± 0.18 g/L à 0.46 ± 0.12 g/L.

3.4- LDL-cholestérol

Après les trois semaines d'intervention nutritionnelle, le groupe Contrôle a présenté une diminution de la concentration plasmatique du LDL-c, qui est passée de 1.41 ± 1.18 g/l à 0.60 ± 0.25 g/l sans pouvoir atteindre le seuil de significativité. Cependant, le groupe Argan a présenté une diminution très significative de la concentration plasmatique du LDL-c ($p = 0.001$), qui est passée de 1.58 ± 0.51 g/l à 0.79 ± 0.3 g/l (figure 3).

DISCUSSION

L'objectif de notre travail était d'étudier l'impact de l'huile d'Argan sur le profil lipidique des patients présentant un syndrome coronarien aigu. Pour définir l'état clinique des patients, une analyse des données nutritionnelles a montré que les statuts nutritionnels des patients après randomisation et intervention

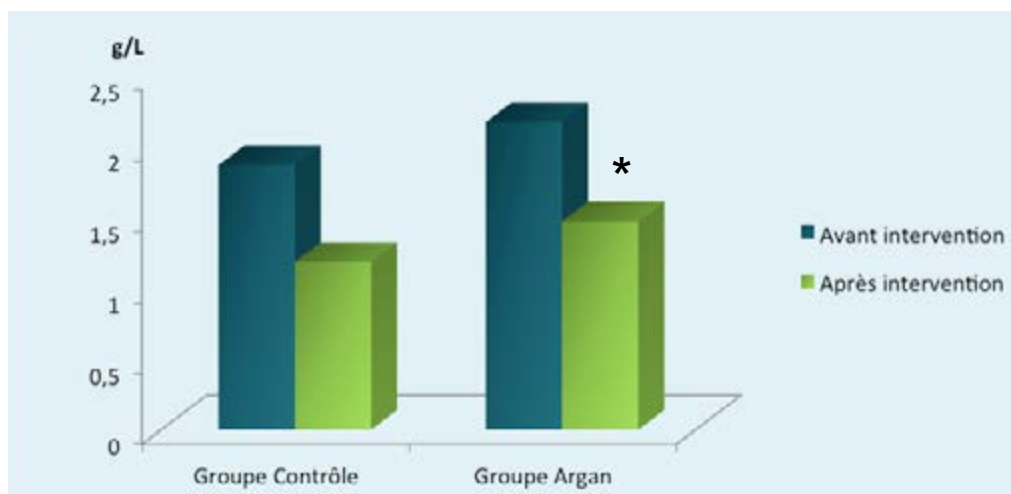


Figure 2 : Variation de la concentration plasmatique du cholestérol total chez les deux groupes de patients.

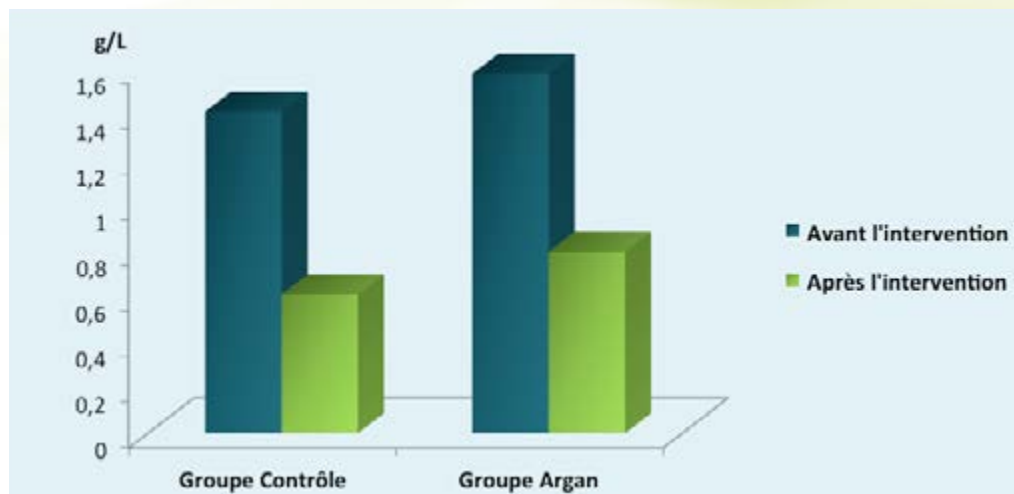


Figure 3: Variation de la concentration plasmatique du LDL-c chez les deux groupes de patients.

Ainsi le groupe ayant consommé l'huile d'argan avait un apport en acides gras saturés moins important que le groupe Contrôle. Alors que l'apport en acides gras monoinsaturés et polyinsaturés était plus élevé. Ce résultat est important car il va contribuer à argumenter les différences observées entre les groupes Contrôle et Argan en terme de statut lipidique.

En effet, les résultats du bilan lipidique réalisé avant l'intervention montrent que la majorité des patients inclus dans l'étude présentaient une dyslipidémie dès leur admission à l'hôpital (un seul patient présentait un profil lipidique normal). En effet, les dyslipidémies constituent un facteur de risque majeur de la maladie coronarienne. Toutefois l'association entre les anomalies lipidiques et les coronaropathies varient selon les études. Une étude menée sur 1000 patients coronariens égyptiens a montré que 80% présentaient des anomalies lipidiques. Des faibles concentrations en HDL-c (<40 mg/dL) étaient présentes chez 49% des patients, alors que des concentrations élevées en LDL-c (>160 mg/dL) chez 30.2% et des concentrations élevées en triglycérides (> 150 mg/dL) chez 45% des patients ont été observés (Mohsen et al., 2013).

Nos résultats d'analyse du bilan lipidique réalisé chez les groupes Contrôle et Argan, avant et après l'intervention nutritionnelle, montrent une amélioration des paramètres du bilan lipidique chez les deux groupes de patients. En effet, pour le groupe Contrôle, les concentrations plasmatiques du cholestérol total, du LDL-c et des triglycérides avaient tendance à diminuer, tandis que la concentration plasmatique en HDL-c avait tendance à augmenter, sans atteindre le seuil de significativité statistique. Le groupe Argan a montré une diminution significative des concentrations

plasmatiques du cholestérol total et du LDL-c. Tandis que les triglycérides ont connu une tendance à baisser et les HDL-c une tendance à augmenter sans pour autant atteindre le seuil de significativité. L'amélioration du profil lipidique chez les deux groupes pourrait être attribuée aux mesures hygiéno-diététiques suivies par les patients ainsi qu'au traitement hypolipémiant à base de statines, administré à tous les patients inclus dans l'étude dès le premier jour de leur admission à l'hôpital. Cependant, l'amélioration la plus importante est celle qui a été observée chez le groupe Argan. Cette différence dans l'amélioration entre les deux groupes peut être expliquée par la prise de l'huile d'argan dont ont bénéficié les patients du groupe Argan. L'huile d'argan peut exercer cet effet bénéfique grâce à sa composition unique en acides gras insaturés. En effet, la substitution des AGS par des AGPI dans l'alimentation, diminue les concentrations plasmatiques en cholestérol total et en LDL-c. Cet effet passe par la diminution du taux de production du LDL-c et l'augmentation de sa clairance (Siri-Tarino et al., 2010b). Il a été également démontré qu'une alimentation enrichie en AGMI induit la diminution des concentrations plasmatique en cholestérol total, en LDL-c et en triglycérides (Kris-Etherton et al., 1999). Ces acides gras se sont montrés impliqués dans la régulation de la fluidité des HDL, ce qui augmente leur capacité à promouvoir l'efflux du cholestérol (Sola et al., 1993). L'effet hypolipémiant de l'huile d'argan pourrait aussi être dû aux phytostérols, présents dans cette huile et qui agissent en diminuant de façon compétitive l'absorption intestinale du cholestérol. Les résultats obtenus suggèrent que l'huile d'argan est efficace dans l'amélioration du profil lipidique des patients ayant subi un syndrome coronarien aigu.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Berrougui, H., Alvarez de Sotomayor, M., Pérez-Guerrero, C., Eттаib, A., Hmamouchi, M., Marhuenda, E., and Herrera, M.D. (2004). Argan (*Argania spinosa*) oil lowers blood pressure and improves endothelial dysfunction in spontaneously hypertensive rats. *Br. J. Nutr.* 92, 921–929.
- Cherki, M., Berrougui, H., Drissi, A., Adlouni, A., and Khalil, A. (2006). Argan oil: which benefits on cardiovascular diseases? *Pharmacol. Res. Off. J. Ital. Pharmacol. Soc.* 54, 1–5.
- Samane, S., Noël, J., Charrouf, Z., Amarouch, H., and Haddad, P.S. (2006). Insulin-sensitizing and Anti-proliferative Effects of *Argania spinosa* Seed Extracts. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.* 3, 317–327.
- Samane, S., Christon, R., Dombrowski, L., Turcotte, S., Charrouf, Z., Lavigne, C., Levy, E., Bachelard, H., Amarouch, H., Marette, A., et al. (2009). Fish oil and argan oil intake differently modulate insulin resistance and glucose intolerance in a rat model of dietary-induced obesity. *Metabolism* 58, 909–919.
- Ould Mohamedou, M.M., Tacha, A., Messal, M.E., Kebbaj, M.S.E., Chraïbi, A., and Adlouni, A. (2012). The consumption of argan oil induces a lipid-lowering effect in dyslipidemic patients. *Mediterr. J. Nutr. Metab.* 5, 143–147.
- Ould Mohamedou, M.M., Zouirech, K., El Messal, M., El Kebbaj, M.S., Chraïbi, A., and Adlouni, A. (2011). Argan Oil Exerts an Antiatherogenic Effect by Improving Lipids and Susceptibility of LDL to Oxidation in Type 2 Diabetes Patients. *Int. J. Endocrinol.* 2011, 747835.
- Drissi, A., Girona, J., Cherki, M., Godàs, G., Derouiche, A., El Messal, M., Saïle, R., Kettani, A., Solà, R., Masana, L., Adlouni, A. (2004). Evidence of hypolipemiant and antioxidant properties of argan oil derived from the argan tree (*Argania spinosa*). *Clin. Nutr. Edinb. Scotl.* 23, 1159–1166.
- Drissi, A., Bennani, H., Giton, F., Charrouf, Z., Fiet, J., and Adlouni, A. (2006). Tocopherols and saponins derived from *Argania spinosa* exert, an antiproliferative effect on human prostate cancer. *Cancer Invest.* 24, 588–592.
- Khallouki, F., Younos, C., Soulimani, R., Oster, T., Charrouf, Z., Spiegelhalder, B., Bartsch, H., and Owen, R.W. (2003). Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, squalene, sterols and phenolic compounds should confer valuable cancer chemopreventive effects. *Eur. J. Cancer Prev. Off. J. Eur. Cancer Prev. Organ. Ecp* 12, 67–75.
- Mekhfí, H., Gadi, D., Bnouham, M., Ziyat, A., Legssyer, A., and Aziz, M. (2008). Effect of Argan Oil on Platelet Aggregation and Bleeding Time: A Beneficial Nutritional Property. *J. Complement. Integr. Med.* 5.
- Mekhfí, H., Belmekki, F., Ziyat, A., Legssyer, A., Bnouham, M., and Aziz, M. (2012). Antithrombotic activity of argan oil: an in vivo experimental study. *Nutr. Burbank Los Angeles Cty. Calif* 28, 937–941.
- Bennett, M. (2007). Acute coronary syndrome and heart failure. *Anaesth. Intensive Care Med.* 8, 525–528.
- Bonnefoy, E., and Sanchez, I. (2005). Syndromes coronariens aigus sans sus-décalage du segment ST en médecine d'urgence. *Emc - Anesthésie-Réanimation* 2, 205–218.
- Mohsen Ibrahim, M., Ibrahim, A., Shaheen, K., and Nour, M.A. (2013). Lipid profile in Egyptian patients with coronary artery disease. *Egypt. Heart J.* 65, 79–85.
- Siri-Tarino, P.W., Sun, Q., Hu, F.B., and Krauss, R.M. (2010). Saturated fat, carbohydrate, and cardiovascular disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 91, 502–509.
- Sola, R., Motta, C., Maille, M., Bargallo, M.T., Boissier, C., Richard, J.L., and Jacotot, B. (1993). Dietary monounsaturated fatty acids enhance cholesterol efflux from human fibroblasts. Relation to fluidity, phospholipid fatty acid composition, overall composition, and size of HDL3. *Arter. Thromb. J. Vasc. Biol. Am. Heart Assoc.* 13, 958–966.
- Kris-Etherton, P.M., Pearson, T.A., Wan, Y., Hargrove, R.L., Moriarty, K., Fishell, V., and Etherton, T.D. (1999). High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. *Am. J. Clin. Nutr.* 70, 1009–1015.

Propriétés anti-oxydantes du fruit de l'arganier et l'huile d'argane : études chimiques et physiologiques

Charrouf Z. ¹, El Monfalouti H. ^{1,2}, Guillaume D. ², Zeppa G. ³

¹ Faculté des Sciences, Université Mohammed V-Agdal, Rabat, Maroc

² Faculté de Médecine-Pharmacie, Université Reims Champagne Ardennes, France

³ Department of Agriculture, Forest and Food Sciences, University of Turin, Italy

E-mail : zcharrouf@yahoo.fr

RESUME

La valorisation économique de l'arganier par le biais de ses produits est un moyen de relancer durablement une foresterie rurale intégrée. L'huile d'argane est traditionnellement consommée au Maroc pour prévenir les troubles cardiovasculaires. Particulièrement riche en acides gras insaturés, l'huile d'argane est caractérisée également par ses composés mineurs : polyphénols, tocophérols, stérols, squalène, et alcools triterpéniques.

Le présent travail met en exergue, pour la première fois et par une étude clinique, les propriétés antioxydantes de l'huile d'argane chez les femmes ménopausées. La mesure sérique de la vitamine E après 8 semaines de consommation de 25 ml d'huile d'argane vs huile d'olive a été évaluée par HPLC. La concentration sérique en vitamine E a augmenté significativement de 25% chez le groupe consommant de l'huile d'argane.

De plus, afin de valoriser les co-produits issus de la préparation de l'huile d'argane, nous nous sommes intéressés à l'identification et la quantification des polyphénols dans la pulpe et coque du fruit de l'arganier. Ces métabolites secondaires sont d'une grande importance grâce à leurs propriétés antioxydantes. Neuf polyphénols ont été identifiés et quantifiés par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie en mode électrospray. Leur activité antioxydante a été évaluée. La pulpe a montré une activité de piégeage des radicaux libres, mesurée par DPPH, importante par rapport à la coque ($0,17 \pm 0,005 \mu\text{M}$ Trolox équivalent/mg) et une activité antioxydante (ABTS +.) de $0,375 \pm 0,07 \mu\text{M}$ équivalent/mg Trolox.

Mots clés : *Argania Spinosa*, activité antioxydante, polyphénols, vitamine E, ménopause.

INTRODUCTION

L'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels), est un arbre qui appartient à la famille des sapotacées, il pousse dans la région du sud-ouest du Maroc et couvre une superficie d'environ 800 000 ha. C'est un arbre qui joue un rôle essentiel pour le développement durable dans cette région [1]. Le fruit de l'arganier est composé de la pulpe riche en latex et d'une noix contenant deux ou trois amandons. Ces derniers sont utilisés pour la préparation de l'huile d'argane, un ingrédient de base de l'alimentation amazigh [2].

L'huile d'argane possède plusieurs propriétés pharmacologiques [3,4]. En effet, les régimes méditerranéens et amazighs sont deux régimes ancestraux souvent présentés très bénéfiques pour

la santé humaine, sur le long terme [2,5]. Ces régimes utilisent l'huile d'olive et l'huile d'argane, respectivement, comme source de lipides [3]. Ces deux huiles sont riches en acides gras insaturés et les bienfaits de ces huiles ont été rapportés récemment [6,7]. L'huile d'argane est devenue le sujet de la recherche biologique intensive et ses propriétés pharmacologiques font l'objet de plusieurs études sur des modèles animaux [8-10] et chez l'homme [11-14].

L'huile d'argan est traditionnellement connue par ses vertus médicinales contre les symptômes de la ménopause. En fait, l'association de la vitamine E avec d'autres produits d'origine naturelle est connue pour avoir un effet positif sur les symptômes de la ménopause [15]. Le premier objectif de cet article est

l'évaluation de l'effet de la consommation de l'huile d'argane alimentaire sur la teneur sérique en vitamine E chez les femmes ménopausées après 8 semaines de consommation d'huile argan par rapport à l'huile d'olive.

Le deuxième objectif est relatif à l'étude des antioxydants dans les co-produits générés après la production de l'huile d'argane: tourteau ; coque et la pulpe du fruit. Ces derniers sont utilisés en alimentation de bétail et/ou pour l'énergie.

Les polyphénols sont des molécules naturelles dotées de nombreuses propriétés physiologiques. Ils sont capables de protéger les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres [16,17], ils peuvent également prévenir l'athérosclérose, les maladies dégénératives [18], et la progression du cancer [19,20].

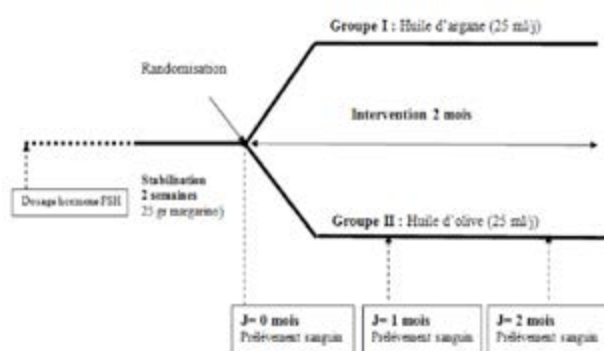
Plusieurs études phytochimiques sur les produits de l'arganier ont été effectuées avec une attention particulière aux polyphénols [21-27]. Cependant, la plupart de ces études étaient préliminaires ou analytiques et la quantification des polyphénols dans le fruit l'arganier n'a jamais été rapportée. De plus, comme ces analyses indépendantes avaient été réalisées par des techniques différentes, la comparaison des résultats était presque impossible.

Dans la deuxième partie de ce travail on va identifier et quantifier sur le même lot du fruit la teneur en composés phénoliques de la coque, le tourteau et de la pulpe du fruit par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en mode d'ionisation électrospray (HPLC-ESI-MS). Enfin, l'activité antioxydante et l'activité de piégeage des radicaux libres ont été évaluées.

MATERIELS ET METHODES

Le matériel et méthodes sont décrits dans El Monfalouti et collaborateurs 2011 et 2013 [28, 29].

Conception de l'étude clinique :



RESULTATS ET DISCUSSION

1- Effet de la consommation de l'huile d'argan sur la teneur sérique en vitamine E

Un échantillon de 151 femmes ménopausées d'âge moyen $55,5 \pm 6,2$ ans a été étudié dans cette étude. Après une stabilisation à la margarine pendant deux semaines, les femmes ont été réparties de façon aléatoire en deux groupes : 77 femmes ont reçu l'huile d'olive et 74 l'huile d'argane. Les femmes incluses dans l'étude ne prenaient ni oestrogènes, ni stéroïdes, ou médicaments contre l'ostéoporose. Les caractéristiques de base de la population sont présentées tableau 1.

Tableau 1: Caractéristique de la population à J₀

	Groupe I : Argane	Groupe II : Olive
Effectif	77	74
Age (années)	$55,49 \pm 6,17$	$55,41 \pm 6,15$
Taille (m)	$1,58 \pm 0,05$	$1,58 \pm 0,06$
Poids (Kg)	$69,6 \pm 10,9$	$70,1 \pm 10,4$
IMC	$27,7 \pm 4,3$	$28,4 \pm 4,1$
Fréquence cardiaque	$71,4 \pm 8,2$	$71,9 \pm 9,1$
PAS (mmHg)	$125,1 \pm 13,4$	$123,48 \pm 14,0$
PAD (mmHg)	$81,5 \pm 8,6$	$83,3 \pm 9,4$
Prévalence de l'HTA	32,48 %	24 %
Cholesterol total (g/L)	$2,12 \pm 0,35$	$2,10 \pm 0,34$
HDL (g/L)	$0,58 \pm 0,15$	$0,58 \pm 0,13$
LDL (g/L)	$1,34 \pm 0,31$	$1,29 \pm 0,32$
Triglycerides (g/L)	$1,10 \pm 0,51$	$1,06 \pm 0,46$
Glycémie (g/L)	$0,96 \pm 0,09$	$0,95 \pm 0,09$

Les résultats montrent une augmentation significative ($P = 0,02$) en teneur sérique en vitamine E pour les femmes appartenant au groupe d'argane (Tableau 2). La concentration de la vitamine E initial moyenne était de $10,0 \pm 5,4 \mu\text{mol} / \text{L}$ et $12,9 \pm 6,9 \mu\text{mol} / \text{L}$ pour les groupe d'argane et d'olive respectivement. Après 4 semaines (J1) de consommation quotidienne d'huile d'argane (25 ml / jour), la teneur en vitamine E a augmenté de $11,3 \pm 5,8 \mu\text{mol} / \text{L}$ pour atteindre finalement la valeur de $12,7 \pm 5,6 \mu\text{mol} / \text{L}$ après 8 semaines (J2). Concernant le groupe de l'huile d'olive, la teneur sérique en vitamine E n'a pas augmenté de manière significative ($P = 0,835$), passant de $12,9 \pm 6,9 \mu\text{mol} / \text{L}$ à $13,2 \pm 7,3 \mu\text{mol} / \text{L}$ pendant la même période.

Tableau 2 : L'effet de la consommation de l'huile d'argane et l'huile d'olive sur la teneur sérique en vitamine E chez les femmes ménopausées

		J ₀	J ₁	J ₂	P
Vitamine E	Argane	10,04±5,44 ^a	11,26±5,79 ^{ab}	12,66±5,59 ^b	0,020
(μmol/L)	Olive	12,87±6,95	13,56±6,46	13,21±7,26	0,835 (NS)

NS=Non significatif

Les différences significatifs sont enregistrés quand $p < 0.05$

L'augmentation significative de la vitamine E chez les femmes consommant de l'huile d'argane est due essentiellement à la haute teneur en tocophérol dans l'huile d'argane. En effet, l'huile d'argane contient 600 à 900 mg / kg de tocophérols vs seulement 260 mg / kg d'huile d'olive [30]. La vitamine E est un anti-oxydant soluble dans les lipides. Elle est fréquemment considérée comme la première ligne de défense contre l'oxydation [12]. En outre, la vitamine E augmente la libération de prostacycline, qui favorise la dilatation des vaisseaux sanguins et réduit l'agrégation plaquettaire [31]. Chez les femmes ménopausées, la vitamine E réduit la fréquence des bouffées de chaleur [32].

L'augmentation de la vitamine E, observée au niveau sérique, lors de ce test clinique, est très bénéfique pour les femmes ménopausées.

Nos résultats montrent clairement que la consommation de 25 ml de l'huile d'argane, est un moyen facile d'augmenter la vitamine E au niveau sérique et par conséquent, réduire certains symptômes de la ménopause.

Tableau 3: Identification et quantification des composés phénoliques dans le fruit et les sous produits d'arganier par HPLC/MS e

Polyphénols en mg/100	Coque	Pulpe
Procyanidine B1	0.1±0.05 ^b	ND
Procyanidine B2	0.1±0.05 ^c	NQ
(-)-Epicatechine	0.6±0.1 ^b	NQ
Isoquercitrine	0.4±0.1 ^a	28.4±2.2 ^b
Hyperoside	0.1±0.05 ^a	21.1±3.3 ^a
Rutine	0.2±0.1 ^a	9.8±0.7 ^a
Phloridzine	0.2±0.1 ^c	ND
Myricetine	0.05±0.03 ^b	ND
Quercitrine	NQ	0.2 ± 0.1 ^a

2- Les polyphénols et l'activité antioxydante du fruit d'arganier

L'étude par LC-MS des extraits phénoliques du fruit de l'arganier a permis d'identifier neuf polyphénols sans ambiguïté. Ces composés sont classés en trois groupes : les flavanols, flavonols, et dihydrochalcones (Tableau 3).

Les données sont exprimées en moyenne ± écart type (n=3); ND: non détecté; NQ: non quantifié; valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Les résultats montrent que six composés ont été détectés dans la pulpe. Isoquercitrine et hyperoside sont les produits majoritaires (respectivement 28,4 et 21,1 mg/100 g). Ils sont suivis par la rutine (9,8 mg/100 g) et quercitrine (0,2 mg/100 g). Charrouf et coll 2007 [22], ont relaté la présence d'autres polyphénols supplémentaires dans la pulpe de fruit d'argane, comme l'héspéridine et la naringénine. Cette différence montre que la composition phénolique de la pulpe de fruit de l'arganier n'est pas constante, elle pourrait dépendre des facteurs génotypiques. D'autres facteurs intrinsèques influencent la composition phénolique; tels que les conditions de croissance, l'origine géographique, les processus de maturation, les conditions de stockage. Ces variations ont déjà été observées pour les autres fruits [33]. Enfin, la teneur en composés phénoliques pourrait également être le résultat de la différence au niveau des méthodes d'extraction [34].

Les composés phénoliques de la coque de fruit d'arganier n'ont jamais été étudiés auparavant. Leur teneur est très faible par rapport à ceux de la pulpe. Le composé phénolique majeur isolé est l'(-)-épicatechine (0,6 mg/100 g), suivi de l'isoquercitrine (0,4 mg/100 g). Les autres ont une teneur inférieure à 0.2 mg/100g (Tableau 3).

Concernant l'activité antioxydante, les extraits de la pulpe sont plus intéressants que ceux de la coque. Ce résultat est corrélé aux résultats chimiques. Les extraits de la pulpe et de la coque présentent une

activité antioxydante déterminée par la DPPH de 0,17 μM Trolox Eq / mg et 0,026 μM Trolox Eq / mg respectivement.

L'activité antioxydante totale (TAA), a été déterminée par le dosage de la capacité antioxydante Troloxéquivalent (TEAC) qui est basé sur la suppression de l'absorbance des cations radicaux de 2,2-azinobis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonate) (ABTS • +) par les antioxydants [35]. La pulpe de fruits de fruits d'argane a montré la plus forte TEAC mesurée (0,37 μM Trolox Eq / mg), et la coque (0,025 μM Trolox Eq / mg) (Tableau 4).

Tableau 4 : Piégeage des radicaux libres et l'activité antioxydante des polyphénols extraits bruts provenant de différentes parties de l'arganier fruits.

Partie des fruits	DPPH (RCA) (μM Trolox Eq/mg)	ABTS (TAA) (μM Trolox Eq/mg)
Pulpe	0.17 $\pm$ 0.005c	0.37 $\pm$ 0.07b
Coque	0.026 $\pm$ 0.003b	0.025 $\pm$ 0.005a

Les données sont exprimées en moyenne $\pm$ déviation standard (n = 3). Moyenne $\pm$ écart type dans une colonne avec des lettres différentes sont statistiquement différents (p < 0,001).

CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent l'effet bénéfique de la consommation de l'huile d'argane pendant 8 semaines chez les femmes ménopausées par l'augmentation significative de la concentration sérique en vitamine E. Ces résultats sont très encourageants.

Concernant les polyphénols, ils sont quantitativement plus importants dans la pulpe que dans la coque. Ceci explique les résultats de l'activité antioxydante. Les polyphénols de fruits de l'arganier méritent d'être exploités comme des suppléments nutritifs de santé en raison de leurs propriétés antioxydantes ce qui pourrait contribuer à la sauvegarde de l'arganier.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Charrouf, Z., Guillaume, D., Sustainable development in Northern Africa: The argan forest case. Sustainability 2009, 1, 1012–1022.

[2] Charrouf, Z., Guillaume, D., Should the Amazigh diet (regular and moderate argan-oil consumption) have a beneficial impact on human health? Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2010, 50, 473–477.

[3] El Monfalouti, H., Guillaume, D., Denhez, C., Charrouf, Z., Therapeutic potential of argan oil – A

review. J. Pharm. Pharmacol. 2010, 62, 1669–1675.

[4] Guillaume, D., Charrouf, Z., Argan oil and other argan products; use in dermocosmetology. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2011, 113, 403–408.

[5] Pérez-Lopez FR, Chedraui P, Haya J, Cuadros JL. (2009) Effects of the Mediterranean diet on longevity and age-related morbid conditions. Maturitas, 64, 67–69.

[6] Guillaume D. (2011) The Mediterranean diet: A cultural journey. Lancet, 378, 766–767.

[7] Gharby S, Harhar H, El Monfalouti H, Kartah B, Maata N, Guillaume D, Charrouf Z. (2012) Chemical and oxidative properties of olive and argan oils sold on the Moroccan market. A comparative study. Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism, 5, 31–38.

[8] Berrougui N, Alvarez de Sotomayor M, Pérez-Guerrero C, Ettaib A, Hmamouchi M, Marhuenda E, Herrera MD. (2004) Argan (*Argania spinosa*) oil lowers blood pressure and improves endothelial dysfunction in spontaneously hypertensive rats. British Journal of Nutrition, 92, 921–929.

[9] Benajda N, Morel S, De Leiris J, Boucher F, Charrouf Z, Moktar N, Aguenau H. (2002) The effect of argan oil on heart function during ischemia and reperfusion. Therapie, 57, 246–252.

[10] Mekhfi H, Gadi D, Bnouham M, Ziyat A, Legssyer A, Aziz M. (2008) Effect of argan oil on platelet aggregation and bleeding time: a beneficial nutritional property. Journal of Complementary & Integrative Medicine, 5, 1–13.

[11] Derouiche A, Cherki M, Dissi A, Bamou Y, El Messal M, Idrissi-Oudghiri A. (2005) Nutritional intervention study with argan oil in man: Effects on lipids and apolipoproteins. Annals of Nutrition and Metabolism, 49, 196–201.

[12] Drissi A, Girona J, Cherki M, Godas G, Derouiche A, El Messal, Saile R, Kettani A, Solà R, Masana L,

- Adlouni A. (2004) Evidence of hypolipemiant and antioxidant properties of argan oil derived from the argan tree (*Argania spinosa*). Clinical Nutrition, 23, 1159-1166.
- [13] Cherki M, Derouiche A, Drissi A, El Messal M, Bamou Y, Idrissi-Ouadghiri A, Khalil A, Adlouni A. (2005) Consumption of argan oil may have an antiatherogenic effect by improving paraoxonase activities and antioxidant status: Intervention study in healthy men. Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases, 15, 352-360.
- [14] Berrougui H, Cloutier M, Isabelle M, Khalil A. (2006) Phenolic-extract from argan oil (*Argania spinosa* L.) inhibits human low-density lipoprotein (LDL) oxidation and enhances cholesterol efflux from human THP-1 macrophages. Atherosclerosis, 184, 389-396.
- [15] Aidelsburger P, Schauer S, Grabein K, Wasem J. (2012)
- [16] Zheng, R., Shi, Y., Jia, Z., Zhao, C., Zhang, Q., Tan, X., (2010). Fast repair of DNA radicals. Chem Soc Rev. 39, 2827-2834.
- [17] Sies, H., (2010), Polyphenols and health: update and perspectives. Arch Biochem Biophys. 501, 2-5.
- [18] Del Rio D, Costa L, Lean M, Crozier A., (2010). Polyphenols and health: What compounds are involved? Nutr. Metabol. Cardiovasc. Dis. 20,1-6.
- [19] Clement, Y., (2009). Can green tea do that? A literature review of the clinical evidence. Prev Med. 49, 83-87.
- [20] Kar, P., Laight, D., Shaw, K. M., Cummings, M. H. (2006). Flavonoid-rich grapeseed extracts: a new approach in high cardiovascular risk patients? Int J Clin Pract., 60, 1484-1492.
- [21] Rojas, L. B., Quideau, S., Pardon, P., Charrouf, Z., Colorimetric evaluation of phenolic content and GC-MS characterization of phenolic composition of alimentary and cosmetic argan oil and press cake. J. Food Agric. Chem. 2005, 53, 9122-9127.
- [22] Charrouf, Z., Hilali, M., Jauregui, O., Soufiaoui, M., Guillaume, D., Separation and characterization of phenolic compounds in argan fruit pulp using liquid chromatography- negative electrospray ionization tandem mass spectroscopy. Food Chem. 2007, 100, 1398-1401.
- [23] Chernane, H., Hafidi, A., El Hadrami, I., Ajana, H., Composition phénolique de la pulpe des fruits d'arganier (*Argania spinosa* L. skeels) et relation avec leurs caractéristiques morphologiques. Agrochimica 1999, 43, 137-150.
- [24] Chimi, H., Rahmani, M., Cillard, J., Cillard, P., Etude de la fraction phe'nolique des huiles d'olives vierges et d'argan du Maroc. Actes Inst. Agr. Ve't. (Maroc) 1988, 8, 17-21.
- [25] Tahrouch, S., Andary, C., Rapior, S., Mondolot, L., et al., Polyphenol investigation of *Argania spinosa* (Sapotaceae) endemic tree from Morocco. Acta Bot. Gall. 2000, 147, 225-232.
- [26] El Kabouss, A., Charrouf, Z., Oumzil, H., Faïd, M., et al., Caractérisation des flavonoy des des feuilles de l'arganier (*Argania spinosa*) et étude de leur activité antimicrobienne. Actes Inst. Agr. Ve't. (Maroc) 2001, 21, 157-162.
- [27] Charrouf, Z., Guillaume, D., Phenols and polyphenols from *Argania spinosa*. Am. J. Food Technol. 2007, 2, 679-683.
- [28] Hanae El Monfalouti, Zoubida Charrouf, Asma El Hamdouchi, Hanane Labraimi, Imane Chafchaoui-Moussaoui, Badreddine Kartah, Khalid El Kari, Yahya Bensouda, Abdelfettah Derouich, Sylvie Dodin, Clément Denhez, Dom Guillaume and Hassan Agnaou. Argan Oil and Postmenopausal Moroccan Women: Impact on the Vitamin E Profile. Natural Product Communications, 2013, Vol. 8, No (1), 55-57
- [29] Hanae El Monfalouti, Zoubida Charrouf, Simona Belviso, Daniela Ghirardello, Bernardo Scursatone, Dominique Guillaume, Clément Denhez and Giuseppe Zeppa. Analysis and antioxidant capacity of the phenolic compounds from argan fruit (*Argania spinosa* (L.) Skeels). European Journal of Lipid Science and Technology 10.1002/ejlt.2011 00209.
- [30] Rahmani M. (1999) Composition chimique de l'huile d'argane "vierge". Cahiers Agriculture, 14, 461-465.
- [31] Dennehy C, Tsourounis C. (2010) A review of select vitamins and minerals used by postmenopausal women. Maturitas, 66, 370-380.
- [32] Barton DL, Loprinzi CL, Quella SK, Sloan JA, Veeder MH, Egner JR, Fidler P, Stella PJ, Swan DK, Vaught NL, Novotny P (1998) Prospective evaluation of vitamin E for hot flushes in breast cancer survivors. Journal of Clinical Oncology. 16, 495-500.

- [33] Naczki, N., Shahidi, F., (2006), Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. J Pharm Biomed Anal. 41, 1523-1542.
- [34] Franco, D., Sineiro, J., Rubilar, M., Sanchez, M., Jerez, M., Pinelo, M., Costoya, N., Núñez, M. J., (2008), Polyphenols from plant materials: extraction and antioxidant power. E-Journal Env Agric Food Chem. 7, 3210-3216.
- [35] Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., Paganga, G., (1996), Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Free Rad Biol Med. 20, 933-956.

Influence de la manipulation des fruits sur la qualité de l'huile d'argan

Harhar H.¹, Gharby S.¹, Kartah B.¹, Guillaume D.² et Charrouf Z.¹

¹ Laboratoire de Chimie des Plantes et Synthèse organique et Bioorganique, Faculté des Sciences, Université Mohammed V-Agdal, BP1014, Rabat, Maroc

² UMR6229, UFR Pharmacie, Laboratoire de Chimie Thérapeutique, 51 rue Cognacq Jay, 51100 Reims, France

RESUME

La production de l'huile d'argan se déroule en plusieurs étapes. Après la récolte, les fruits de l'arganier sont séchés au soleil puis dépulvés. Les noix obtenues sont concassées par des femmes pour fournir les amandons qui sont stockés ou bien torréfiés. Enfin, l'huile est extraite. Pour évaluer les déterminants de la qualité de l'huile d'argan, nous avons évalué plusieurs paramètres de la chaîne de production depuis la collecte jusqu'à l'obtention de l'huile. Après avoir dressé une liste raisonnée de facteurs affectant la qualité de l'huile, nous avons mené une étude permettant l'amélioration des procédés existants afin d'obtenir des résultats utilisables par la filière actuelle. Nos résultats nous conduisent à émettre des recommandations aux producteurs de l'huile d'argan conduisant à donner confiance aux acheteurs via une qualité améliorée, une sécurisation du marché et un itinéraire technique optimisé.

Mots clés : huile d'argan – qualité – séchage – stockage – torréfaction

ABSTRACT

The production of argan oil takes place in several steps. After harvesting, the fruit of the argan tree is sun-dried then depulped. Nuts are crushed by women and the kernels are stored or roasted and finally the oil is extracted. To assess the determinants of quality, our approach involves the evaluation of parameters on the production chain from collection to production of argan oil and also includes process improvement. After studying several determinants affecting oil quality, we conducted a study to improve existing processes. Our findings after studying the parameters influent at each stage of the production process of the fruit to the storage of argan oil, lead to make recommendations to the producer of argan oil and will therefore give confidence to argan oil buyers through improved quality, market security, and technically optimized route.

Keywords : argan oil - quality - drying - storage - roasting

INTRODUCTION

L'arganier (*Argania spinosa*, Skeels L., Sapotacées) est un arbre endémique du sud-ouest marocain, où il joue un rôle socio-économique et environnemental très important.

L'Arganeraie joue un rôle irremplaçable dans l'équilibre écologique. Elle est considérée comme une ceinture verte contre la désertification. La destruction de l'arganier entraînerait certainement une désertification de ces régions, et exposerait des millions de ruraux à l'exode rural. L'arganier présente un intérêt économique direct en fournissant huile, feuillage, fourrage, et bois; et indirect par les productions agricoles qu'il permet sous

son ombrage. L'arganeraie assure ainsi la subsistance de 3 millions de personnes. Malgré tous ces intérêts, on assiste à une régression alarmante de l'arganeraie aussi bien en termes de superficie que de densité.

Devant cette problématique, notre Laboratoire s'est fixé comme objectif de valoriser les produits de l'arganier au profit des communautés rurales pour qu'elles soient plus motivées à protéger et à replanter l'arganier.

Le but de ce travail est de valoriser l'huile d'argan par sa technologie de production. Pour ce faire nous allons évaluer les paramètres de production depuis la collecte jusqu'à l'obtention de l'huile d'argan.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal :

Les fruits d'arganier proviennent de la forêt de Tiout (30 Km de Taroudant). Le dépulpage, le concassage, la torréfaction et l'extraction de l'huile d'argan ont été réalisés à la coopérative Taitmatine de la commune rurale de Tiout (Province de Taroudant).

Méthodes :

Extractions de l'huile : Pour certains échantillons, l'extraction de l'huile d'argan a été effectuée au laboratoire par Soxhlet avec l'hexane pendant 8h. Pour le reste, l'huile a été obtenue par pressage mécanique.

Les différentes analyses de l'huile d'argan ont été réalisées selon la norme ISO : Acidité, Indice de Peroxyde, UV270, Acide gras, Rancimat, Phosphore et Polyphenol (Harhar et al, 2011).

RESULTATS ET DISCUSSION

1- La récolte :

Quand les fruits deviennent jaune-brun, ils tombent par terre. Cette période commence au mois de mai et se termine au mois d'août, selon les régions. Alors, les populations récoltent les fruits et les mettent au soleil pour les sécher.

2- Séchage des fruits de l'arganier :

Dans le but d'étudier l'effet de séchage sur la qualité de l'huile d'argan, des fruits mûrs sont récoltés et répartis en cinq lots. Les lots 0 à 5 correspondent au nombre de semaine de séchage. L'huile d'argan est produite

est dû au taux d'eau contenu dans les amandons comme cela est relaté dans la littérature (Womeni et al., 2003). A partir de la première semaine, l'acidité et l'indice de peroxyde chutent rapidement pour atteindre une acidité de 0,08 la deuxième semaine et Ip de 2,27 meq O₂/kg. Ces valeurs sont corrélées au temps d'induction obtenu par Rancimat.

Nos résultats indiquent qu'un séchage de 1,5 à 2 semaines est suffisant pour satisfaire les besoins requis pour la production de l'huile d'argan de haute qualité. Un séchage de plus de 2 semaines ne conduit pas à une amélioration significative de dépulpage des fruits ni de la qualité de l'huile, et même conduit à une huile ayant des propriétés sous-optimales et réduit le temps de conservation. (Harhar et al., 2010a).

3- Stockage des fruits et des noix de l'arganier

Afin d'étudier l'effet du dépulpage et du stockage des fruits sur la qualité de l'huile d'argan, nous avons divisé les fruits récoltés et séchés pendant 2 semaines en 2 lots: dépulvés et non dépulvés. Des prélèvements ont été effectués tous les 4 mois aussi bien des fruits entiers (FE) que des fruits dépulvés (FD). L'extraction de l'huile à partir des amandons a été réalisée par soxhlet. Les résultats des analyses des huiles sont regroupés dans le tableau 2.

Le stockage des fruits ou des noix pendant 24 mois n'a pas une grande influence sur l'acidité de l'huile produite. En effet, même si l'acidité atteint 0,54 pour l'ECN, l'huile reste dans les normes d'une huile vierge extra. Les valeurs maximales de l'indice de peroxyde obtenues sont de l'ordre de 6,27 et 7,16 meqO₂/kg pour

Tableau 1 : Effet du séchage sur la qualité de l'huile d'argan.

Semaine	0	1	2	3	4
Acidité (% Acide oléique)	1,09	0,11	0,08	0,11	0,1
I. de peroxyde (meqO ₂ /kg)	8,2	2,27	2,465	2,05	2,13
E270	0.28	0.21	0.20	0.20	0.26
Temps d'induction/h	7,94	35,9	24,97	21,35	18,74
% Acide Oléique	42,7	44,7	45,8	45,5	45,2
% Acide linoléique	34,4	32,9	31,7	32,1	32,2

au laboratoire par soxhlet après séchage. Les analyses effectuées sont regroupées dans le tableau 1.

Ces résultats montrent que l'huile issue des fruits frais a une acidité et un indice de peroxyde assez élevés par rapport à l'huile produite à partir des fruits secs. Ceci

les huiles obtenues à partir des fruits entiers ou dépulvés, respectivement. Ces valeurs sont inférieures à la valeur maximale admise pour les huiles alimentaires vierges.

Le stockage pendant 24 mois des fruits et des noix n'a pas une grande influence sur la composition en acides

Tableau 2 : Influence de stockage des fruits et noix sur l'huile d'argan.

		Jour 0	Mois 4	Mois 8	Mois 12	Mois 16	Mois 20	Mois 24
Acidité (% Acide oléique)	FE	0,2	0,32	0,25	0,25	0,23	0,21	0,51
	FD	0,2	0,2	0,33	0,4	0,24	0,2	0,54
I. peroxyde (meqO ₂ /kg)	FE	2	2,25	1,33	0,5	4,62	4,86	6,27
	FD	2	1,8	2,1	0,41	4,09	3,71	7,16
E270	FE	0,14	0,20	0,11	0,15	0,26	0,24	0,30
	FD	0,14	0,22	0,13	0,23	0,16	0,19	0,30
% A oléique	FE	47,3	46,9	46,3	46,5	47,5	47,6	47,6
	FD	47,3	46,9	46,3	46,4	47,4	47,8	47,6
% A linoléique	FE	30,1	30,4	30,7	31,6	31,2	31,2	31,4
	FD	30,1	30,8	31,3	31,7	31,2	31,4	31,4

FE : Fruits entiers, FD : Fruits déulpés.

gras de l'huile d'argan extraite.

Il ressort de nos résultats que les fruits de l'arganier peuvent être stockés déulpés. La durée de stockage des fruits et des noix dépasse 24 mois.

4- Torrefaction des amandons de l'arganier

Le but de ce travail est d'étudier l'influence de la torrefaction des amandons sur la qualité, la composition chimique et sa stabilité oxydative de l'huile d'argan. Les huiles produites par presse à partir des amandons non torréfiés et torréfiés à 110°C pendant 15, 30 et 45 min, sont analysées. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 3.

Il ressort de ces résultats que la durée de la torrefaction a peu d'influence sur l'acidité. En revanche l'indice de peroxyde augmente avec le temps. A 45 mn, l'Ip reste inférieur à 4 méqO₂/kg, valeur limite indiquée pour

une huile d'argan vierge extra.

Pour étudier la stabilité oxydative de l'huile, un test Rancimat a été effectué pour les 4 huiles. On constate que le temps d'induction augmente avec le temps de torrefaction jusqu'à 30 mn. A 45 mn une diminution a été observée.

La stabilité oxydative des huiles d'argan torréfiées est due probablement aux produits d'une réaction non enzymatique qui se forment au cours du processus de torrefaction. Ces produits sont appelés produits de la réaction de Maillard issus d'une interaction entre les protéines et les sucres réducteurs. Ces produits présentent une très forte activité anti oxydante (Elizade et al., 1992).

Les polyphénols totaux, exprimés en équivalents d'acide gallique augmentent en fonction de la durée de

Tableau 3: Influence de la torrefaction sur l'huile d'argan.

Durée /min	0	15	30	45
Acidité	0,151 ± 0,001	0,151 ± 0,002	0,158 ± 0,002	0,227 ± 0,003
Indice de peroxyde (meqO ₂ /kg)	0,78± 0,04	1,22± 0,03	1,70± 0,07	3,09± 0,04
E 270	0,20± 0,00	0,22± 0,02	0,27± 0,04	0,31± 0,01
Rancimat	18,0± 0,4	28,7 ± 0,3	37,9 ± 0,2	31,4 ± 0,3
% Acide Oléique	46,8	46,7	47,6	47,6
% Acide linoléique	33,8	34,4	33,8	34,3
Polyphénol ppm	33,5 ± 0,5	39,1 ± 0,5	42,4 ± 0,6	69,8 ± 0,4

torréfaction. Cette valeur passe de 33,5 ppm pour les HPNT à 69,8 ppm des amandons torréfiés pendant 45 minutes. Cette augmentation de la teneur en polyphénol est probablement à l'origine de l'augmentation de la stabilité de l'huile d'argan en fonction de la torréfaction des graines (Harhar et al., 2011).

5 - Stockage des amandons de l'arganier

Le stockage des amandons a été effectué pendant 12 mois dans des sacs en tissu blanc (SBTA) et noire (SNTA) à température ambiante (entre 15 et 35°C) et des sacs blancs à 4°C (S4C).

Les résultats obtenus durant une année de stockage sont rassemblés dans le tableau 4.

Pour l'acidité, une influence significative du temps de stockage des amandons, que ce soit à température

SBTA on constate que leur valeur maximale apparaît après 12 mois de stockage, 1,73 et 1,50 pour SBTA et SNTA respectivement, des valeurs qui démontrent clairement l'oxydation de l'huile.

Après 8 mois de stockage, la réaction d'oxydation aura lieu, ce qui diminue le temps d'induction, cette diminution aura lieu pour toutes les huiles extraites soit à partir des amandons stockés à TA ou bien à 4°C.

La composition en acide gras des huiles extraites à partir des amandons stockés dans des sacs noirs et blancs à température ambiante ou dans des sacs à 4°C n'a pas été modifiée (Harhar et al., 2010b).

CONCLUSION

Nos résultats après étude des paramètres influant la

Tableau 4 : Influence de stockage des amandons sur l'huile d'argan.

		Jour 0	Mois 1	Mois 3	Mois 6	Mois 8	Mois 10	Mois 12
Acidité	SBTA	0,1	0,25	0,25	0,21	0,27	0,38	0,67
	SNTA	0,1	0,27	0,25	0,35	0,3	0,32	0,69
	S4C	0,1	0,35	0,25	0,1	0,13	0,23	0,44
I. Peroxyde (meqO ₂ /kg)	SBTA	0,15	0,6	0,7	0,8	1,55	1,5	5,71
	SNTA	0,15	2,91	3,21	3,63	1,6	1,3	3,97
	S4C	0,15	1,53	1,5	1,4	1,24	1,5	1,99
E274	SBTA	0,17	0,21	0,25	0,16	0,23	0,23	0,3
	SNTA	0,17	0,19	0,25	0,15	0,22	0,24	0,29
	S4C	0,17	0,15	0,25	0,09	0,15	0,2	0,19
Rancimat (h)	SBTA	33,62	40,45	37,8	30,11	25,67	22,44	15,68
	SNTA	33,62	41,16	38,27	33,27	28,5	24,1	17,26
	S4C	33,62	31,18	31,25	29,38	27	17,3	10,42

ambiante ou bien à 4°C sur l'acidité de l'huile d'argan est observée. L'acidité atteint un maximum de 0,67; 0,69 et 0,44 pour SBTA, SNTA et S4C respectivement.

Pour les SNTA et SBTA, les peroxydes formés, en raison de leur caractère très instable, sont complètement détruits au cours du stockage, mais il se forme encore après le 10ème mois, pour le S4C, l'indice de peroxyde reste presque constant tout au long des 12 mois de stockage.

Pour l'extinction spécifique en UV, le E274 augmente au 3ème mois de stockage pour les 3 types d'huile et atteint 0,25. Cette valeur présente la valeur maximale pour le S4C qui se stabilise par la suite, mais pour le SNTA et

qualité de l'huile d'argan conduisent à émettre les recommandations suivantes :

- La durée du séchage doit être limitée à 2 - 3 semaines.
- Les fruits et les noix peuvent être conservés pendant 24 mois sans affecter la qualité de l'huile ; il est recommandé de stocker les noix plutôt que les fruits entiers afin de gagner de l'espace dans l'entrepôt.
- Les conditions de stockage des amandons, après séchage suffisant, n'affectent pas la qualité de l'huile.
- La torréfaction augmente la stabilité de l'huile d'argan en plus de sa grande influence sur les propriétés organoleptiques.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- Elizade, B E, Bressa, F, Rosa, M D (1992) Antioxidative action of Maillard reaction volatiles: Influence of Maillard solution browning level. *Journal of The American Oil Chemist's Society*, 69, 331–334.
- Harhar H, Gharby S, Kartah B, El Monfalouti H, Charrouf Z, Guillaume D. (2010a) Long argan fruit drying time is detrimental for argan oil quality. *Natural Product Communications* 5, 11, 1799-1802.
- Harhar H, Gharby S, Kartah B, El Monfalouti H, Guillaume D, Charrouf Z (2011). Influence of Argan Kernel Roasting-time on Virgin Argan Oil Composition and Oxidative Stability. *Journal of Plant Foods for Human Nutrition* (66) 163-168.
- Harhar H, Gharby S, Guillaume D, Charrouf Z, (2010b) Effect of argan kernel storage conditions on argan oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112, 8, 915–920,
- Veldsink, J W, Muuse, B G, Meijer, M M T, Cuperus, F P, Van de Sande, R L K M, van Putte, K P A M (1999). Heat pretreatment of oilseeds: effect on oil quality. *Fette/Lipid*, 7, 244– 248.
- Yoshida, H, Hirakawa, Y, Tomiyama Y, Miz Y (2003) Effect of Microwave Treatment on the Oxidative Stability of Peanut (*Arachis hypogaea*) Oils and the Molecular Species of Their Triacylglycerols, *European Journal of Lipid Science and Technology*. 105:351–358.
- Womni, H M, Kapseu C, Tchouanguep, M F, Linder, Fanni, J J, Parmentier M (2003). Influence des traitements traditionnels des graines et amandes de karité sur la qualité du beurre. *Food Africa: Improving Food Systems in Sub Saharan Africa: Responding to a changing environment*, Yaounde, Cameroun.

Contrôle de la qualité de l'huile d'argan

Gharby, S^{1,2*}, Harhar, H¹, Kartah, B¹, Chafchaoui, I³, Bouzoubaâ Z⁴, Guillaume, D⁵. & Charrouf, Z¹

¹Laboratoire de Chimie des Plantes et de Synthèse Organique et Bioorganique Faculté des Sciences, Université Mohammed V-Agdal, Rabat, (Maroc) ;

²Etablissement Autonome de Contrôle et de coordination des exportations, Agadir, (Maroc) ;

³Centre de recherche et formation doctorale universiapolis, BP 8143 Agadir, (Maroc) ;

⁴Laboratoire d'Agrophysiologie, Unité de Recherche Ressources Naturelles & Produits de Terroirs (UR RN&PDT) ; INRA- CRRA- Agadir. B.P 124, Inezgane, Agadir, (Maroc) ;

⁵Laboratoire de Chimie Thérapeutique, 51 rue Cognacq Jay, 51100 Reims (France) ; *E-mail: s.gharby@yahoo.fr

RESUME

L'huile d'argan est soumise à de nombreux contrôles analytiques et sensoriels. Ces derniers pour but de définir sa qualité globale. Ces analyses sont destinées à préciser l'état de fraîcheur de l'huile en déterminant son niveau d'altération hydrolytique et oxydatif. Elles assurent aussi la conformité des dénominations telles «huile d'argan vierge extra» par des analyses simples (acidité, indice de peroxyde, extinctions spécifiques (E270 & E232). Pour déterminer la pureté, l'absence de contaminants ou l'absence de mélange avec d'autres huiles, des analyses approfondies (teneurs en triglycérides, acides gras, stérols, tocophérols....) sont nécessaires. Enfin les caractéristiques organoleptiques (goût, odeur, couleur...) doivent être prises en considération.

Mots-clés : Huile d'argan ; Contrôle de qualité ; Analyses ; Réglementation.

ABSTRACT

Argan oil is subject to numerous analytical and sensory controls to define its overall quality. These analyzes specify the freshness of the oil in relation to hydrolytic and oxidative alterations to ensure the conformity of products with its label, for example "extra virgin argan oil" by simple analyzes (free fatty acid, peroxide value, specific extinction (E270 & E232) or purity, blending with other oils and contaminants. These criteria require detailed analyzes (triglycerides contents, fatty acids, sterols, tocopherols ...) and finally organoleptic characteristics (taste, odor, color ...) should be taken into consideration.

Keywords : Argan oil; Quality control; Analysis and Regulation.

INTRODUCTION

L'huile d'argan est produite à partir des amandons contenus dans les fruits de l'arganier [*Argania spinosa* (L.) Skeels] (Guillaume et Charrouf, 2011a; Harhar et al., 2010). Elle peut être de deux types : alimentaire ou à usage cosmétique (Charrouf et Guillaume, 2010 ; Gharby et al., 2012). Longtemps préparée de façon artisanale, l'huile alimentaire est maintenant principalement produite par pressage à froid des amandons préalablement torréfiés pendant quelques

minutes. L'huile de beauté est produite par la même technique, mais à partir des amandons non torréfiés (Charrouf et Guillaume 2007; Guillaume et Charrouf, 2011b; Faez et al., 2012; Harhar et al., 2011).

A l'image des autres huiles végétales, l'oxydation de l'huile d'argan conduit à des phénomènes néfastes d'altération (Choe et Min 2006; Gharby et al., 2013a). Ceci peut être contrôlé depuis la récolte des amandons jusqu'au stockage de l'huile (Gharby et al., 2011a). Par conséquent, les critères physico-chimiques,

comme l'acidité, l'indice de peroxyde et l'extinction spécifique à 270 nm (E270) ont été sélectionnés pour constituer l'ossature de la détermination de la qualité de l'huile d'argan par la Norme marocaine (N.M. 08.5.090). La quantification des composés majoritaires comme les acides gras, et minoritaires, comme les stérols, polyphénols et les tocophérols, est également importante pour la pureté de l'huile (Gharby et al., 2011a ; Mordret et al., 1997) dont la détermination est nécessaire, car leur variation peut s'accompagner de modifications nutritionnelles et sanitaires. En effet, certains composés comme les acides gras essentiels ou la vitamine E (tocophérols) sont responsables de l'intérêt nutritionnel de l'huile d'argan (Charrouf & Guillaume 2008). La recherche de contaminants fait partie des multiples contrôles que doit réaliser l'industrie des corps gras pour vérifier la conformité des produits mis sur le marché par rapport aux réglementations en vigueur (Lacoste et al., 2010). Des valeurs limites dans les huiles végétales sont fixées pour les métaux lourds, certaines mycotoxines, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les phtalates, les pesticides, etc.

Ainsi, si la caractérisation physico-chimique des huiles est une étape essentielle, elle n'est cependant pas suffisante (Gharby et al., 2011a). En effet, pour satisfaire le consommateur les caractéristiques organoleptiques (goût, odeur, couleur,...) doivent être prises en considération. Ce critère indispensable à la commercialisation réussie des produits alimentaires fait partie intégrante de l'évaluation des huiles d'argan. Le but de cet article est de montrer l'importance de la combinaison de l'analyse physico-chimique et sensorielle de l'huile d'argan pour assurer sa qualité.

1. Catégorie et dénomination de l'huile d'argan vierge

En matière de la qualité de l'huile d'argan, la classification des huiles vierges repose sur le résultat de trois déterminations qui sont : l'acidité, l'indice de peroxyde, les valeurs d'extinctions spécifiques des absorbances UV à 232 nm et 270 nm (SNIMA 2003).

1.1. Acidité

L'acidité libre exprimée en pourcentage d'acide oléique permet à la fois la classification de l'huile d'argan, et le renseignement sur leur état d'altération (Gharby et al., 2014). Étant donné que dans l'huile d'argan, les acides gras naturels sont essentiellement présents sous forme de triglycérides 98-99% (Rahmani, 2005). L'hydrolyse de ces derniers libère les acides gras, donc leur dosage permet d'avoir une idée sur l'état d'avancement de la dégradation de l'huile (Tanouti et al., 2011). Les huiles d'argan sont classées selon leur acidité par la norme

marocaine N.M. 08.5.090 (SNIMA, 2003). Celles possédant une acidité inférieure à 2,5% sont dites huiles d'argan vierges et sont consommables en état ; les autres sont dites lampantes et sont impropres à la consommation humaine (Tableau-1). Parmi les huiles d'argan vierges consommables en état on distingue :

- L'huile d'argan vierge extra dont l'acidité est inférieure ou égale à 0.8% ;
- L'huile d'argan vierge fine dont l'acidité est comprise entre 0.8 et 1.5% ;
- L'huile d'argan vierge courante dont l'acidité est comprise entre 1.5 et 2.5%.

1.2. Indice de peroxyde

Les huiles peuvent s'oxyder en présence d'oxygène et de certains facteurs (UV, eau, chaleur, trace de métaux,...) (Judde, 2004). Cette oxydation appelée auto oxydation ou rancissement aldéhydique conduit dans un premier temps à la formation de peroxydes (ou hydroperoxydes) par fixation d'une mole d'oxygène sur le carbone situé en position α par rapport à une liaison éthylénique des acides gras insaturés constitutifs des glycérides (Choe et Min, 2006). Pour évaluer les premières étapes de cette oxydation, on mesure l'indice de peroxyde (Tchiégang et al., 2004 ; Gharby et al., 2014). Cet indice est exprimé en milliéquivalents d'oxygène par kg d'huile. Par définition l'indice de peroxyde (IP) d'un corps gras est le nombre de microgrammes du peroxyde actif contenu dans un gramme de produit. Il est déterminé par le dosage avec une solution d'iodure de potassium. Cet indice permet d'évaluer la teneur de l'huile en produits d'oxydation primaires (Tchiégang et al., 2004; Marmesat. et al., 2009). Pour l'huile d'argan vierge (Tableau-1), la norme marocaine fixe la valeur maximale de cet indice à 15 Méq O₂/Kg d'huile (SNIMA, 2003).

1.3. Extinction spécifique (E232 & E270)

L'examen spectrophotométrique dans l'ultraviolet fournit des informations complémentaires sur la qualité d'une huile (Tanouti et al., 2011). Les hydroperoxydes résultant des premiers stades de l'huile peuvent être appréciés par leur absorption spectrophotométrique dans la zone UV aux environs de 232 nm (Harhar et al., 2010b). Ces peroxydes évoluent avec le temps et donnent à la formation de produits divers tels les cétones insaturées et les dicétones qui absorbent dans la zone UV vers 270 nm (Harhar et al., 2010b) le degré et le stade d'oxydation d'une huile peuvent donc être évalués par des coefficients d'absorption de la lumière dans l'ultraviolet appelés absorbances spécifiques K232

et K270 (Gharby et al., 2011b). Les systèmes conjugués ont un spectre UV qui comporte en plus, la bande d'absorption à 270 nm. Cette dernière est un bon révélateur de la teneur de l'huile en peroxyde (Gharby et al., 2013b). Cette analyse peut donc venir en complément de la précédente ou peut intervenir en amont afin de vérifier si un dosage précis des hydroperoxydes est nécessaire. Deux autres bandes d'absorption situées respectivement à 266 et à 274 nm sont aussi utilisées pour distinguer l'absorption due aux produits d'oxydation de celle due aux systèmes conjugués. L'huile d'argane vierge extra doit avoir un coefficient d'extinction à 270nm inférieur à 0,35. Pour l'extinction E232, la norme marocaine relative à l'huile d'argane, ne l'a pas encore fixée. A titre d'indication, la norme marocaine pour les huiles d'olive vierge extra, précise pour les coefficients d'extinction à 232 nm et à 270nm des valeurs inférieures à 2,50 et 0,22 respectivement (COI, 2013). En effet, l'extinction spécifique à 232nm et à 270nm d'une huile peut être considérée comme une image de son état d'oxydation. Plus son extinction à E232 nm est élevée et plus elle est peroxydée. De même plus l'extinction à E270nm est grande et, plus elle est riche en produits d'oxydation secondaires. Ceci traduit une faible aptitude à la conservation (Gharby et al., 2014). Ces trois analyses (acidité libre, Indice de peroxyde et analyse spectrophotométrique à 270 nm) sont rapides et nécessitent peu de matériel onéreux. Il est donc possible de connaître rapidement l'état général de la qualité de l'huile d'argane à analyser. Les normes

2. Adulteration des huiles d'argane vierges par d'autres huiles végétales

La grande différence de prix entre l'huile d'argane et les autres huiles végétales vierges et raffinées peut entraîner des tentations de falsification. Une falsification peut consister à introduire des huiles de moindre coût dans l'huile d'argane. Des travaux antérieurs de notre équipe sur l'adulteration de l'huile d'argane par les huiles vierges ont permis de mettre au point une méthode de détection des fraudes de 2 à 5% (Hilali et al., 2007 ; Maata et al., 2011).

Dans cet article, nous décrirons les analyses à effectuer pour s'assurer la pureté de l'huile.

La teneur en insaponifiable est primordiale pour déterminer la falsification avec des huiles minérales comme l'huile de paraffine. La composition en acides gras, principalement l'acide linoléique qui n'excède pas 0,3%, (Hilali et al., 2005 ; Gharby et al., 2011c) permet de déceler sans équivoque la présence de l'huile de soja et l'huile de colza (5.0-14.0) (Codex, 2003). Quant à l'analyse des stérols, elle permet de détecter une fraude par n'importe quelle huile végétale vierge. En effet, la teneur en campesterol dans l'huile d'argane ne dépasse pas 0,4% . Il peut donc être utilisé comme marqueur pour la détection des huiles vierges (Hilali et al 2007) à teneur élevée en campesterol: soja, tournesol, olive, colza, palme, arachide, abricot et sésame. L'adulteration par les huiles raffinées est basée sur l'analyse des stigmastadiènes (Maata et al., 2011).

Tableau-1: Données physico-chimiques de classification des huiles d'argane (SNIMA 2003).

	Vierge Extra	Vierge Fine	Vierge Courante	Vierge Lampante
Acidité[%]	0.8	1.5	2.5	2.5
IP[Meq O2/kg]	15	20	20	non limité
K 270 nm	0.35	0.35	0.45	non limité
E 232 nm	-	--	-	
Delta K	0.01	0.01	0.01	non limité

de qualité en industries agroalimentaires étant de plus en plus rigoureuses, d'autres critères doivent cependant être pris en considération comme: la composition en acides gras, en stérols, en triglycérides, en tocophérols, polyphénols, et autres. Dans cet article nous nous limitons sur quelques critères considérés comme des analyses de base pour une détermination de la pureté de l'huile d'argane.

Ces derniers sont issus de la déshydratation du Beta-sitostérol, composé prépondérant dans les stérols de plusieurs huiles végétales. Cette déshydratation se réalise lors de l'opération de raffinage et particulièrement lors de la désodorisation et du passage sur terre activée. La teneur des stigmastadiènes dans l'huile d'argane vierge est très faible <0.01 ppm par contre la teneur des stigmastadiènes dans les huiles raffinées est élevée:

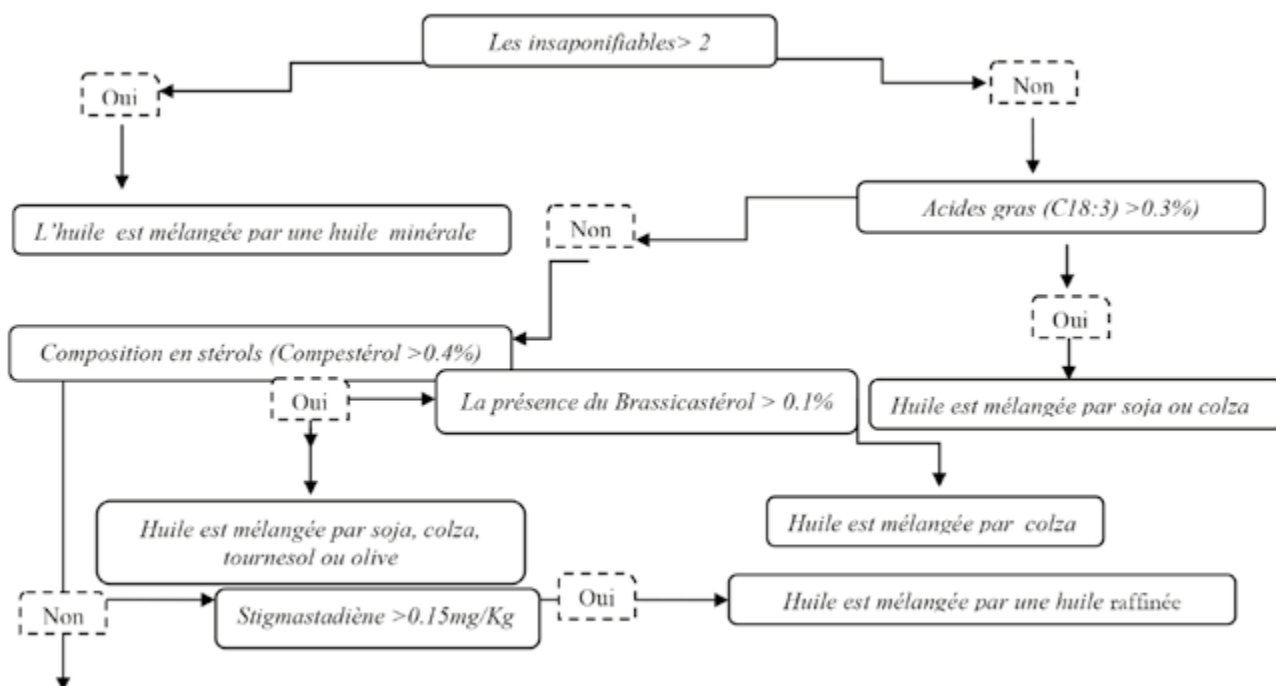


Figure-1 : Arbres décisionnels de l'adultération dans l'huile d'argane.

Tournesol raffiné (16.32 ppm), colza raffinée (21.2 ppm) et soja raffinée (22.82 ppm) (Maata et al., 2011).

3. Recherche de contaminants :

La recherche de contaminants fait partie de multiples contrôles que doit réaliser un laboratoire pour vérifier la conformité des produits mis sur le marché par rapport aux réglementations nationale et internationale (Lacoste et al., 2010).

L'état vierge, qui caractérise l'huile d'argane est l'un des plus grands risques concernant la présence possible des traces de contaminants comme les pesticides, les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les huiles minérales, les mycotoxines, les phtalates, les métaux lourds...

Les principaux facteurs influençant la présence des contaminants dans l'huile d'argane sont différents d'une étape à l'autre du procédé de transformation (Lacoste et al., 2005). Ainsi, l'environnement (air, eau, sol...), et les conditions climatiques ont un effet direct sur la présence potentielle de métaux lourds tels que le plomb ou le cadmium, des pesticides ou de mycotoxines. Au cours du stockage et du transport, les graines d'arganier peuvent être en contact avec des insecticides. Le séchage des graines et la torréfaction sont sources d'hydrocarbures aromatiques polycycliques: B[a]P (Harhar et al., 2010). Lors des procédés d'extraction, de filtration et de conditionnement, les huiles sont en contact avec des matières en plastiques. Ces derniers

peuvent migrer dans l'huile et la contaminent par les phtalates (Lacoste et al., 2010). Enfin le transport de l'huile brute présente également un risque d'éventuelle contamination par des huiles minérales.

La mise en évidence des contaminants et leur quantification commencent par une étape d'extraction. Celle-ci consiste à les solubiliser dans différents solvants choisis en fonction des propriétés des molécules recherchées. Les extraits obtenus sont ensuite purifiés et éventuellement concentrés avant d'être analysés par des techniques chromatographiques plus sophistiquées (CPG, HPLC, SAA, GC-MSMS, LC-MSMS) qui permettent non seulement leur identification mais également leur quantification même à des teneurs très faibles de l'ordre du ppb.

Analyse sensorielle :

Si l'huile d'argane est intéressante d'un point de vue nutritionnel, elle est surtout appréciée pour son goût et ses arômes particuliers. Une simple analyse chimique ne peut suffire pour déterminer la qualité d'une huile. En effet, les composés volatiles qui se développent au cours du procédé de fabrication (torréfaction) de l'huile, puis pendant son stockage, sont capables de modifier l'odeur et la saveur de l'huile. Pour cela une analyse sensorielle détaillée a été développée par la fondation SLOW FOOD, l'équipe du professeur Charrouf Z (Soracco et al., 2009) et les femmes des coopératives de l'huile d'argane. Le but était de mettre

Tableau 2 : Les différents types de senteurs, du goût et de ses caractéristiques.

Types de senteurs	Goût	Caractéristiques
Senteurs positives	Noisette	Senteur olfactive gustative typique des huiles obtenues des amandons torréfiés
	Grillé	À condition qu'elle soit peu envahissante, typique des huiles des amandons torréfiés
	Amande	évoquant l'arôme du fruit d'amande ; cette senteur est perçue également comme sensation rétro-olfactive.
	Cacahouète	rappelant les cacahouètes grillées
Senteurs négatives	Vineux	l'odeur du vin et du vinaigre que l'on perçoit surtout par l'odorat ; elle est typique des huiles obtenues des amandons mal conservés et partiellement fermentés.
	Chômé	flaveur caractéristique de l'huile tirée d'amandons entassés et qui ont subi un processus avancé de fermentation lactique
	Rance	caractéristique partagée par toutes les huiles et le gras qui ont subi des processus importants d'auto-oxydation, ayant été longtemps exposées à l'air, la lumière et la chaleur. Le rance est perçu facilement par l'odorat et peut rappeler l'odeur d'une courge ou d'un melon trop mûrs.
	Chèvre	sauvagine typique des huiles obtenues des fruits crachés par les chèvres.

en évidence différents attributs positifs et les défauts de l'huile d'argane. L'analyse sensorielle est effectuée par un groupe de dégustateurs (jury). Chaque dégustateur doit sentir et déguster puis porter sur une feuille le profil de l'intensité à laquelle il perçoit chacun des attributs négatifs et positifs. Les principaux attributs définis dans la méthode d'évaluation organoleptique de l'huile d'argane (Soracco et al., 2009; Matthäus et al., 2010) sont présentés dans le tableau 2 :

Le but d'une dégustation de l'huile d'argane est la recherche et l'évaluation de tous les caractères de finesse, élégance, richesse, équilibre et typicité qui font la différence entre une huile commune et une huile de qualité.

L'analyse d'un échantillon se compose de trois phases :

- 1. Examen visuel : aspect et couleur**
- 2. Examen olfactif gustatif : composition, qualité et intensité des saveurs**
- 3. Examen tactile: onctuosité.**

CONCLUSION

Avant d'être commercialisée, l'huile d'argane devrait être analysée pour s'assurer de sa qualité. Les analyses chimiques permettent de classer l'huile en qualité "vierge" ou "vierge extra". L'état d'oxydation de l'huile d'argane est mis en évidence par la détermination de

l'indice de peroxyde et l'extinction à E232 et E270. Concernant le critère de pureté, la recherche des contaminants permet la détection d'une éventuelle adultération et la salubrité de l'huile. Cependant, la qualité de l'huile ne peut pas être déterminée que par les analyses physico-chimiques. Son profil sensoriel est d'une grande importance pour le consommateur averti. De ce fait, l'huile doit aussi être irréprochable du point de vue goût, odeur et texture, que un jury de dégustateurs compétents permet d'apprécier de manière objective.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Charrouf Z, Guillaume D, 2007. Huile d'argan une production devenue adulte. Les Technologies de Laboratoire (6) 4-7.
- Charrouf Z, Guillaume D, 2008. Argan oil: occurrence, composition and impact on human health. European Journal of Lipid Science and Technology, 110, 632-636.
- Charrouf Z, Guillaume D, 2010. Should the Amazigh diet (regular and moderate argan-oil consumption have a beneficial impact on human health? Crit Rev Food Sci Nutr (50)473-477.
- Choe E, and Min D B, 2006. Mechanisms and Factors for Edible Oil Oxidation. Food Sci. and Food Saf. (5)

- 4, 169–186.
- COI/T.15/NC n° 3/Rév. 7, 2013. Norme commercial applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignon d'olive.
- Codex Alimentarius Commission. (2003). Stan 33, 1981, revised 2.
- Faez M, Bchitou R, Bouhaouss A, Gharby S, Harhar H, Guillaume D, Charrouf Z, 2012. Can the dietary element content of virgin argan oils be used for adulteration detection. *Food Chemistry*, (136) 105-108.
- Gharby S, Harhar H, Eddine Kartah B, El Monfalouti H, Haddad A, Charrouf Z, 2011a. Chemical and sensory analysis of argan oil (Analyse chimique et sensorielle de l'huile d'argane Les Technologies des Laboratoires (22), 13-23.
- Gharby S, Harhar H, Guillaume D, Haddad A, Matthäus B, and Charrouf Z, 2011b. Oxidative Stability of Edible Argan Oil: a Two-Year Period Study. *LWT Food Science and Technology* (44), 1-8.
- Gharby S, Harhar H, Kartah B, El Monfalouti H, Maata N, Guillaume D, Ben hadda T, et Charrouf Z, 2011c. Influence de l'origine du fruit (Terroir, Caprin) et la méthode d'extraction sur la composition chimique, les caractéristiques organoleptiques et la stabilité de l'huile Premier Congrès International sur l'Arganier, 15-17 Décembre (2011) à Agadir.
- Gharby S, Harhar H, Guillaume D, Haddad A, Charrouf Z, 2012. The Origin of Virgin Edible Argan Oil High Oxidative Stability Unravelled. *Natural Product Communications* (7), 1-3.
- Gharby S, Harhar H, Roudani A, Chafchaouni I, and Charrouf Z, 2013a. Stability oxidative from cosmetic and alimentary argan oil of thermal treatments. *International Journal of Pharmaceutical Science Invention*. (2) 5 .41-46.
- Gharby S, Harhar H, Kartah B, Chafchaoui I, Sibawayh Z, and Charrouf Z, 2013b. Chemical Characterization and oxidative stability of two monovarietal virgin olive oils (Moroccan Picholine and Arbequina) grown in Morocco. *J. Mater. Environ. Sci.* 4 (6) 935-942
- Gharby S, Harhar H, Bouzoubaa Z, Roudani Z, Chafchaouni I, Kartah B, Charrouf Z, 2014. Effet des Polyphénols extraits des margines sur la stabilité de l'huile de tournesol (Effect of polyphenols extracts from margins on the stability of sunflower oil). *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (2) 464-469.
- Guillaume D, et Charrouf Z, 2011a. Argan oil monograph. *Alternative Medicine Reviews*, 16, 275-279.
- Guillaume D, et Charrouf Z, 2011b. Argan oil and other argan products; use in dermocosmetology. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113, 403-408.
- HarharH, Gharby S, Guillaume D, Charrouf Z, 2010. Effect of argan kernel storage conditions on argan oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, (112), 915-920.
- Harhar H, Gharby S, Kartah B, El Monfalouti H, Guillaume D, Charrouf Z, 2011. Influence of argan kernel roasting-time on virgin argan oil composition and oxidative stability. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66, 163-168.
- Hilali M, Charrouf Z, El Aziz Soulhi A, Hachimi L, and Guillaume D, 2005. Influence of origin and extraction method on argan oil physico-chemical characteristics and composition. *J. Agric. Food Chem.* (53) 2081-2087.
- Hilali M, Charrouf Z, El Soulhi A, Hachimi L, and Guillaume D, 2007. Detection of argan oil adulteration using campesterol GC-analysis. *J. Am. Oil Chem. Soc.* (84) 761–764.
- Lacoste F, Lechat H, Pages X, Arnaud JN, Brenne E, Soulet B, Camisuli B, Birot C, Fazeuilh S, et Escabasse J, 2005. Contrôle des composés indésirables dans les huiles végétales et mise en place d'observatoires. *OCL VOL. 12 N° 5-6 SEPTEMBRE-DE'CEMBRE* 2005.
- LacosteF, Joffre F, Coustille J L, Morin O, Soulet B, BrenneE, Griffon H, 2010. Détection de contaminants dans les huiles végétales : bilan à fin 2009. *OCL VOL. 17 N° 2 MARS-AVRIL* 2010.
- Judde A, 2004. Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique : mécanismes, conséquences, moyens de mesure, quels antioxydants pour quelles applications. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides* (11) 6, 414-418.
- Maata N, Kartah B, Harhar H, Gharby S, Benazzouz E, Guillaume D, et Charrouf Z, (2011). Détection de l'adulteration de l'huile d'argane par des huiles végétales vierges et raffinées. Premier Congrès International sur l'Arganier, 15-17 Décembre à Agadir.

- Marmesat S, Morales A, Velasco J, Ruiz-Méndez M V, and Dobarganes M C, (2009). Relationship between changes in peroxide value and conjugated dienes during oxidation of sunflower oils with different degree of unsaturation. *Grasas y Aceites*, (60) 2, 155-160.
- Matthäus B, Guillaume D, Gharby S, Haddad A, Harhar H, Charrouf Z, 2010. Effect of processing on the quality of edible argan oil. *Food Chemistry*, 120, 426-432.
- Mordret N, Coustille J L, Lacoste F, 1997. Controle de qualite/analyses Méthodes physico-chimiques d'analyse des huiles d'olive. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*. Volume 4, Numéro 5, 364-9, Septembre - Octobre.
- Rahmani M, 2005. Composition chimique de l'huile d'argane vierge. *Cahiers Agric*14, 461-465.
- Service de normalisation industrielle (SNIMA), 2003. Corps gras d'origine animale et végétale- Huiles d'argane. Spécifications, Norme Marocaine NM 08.5.090. Snima, Rabat (Morocco).
- Soracco D, Milano S, Lenta M, Vassallo E, Sardo P, Charrouf Z, 2009. Manuel de dégustation de l'huile d'argane sentinelle *Slow Food*, Décembre, 17-26.
- Tanouti K, Serghini-Caid H, Chaieb E, Benali A, Harkous M, Elamrani A, 2011. Quality Improvement of Olive Oils Produced In The Eastern Morocco. *les technologies de laboratoire* Volume (6) 22, 1-12.
- Tchiégang C, Ngo O M, Dandjouma A, and Lapse C, 2004. Qualité et stabilité de l'huile extraite par pressage des amandes de ricinodendron heudelotti (Bail.) pierre ex pax pendant La conservation a température ambiante. *J. Food Eng.* (62) 69-77.

Mise en pratique de tourisme durable dans la réserve de biosphère de l'arganeraie : cas de l'écologie Atlas Kasbah

Aboutayeb H.

Consultant en Tourisme Durable

E-mail : hassanaboutayeb@gmail.com

RESUME

Le tourisme durable est un mode de production et de consommation responsable. En effet, il minimise l'impact environnemental, valorise les spécificités des territoires et assure une démarche concertée avec les communautés locales. Afin de mettre en pratique ce concept, l'exemple de l'écologie Atlas Kasbah a été retenu. Cet établissement est situé sur les premiers contreforts du Haut Atlas occidental dans la région d'Agadir et au cœur d'un espace protégé reconnu par l'Unesco : la réserve de biosphère de l'arganeraie (RBA). La construction, la philosophie et les orientations de cette structure d'hébergement, de restauration et de découverte ont posé les fondements d'un tourisme respectueux de l'environnement et de la culture locale.

Atlas Kasbah Ecolodge représente un exemple concret de développement durable d à travers le tourisme responsable. En cela, il pourrait être reproductible dans l'ensemble des aires protégées du Royaume du Maroc.

Mots clés : RBA, Tourisme durable, Ecolodge, Atlas Kasbah, développement local, économie verte.

INTRODUCTION

Aujourd'hui, nul ne peut ignorer le rôle primordial que le tourisme joue en tant que secteur moteur de développement économique au Maroc et dans la région d'Agadir. Il contribue considérablement à l'apport en devises, à la promotion de l'emploi et au développement régional pour ne citer que cela.

Toutefois, le tourisme s'accompagne de plusieurs problématiques notamment culturelle, sociale et même parfois économique : inflation, destruction de l'environnement, remise en cause de l'éthique traditionnelle des populations locales. Pour ces raisons le tourisme de masse, est aujourd'hui remis en cause par son empreinte écologique et son effet négatif sur les cultures locales. Dès lors, le tourisme durable est mis en avant par plusieurs acteurs de tourisme pour palier à ces problématiques. Ainsi, les pouvoirs publics, les élus, les entreprises, les consommateurs doivent agir pour opérationnaliser le concept du tourisme soutenable et d'autant plus dans les zones rurales.

Ce genre de tourisme se caractérise par des produits touristiques établis en territoire autochtone (Hinch et

Butler, 2007; Notzke, 2004) avec une solide connexion avec la culture locale ainsi que des produits touristiques fondés sur la culture, des environnements et des savoirs traditionnels locaux et un tourisme contrôlé (développé, détenu et géré) par les locaux (Zeppel, 2006).

Dans la région d'Agadir, le tourisme rural durable lutte pour sa viabilité tout d'abord au sein de l'industrie du



tourisme gadirie, mais aussi dans les environnements socio-économiques et écologiques des communautés d'accueil.

Dans cette perspective, le cas de l'Ecolodge Atlas Kasbah dans la région d'Agadir a été choisi pour illustrer l'opérationnalisation du concept de développement touristique durable. Ce projet se situe dans une aire protégée au Sud-Ouest du Maroc : la Réserve de biosphère de l'arganeraie (RBA). Celle-ci a obtenu ce statut particulier grâce à son écosystème, sa forêt d'arganier unique au monde et les multiples activités socioculturelles Amazighes (berbères) qui en découlent. En cela, l'ensemble de cette région regorge de potentialités touristiques naturelles, humaines et culturelles.

2. Présentation de l'écologie et de son territoire

2.1 Localisation de l'Ecolodge

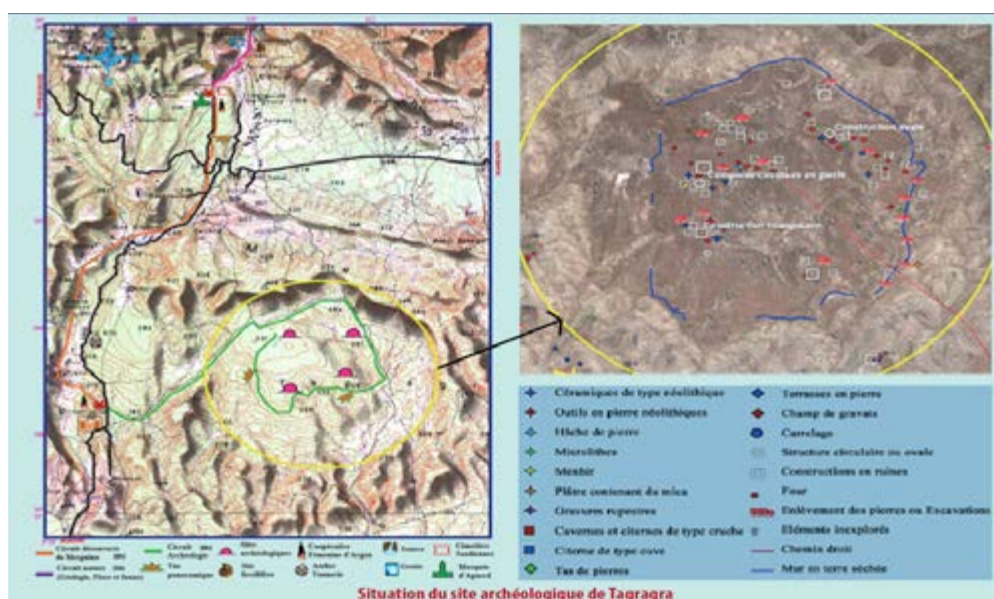
L'Ecolodge Atlas Kasbah est situé dans la partie Sud du village de Tighanimine Elbaz sur le territoire de Messguina, à seulement 5 kilomètres de la ville d'Agadir.

Ce territoire fait aussi partie du pays d'accueil touristique des Ida Outanane (PATI) lancé par le ministère marocain de tourisme en 2005 dans le cadre de la vision 2010 afin d'encourager le tourisme rural dans l'arrière-pays d'Agadir. Par ailleurs, la région de Messguina est un lieu historique et biogéographique exceptionnel¹ et encore méconnu dans le sud du Royaume. D'un point



Localisation d'Atlas Kasbah dans le PATI

de vue historique, il s'agit d'un ancien lieu de passage du commerce des caravanes et il est également le berceau des tribus amazighes d'Agadir « Imssguine ». On trouve, d'ailleurs, plusieurs vestiges de ces époques mais qui ne sont pas encore valorisés telles que les « tours de contrôle » du commerce transsaharien, les anciens tombeaux Saadiens (XVI^e siècle), la mosquée Timzguida Ouguerd, les remparts des Saadiens... Au niveau archéologique, deux chercheurs allemands² ont découvert en 2010 un site archéologique dans le pays de Messguina et plus précisément à Tagrafra (à 5 km de l'Ecolodge). Les indices trouvés sur place témoignent d'une présence humaine depuis le néolithique (il y a près de 10 000 ans). Les cartes et les photos ci-après démontrent cela :



¹ Dans la RBA

² Michael Huebner, Sebastian Huebner : « Nouveaux indices de la présence d'un grand site préhistorique situé dans une structure géomorphologique annulaire dans le sud-ouest du Maroc » Décembre 2010 (http://www.asalas.org/papers/Huebner_Evidence_for_a_Large_Prehistoric_Settlement_full_fr.pdf)



2.2 Nature et Philosophie du projet

L'Écolodge Atlas Kasbah est une maison d'hôtes écologique fondé sur les principes du développement durable. Il est parfaitement intégré dans le paysage de par son architecture traditionnelle.

Son décor met en avant le patrimoine de la région du Souss Massa Draa et a permis de valoriser des savoir-faire tel que celui du pisé et des objets artisanaux fabriqués dans les coopératives de la région généralement par des femmes berbères. Cet Ecolodge est bâti sur un terrain d'une superficie de plus de 12 500 m² avec un taux d'occupation du sol estimé à 25%. Le reste de terrain est utilisé pour les plantations et le jardin biologique de la Kasbah ainsi que pour l'élevage (volaille, ovins...). L'établissement comprend 11 chambres d'une capacité totale de 27 lits.

De plus, il dispose d'un espace de travail avec une salle de séminaire pouvant accueillir une cinquantaine de personnes. En terme d'activités, l'Ecolodge offre aux visiteurs des activités récréatives, sportives et d'animation pour apprendre, se ressourcer, contribuer au développement local, participer à la préservation du patrimoine local et découvrir les modes de vie et les valeurs des communautés berbères autochtones.

Cet établissement est donc conçu en parfaite symbiose avec son Environnement naturel et socioculturel et représente ainsi un bel exemple de tourisme durable au Maroc. Atlas kasbah a obtenu de nombreuses distinctions dont :

- En 2009 : le Trophée du Tourisme Responsable du Ministère marocain du Tourisme et de l'Office national marocain de tourisme (ONMT). Dans la même année, il a reçu le certificat de tourisme responsable du cabinet canadien Ecoplanet. Ltd
- En 2010, le projet a reçu l'écolabel international Clef Verte qu'il a su garder jusqu'à ce jour. Il a aussi été nommé comme l'un des 6 meilleurs projets touristiques responsables au monde par le Réseau International de Tourisme Responsable à l'ITB de Berlin.
- En 2011, Atlas Kasbah a reçu l'ALM Ecology Trophy face au géant américain de l'informatique Dell.
- En 2012, l'Ecolodge a obtenu le trophée Hommage Patrimoine et création octroyé par le ministre marocain de l'artisanat

3. Les grands enjeux du projet

L'Ecolodge Atlas Kasbah est un projet innovant dans la RBA. Il s'inscrit dans une démarche de développement local durable avec un ancrage territorial dans le pays de Messguina.

3.1 Enjeux environnementaux

La démarche durable se veut par définition un processus continu d'amélioration, de sensibilisation et de promotion des techniques de conservation des ressources et la mise en place de bonnes pratiques sociales et environnementales. Cela permet de préserver le lieu de travail de l'équipe et les lieux de vie de ses visiteurs.

Des mesures proactives sont mises en place via les

critères suivants : l'eau, l'énergie, les déchets, la permaculture, la politique d'achats, l'intégration paysagère ainsi que la sensibilisation externe et interne. Dans le détail, les mesures implémentées dans le cadre de notre démarche sont les suivantes :

1er Critère : Eau

- Inspection régulière de la robinetterie pour traquer les éventuelles fuites
- Utilisation de mitigeurs dans les robinets
- Présence d'économiseurs d'eau dans les robinets
- Chasse d'eau double vitesse avec mécanisme interrupteur et cuve à 6 litres
- Papier toilette usager non jeté dans les cabinets
- Présence de douches uniquement
- Buanderie : Lavage des serviettes de toilette et des serviettes du restaurant sur demande, lavage du linge de lit tous les 3 jours.
- Piscine avec système à électrolyse du sel (sans chlore)
- Arrosage du jardin raisonné avec l'eau du puits ou les eaux de pluie récupérées, au goutte à goutte et en fin de journée
- Système de phytoépuration et de filtration solaire des eaux usées de l'écologie pour l'arrosage du jardin

2ème Critère : Energie

- Utilisation des ETR, technologies d'énergie renouvelable (majorité de l'électricité issue du photovoltaïque et chauffe-eaux exclusivement solaires)
- Lampes basse consommation
- Chauffage solaire passif : grandes fenêtres et rideaux isolants
- Maximisation de l'illumination naturelle avec les grandes fenêtres
- Utilisation de la ventilation naturelle.
- Climatisation sur demande expresse de la clientèle
- Centralisation des interrupteurs et gestion par le personnel
- Réservoirs d'eau chaude isolés
- Utilisation d'un four à pain traditionnel.
- Elaboration d'un bilan carbone

Au total, les actions menées par Atlas Kasbah dans le domaine de l'énergie conduisent chaque année à éviter

l'émission d'environ 17 900 kg eq CO₂, soit 9 kg par nuitée. Ces émissions évitées sont comparables à aux émissions d'une voiture de taille moyenne parcourant 120 000 km³.

3ème Critère : Déchets

- Implémentation de la règle des 3RV : réduire, réemployer, recycler
- Réduction des objets à usage unique
- Pas de conditionnement individuel
- Déchets végétaux donnés aux animaux de la Kasbah ou utilisé en compostage
- L'établissement entièrement non fumeur sauf sur les terrasses extérieures

4ème Critère : Permaculture

Mise en place du 1er projet de permaculture du Sud ouest du Maroc avec potager biologique et utilisation d'engrais organique

5ème Critère : Politique d'achats

- Achat en gros ou en vrac ou à emballage réduit
- Respect de la saisonnalité des produits
- Valorisation des produits locaux et non polluant (vaisselle artisanale en poterie, four à pain, tapis en fibre naturelle,...)
- Produits d'entretien et de salle de bain biodégradables (sans phosphate, non toxiques, non corrosifs, ni produit javellisés).

6ème Critère : Intégration paysagère

- Similitude avec l'architecture locale traditionnelle sous la forme d'une kasbah et revêtement extérieur naturel en pisé et qui adhère aux parois sans produit artificiel.
- Emploi de matériaux locaux
- Respect de la capacité de charge du site
- Maximisation des espaces naturels sur le site
- Aménagement paysager par le biais de végétaux de la région adaptés aux conditions locales
- Faible densité humaine dans le paysage environnant
- Intégration d'éléments représentatifs des savoir-faire traditionnels de la région.

7ème Critère : Sensibilisation environnementale et

³ M. Olivier GOFFETTE, Consultant Environnement Sécurité Prestataire Bilan Carbone™ formé par l'ADEME, (www.m3dconseil.fr)

patrimoniale externe et interne

- Sensibilisation des visiteurs au respect de l'environnement et au patrimoine local
- Offre de randonnées nature et opportunités de rencontre avec la population locale
- Formation du personnel à l'environnement
- Valorisation du patrimoine local
- Bénéfices des activités proposées à Atlas Kasbah reversés entièrement aux populations locales
- Relance d'un savoir-faire local : la poterie avec atelier à Atlas Kasbah pour participer à la sauvegarde patrimoniale et proposer aux visiteurs une activité durable et qui les initie à la culture locale
- Mise en place de portfolio dans les chambres en deux langues afin d'informer la clientèle des mesures implémentées et de l'importance de leur contribution
- Bibliothèque sur la culture marocaine, le patrimoine biogéographique et le développement durable
- Vente de produits artisanaux des coopératives et artisans locaux,
- Aide à la coopérative et à l'association locale.

3.2 Enjeux éthiques et sociaux

Le projet a amplement participé à l'attractivité du pays de Messguina. Tout d'abord, la construction de la Kasbah et l'aménagement de ses jardins ont été réalisés entièrement par des locaux. Pour l'exploitation, l'Ecolodge emploie de 8 à 10 personnes⁴ d'une façon permanente et de 4 à 6 emplois saisonniers. En outre, le nombre d'emplois indirects et induits sont estimés à plus d'une trentaine (transporteurs, agriculteurs, femmes de la coopérative, artisans...).

Par ailleurs, l'Ecolodge mène plusieurs actions de développement durable avec la coopérative féminine locale et l'association N'ait Matten du village de Tighanimine Elbaz (création d'une maison verte, organisation de journées de l'environnement, ateliers de peinture à l'école du village, participations aux activités socioculturelles locales...).

De nombreux partenariats ont également été tissés tant avec la société civile locale notamment l'association de développement durable du village : N'Ait Maten

mais qu'avec l'université qui a implémenté les jardins filtrants⁵ à la Kasbah et le conseil régional Souss Massa Draa qui a remis une subvention lors de la création et qui depuis lors, reste un partenaire privilégié.

3.3 Enjeux économiques

L'Ecolodge est une structure à échelle humaine qui s'inscrit parfaitement dans la logique d'une économie verte. Il participe également au développement local par ses diverses activités ainsi que par l'utilisation des produits du terroir, labellisés, écologiques. Ceci engendre des revenus non négligeables pour la population locale notamment par la création des emplois et la vente des produits des coopératives féminines locales.

Notons ici que le taux de chômage dans les environs est assez élevé. Les locaux prospèrent grâce à une agriculture de subsistance avec l'apiculture ou via des emplois précaires dans les villes avoisinantes. L'implantation de l'Ecolodge dans ce territoire de l'arganeraie a donc permis la création d'emplois notamment pour les femmes. Cela a aussi contribué à l'essor de la coopérative féminine d'huile d'argan dont les produits sont vendus dans l'Ecolodge mais également via la visite directe des visiteurs dans la coopérative. Des activités organisées par l'établissement sont animées par des locaux comme la randonnée pédestre ou muletère dans l'arganeraie, ... pour lesquelles les clients payent directement l'habitant.

Les visiteurs et même les habitants d'Agadir découvrent ce territoire qui est à leur porte et dont ils ne soupçonnaient pas les origines historiques. Les visiteurs nationaux et internationaux⁶ découvrent, quant à eux, la culture Amazighe ainsi que le patrimoine marocain ancien et la biodiversité.

Par ailleurs, Atlas Kasbah a inspiré beaucoup de jeunes investisseurs dans la région Souss Massa Draa en particulier et le Royaume du Maroc en général. D'ailleurs, la dénomination Ecolodge et la démarche écologique de l'établissement ont été utilisées largement par plusieurs autres investisseurs⁷.

CONCLUSION

Le tourisme rural durable dans l'arganeraie représentera à terme un moyen efficace de lutte contre la pauvreté

⁴ Plus de la moitié des personnes qui travaillent à Atlas Kasbah sont des femmes.

⁵ Projet mené par le Professeur Belkacem KABBACHI de la faculté des sciences d'Agadir

⁶ L'Ecolodge est à 20 km de l'aéroport international d'Agadir-Al Massira, soit 3 heures de vol des principales villes européennes

⁷ Il est urgent que le ministère de tutelle mette en place un cahier de charge pour les Ecolodge au Maroc car ce terme commence à être galvaudé par certains investisseurs.

dans l'espace rural ainsi qu'un moyen de préservation des patrimoines naturel et culturel. Il permet aussi de répondre aux tendances touristiques actuelles par une diversification de la destination d'Agadir qui souffre d'un vieillissement de son produit touristique.

Toutefois, il est primordial de mener plusieurs actions d'urgence dans ce territoire notamment : le ramassage des ordures pour éviter les décharges sauvages, la lutte contre les constructions anarchiques, la réhabilitation des sites historiques, la mise en place d'une signalisation touristique, la protection et valorisation du patrimoine naturel et socioculturel de la région de Messguina. Ainsi ce territoire bénéficiera d'un accroissement du développement socioéconomique qui indirectement participera à la préservation de la culture et de l'environnement naturel.

Atlas Kasbah Ecolodge est une illustration concrète de développement durable dans cette région à travers un partenariat entre le producteur (l'environnement, la culture locale et les autochtones), le fournisseur (l'Ecolodge) et le consommateur (les touristes). Cet exemple est innovateur et pourrait être reproductible dans l'ensemble des aires protégées du Royaume du Maroc dans le cadre de développement touristique rural durable.

BIBLIOGRAPHIE

- Alifriqui M., 2004, l'écosystème de l'arganier, PNUD, 124 p.
- Bachimon P., 2005, Quelques réflexions générales à base d'expériences particulières, pp 32-40 in Tourisme rural et développement durable, sous la direction de Chattou Z., ENA
- Bouchelkha M., 2001, l'espace rural dans le Souss : héritage et changements, Université Ibn Zohr FLSH d'Agadir et GERS, Edition Sud Contact, 209 p.
- Hinch T. et Butler R., 2007, Introduction: revisiting common ground . DANS BUTLER R., et HINCH T., (sous la direction de), Tourism and indigenous peoples: Issues and implications, pp. 2-12, Burlington: Elsevier.

Notzke C., 2004, Indigenous tourism development in southern Alberta Canada: Tentative engagement, Journal of Sustainable Tourism, vol. 12, n° 1, p. 78-91.

Zeppel H., 2006, Indigenous ecotourism: Sustainable development and management. Cambridge: CABI Publishing. 308 p.

www.tourismesolidaire.org

www.ecotourisme.info

www.atlaskasbah.com

Utilisation des Isotopes Stables et Multiélément pour déterminer l'origine géographique des huiles d'argane au Maroc

Taous. F¹; Marah. H¹; Rodrigeus. C²; Amenzou. N¹; El Yahyaoui. A¹; Allali. H³; Russell. F⁴

¹ Centre National de l'Energie des Sciences et Techniques Nucléaires (CNESTEN)

² University of Lisbon, Faculty of Sciences, SIIAF Campus da Fcul, Ed.C2, room 2.1.16, 1749-016, Lisbon

³ Association Marocaine de l'Indication Géographique d'Huile d'Argane (AMIGHA)

⁴ Agence International de l'Energie Atomique (AIEA)

*E-mail: taous@cnesten.org.ma

RESUME

Face à la mondialisation et à la concurrence dans le domaine de l'agro-industrie, il est primordial que l'huile d'argan bénéficie d'un label IGP. En effet, la qualité et l'origine certifiée sont deux valeurs importantes pour le consommateur d'aujourd'hui. Pour ces raisons, une étude a été menée sur des huiles d'argane produites entre juillet et août 2011 dans différentes coopératives Marocaines certifiées dans le domaine d'extraction à partir des fruits de différentes régions : Agadir, Tiznit, Tafrouat, Taroudant et Essaouira. Aux laboratoires des analyses par les différentes techniques de spectrométrie de masse (IRMS et ICP MS) ont été appliquées pour mesurer les valeurs delta des isotopes stables (Carbone, Oxygène) et les éléments traces (Li, Na, Mg, K, Mn, Co, Cu, Sr, Ba, Ce, et Pb...) des différents échantillons d'huiles (alimentaire et cosmétique). Les résultats obtenus dans cette étude ont montrés une différence significative en terme de teneur isotopique ($\delta^{13}C$) entre les différentes régions, les analyses statistiques de ces derniers ont donné un nombre de groupes en fonction de l'altitude de leurs origines. Ces résultats préliminaires confirment l'efficacité des techniques isotopiques pour la détermination des origines des produits agroalimentaires.

Mots-clés : Huile d'argan, Isotope Stable du Carbone et Oxygène, Eléments Traces, IRMS et ICP-MS, Origine Géographique.

ABSTRACT

The globalization of the food markets, and the facility of transportation of products through and between the countries, generates that the consumers are worried by the origin of the food which they consume argan oil. In this context it is essential that argan oil had an IGP label. For these reasons, a study was conducted on argan oils produced between July and August 2011 in various Moroccan certified cooperatives from different regions: Agadir, Tiznit, Tafrouat, Essaouira and Taroudant. In the laboratory, the stable isotopes (Carbon, Oxygen) and trace elements (Li, Na, Mg, K, Mn, Co, Cu, Sr, Ba, Ce, Pb...) analyses performed using mass spectrometry (IRMS) and ICPMS, respectively for all sample (food and cosmetics oil). The results obtained in this study indicated a significant difference in isotopic ($\delta^{13}C$) between different regions; the statistical treatment of this data shows many groups depending on the altitude of oil geographic origins. These preliminary results confirm the effectiveness of isotope techniques for the determination of the origin of food products.

Key words : Argan oil, Stable Isotope of Carbone and Oxygen, Trace Element, IRMS and ICP-MS, Geographical origin.

INTRODUCTION

The Argan tree (*Argania spinosa*) is an endemic crop in Morocco. It can live up to 200 years. The argan tree forest extends on approximately 830000 ha, in the triangle formed by Essaouira, Agadir and Taroudant regions (fig. 1). This tree is particularly resistant to the dry and arid conditions of this area.

The argan oil is extracted from the kernel of the argan tree fruit (*Argania spinosa*) a species endemic to south western Morocco and protected by UNESCO (2007), is not only edible and of pleasant taste, but it also has properties very dietary interesting as it is composed of 80% unsaturated fatty acids (important proportion of linoleic acid). The argan oil, produced by many Moroccan cooperatives, has become famous in the last two decades for its cosmetic virtues, and has been exported at prices up to several hundred dollars a litre to Europe, Japan and the United States (Lybbert et al., 2010). However, it can be assumed that exports will increase in the near future due to the unique properties of the product (Cherki, Berrougui, Drissi, Adlouni, & Khalil, 2006). Due to its price, there is always present the possibility of illegal practices such as dilution with cheaper oils (olive oil, coloured with paprika or other substances). Thus, due to the economic, social and cultural importance of Argan oil in Morocco, it is important to prevent fraud by guaranteeing its origin and quality, controlling possible adulterations.

Morocco is known to be the only country that

produces argan. Now, it is of high need to determine a geographical traceability and authenticity profile. That will allow define "fingerprint" for these Moroccan agriculture products.

There are two types of argan oil, depending on whether or not the kernels are roasted before use (food and cosmetic oil) :

The food oil : Characterized by its darker color (than cosmetic oil) and also by more pronounced taste caused by the roasting process.

The cosmetic oil : Characterized by its clear color compared to the first one, rich in E vitamin and antioxidants.

The main objectives of the study is the application of multi tracer approach (Multi-element composition and stable-isotope ratio analysis) to Characterize the Geographical Origin of Argan Oils.

MATERIALS AND METHODES

1. Sampling

Argan oil samples are from the provinces of Essaouira, Agadir, Taroudant, Tafraout, Tiznit and Chtouka Ait Baha, being Argan oil extracted following traditional procedures by 17 co-operatives known and IGP certifie (Protected Geographical Indication) in the field of oil extraction. These co-operatives, referenced by AMIGHA (Association Marocaine de l'Indication Géographique d'Huile d'Argane) are distributed over the three climate areas (arid, semi arid and Saharan) that represent all the area of argan tree distribution (fig.1). A total of 34 samples (food and cosmetic argan oil) were collected from different co-operative production of argan oil we also collected the pate, grain harvested between July and August 2011. The stable isotopes and multi-element composition are determined for the all samples.

2. Stable Isotope Ratio Analysis

The analysis of stable isotope Carbon, Oxygen and Nitrogen ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ and $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) ratios of bulk argan oils have been performed in Water and Climate Unit of CENSTEN laboratories and Stables Isotopes and Instrumental Analysis Facility (SIIAF), Centre for Environmental Biology, Faculty of Sciences, University of Lisbon, Portugal, using an isotope ratio mass spectrometers Delta V connected to an elemental analyser 1mg prepared sample is taken into element auto-analyzer, and after burning in furnace, the CO_2 and N_2 gas are introduced into Conflo IV interface and further analyzed by IRMS.

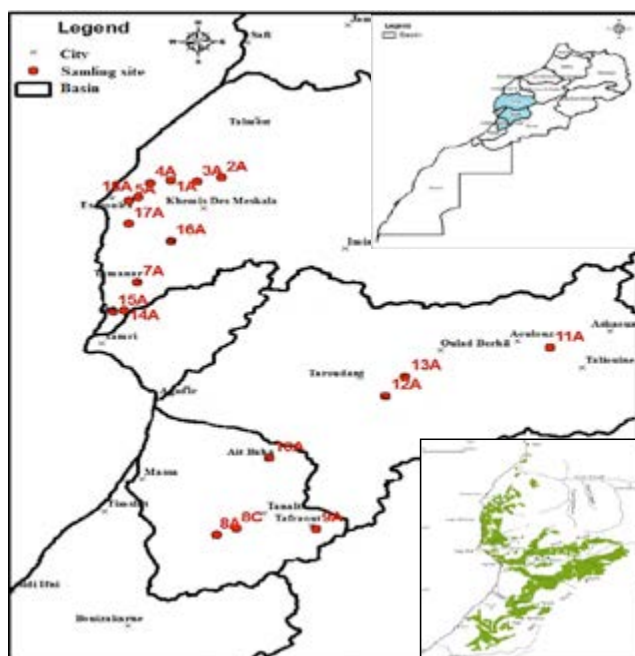


Figure1: Geographical distribution of Argan tree.

The isotope ratios are expressed in $\delta\text{‰}$ versus V-PDB (Vienna – Pee Dee Belemnite) for $\delta^{13}\text{C}$ and V-SMOW (Vienna - Standard Mean Ocean Water) for $\delta^{18}\text{O}$, according to the following formula: $[(R_s - R_{\text{std}}) / R_{\text{std}}] \times 1000$, where R_s is the isotope ratio measured for the sample and R_{std} is the isotope ratio of the international standard.

3. Multi-element Analysis by ICP MS

The trace elements analysis Cd, Pb, Bi, Br, Ca, Mn, P, Zn, Cu, Fe, and S has been carried out by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP MS) Type. In order to avoid the contamination of samples, a certified method was used to prepare them for analysis using nitric acid and microwave (A. González, 2010).

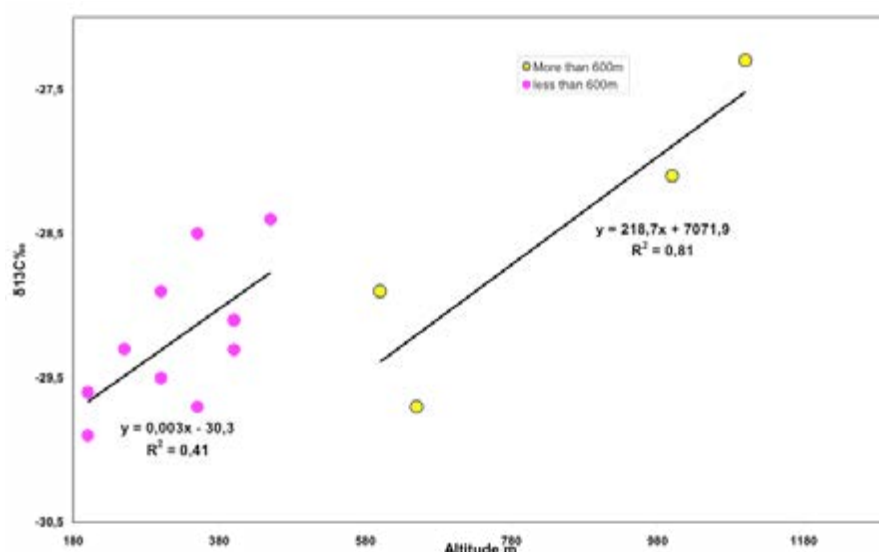
RESULTS AND DISCUSSIONS

1. Stable isotope

Local agricultural practices and animal diet affect

The C, and O isotopic composition of Argan oils and of plant material in general is related to the climatic conditions (relative humidity, temperature, amount of precipitation) and geographical characteristics (distance from the sea or other evaporation source, altitude, latitude) of the area where the plants grow (Hermann et al 2008) and to the plant variety (Aramendia et al 2007).

The analysis of isotopic ratio of $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ and $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ will be the first indicators for geographical origin of the argan oil since these parameters are affected by the altitude. The relationship between the carbone-13 stable isotope of Argan oil and altitude (figure.2) show a good correlation coefficient ($R^2=0,81$) for higher altitude (upper 600 m), that confirm the influence of climatic conditions on the $\delta^{13}\text{C}$ ratio in the vegetation. However for the low altitude under 600 m the correlation between altitude and $\delta^{13}\text{C}$ is low ($R^2=0.41$). Figure.3 describes the relationship between the $\delta^{13}\text{C}$ and distance to the coast and shows a significant



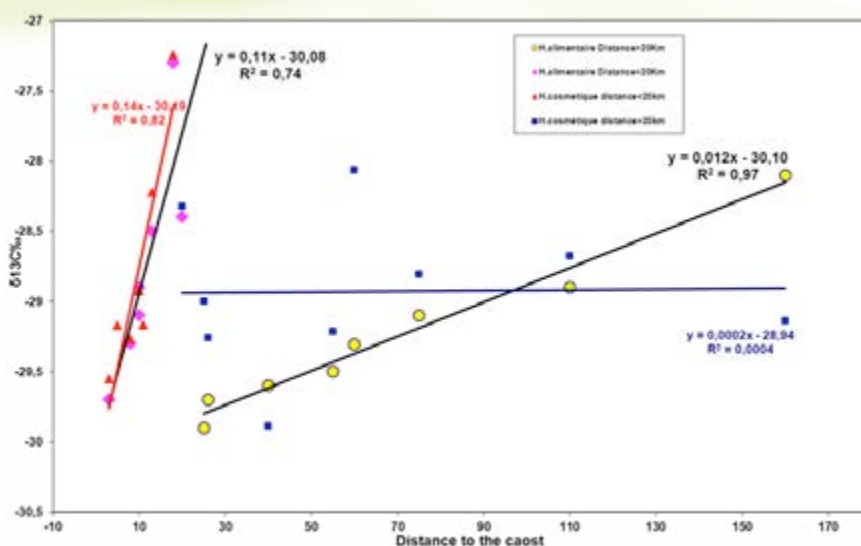


Figure3: Relationship $\delta^{13}\text{C}$ food, cosmetic oil and distance to the coast.

with the altitude for both (food and cosmetic oils). That confirms the importance of carbon stable isotopes for the traceability study.

A statistical treatment of the results obtained was performed by dendrographic classification. The hierarchical cluster analysis (HCA, figure 5) allows defining the following groups :

For the food oil :

- Group for regions at 1000 m to 11000m of altitude;
- Group for regions at 350m to 650 m of altitude;
- Group for regions at 100 to 350m of altitude.

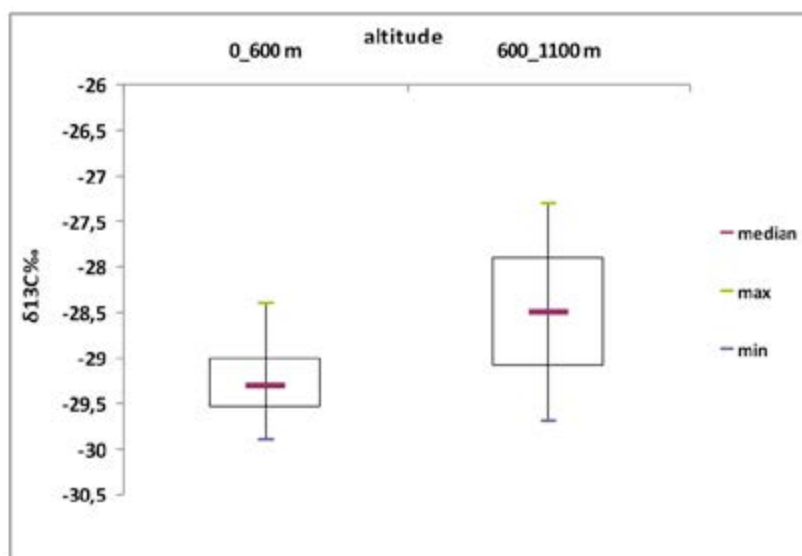


Figure 4: Box plot of ^{13}C isotope data from different altitude of Argan food oil

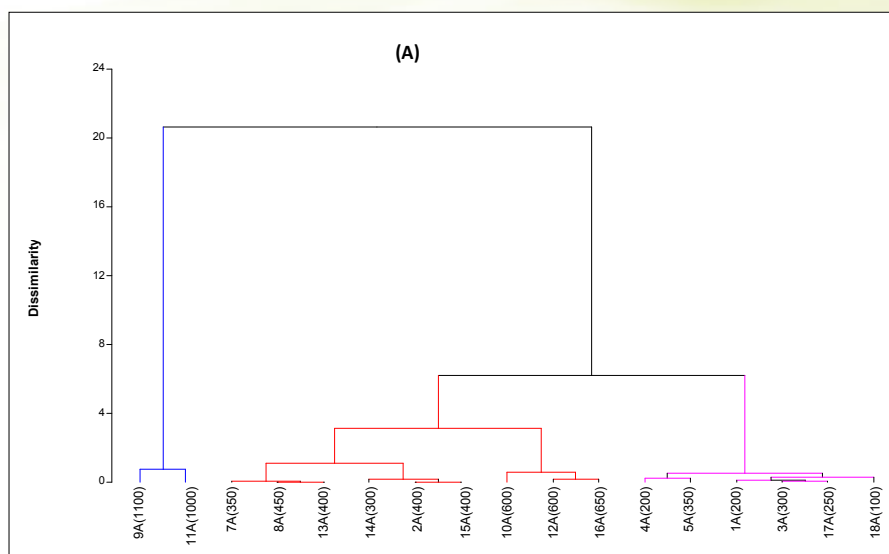


Figure 5: Dendrographic classification of Argan oil samples based on their contents of ^{13}C and altitude of seed origin: food oil

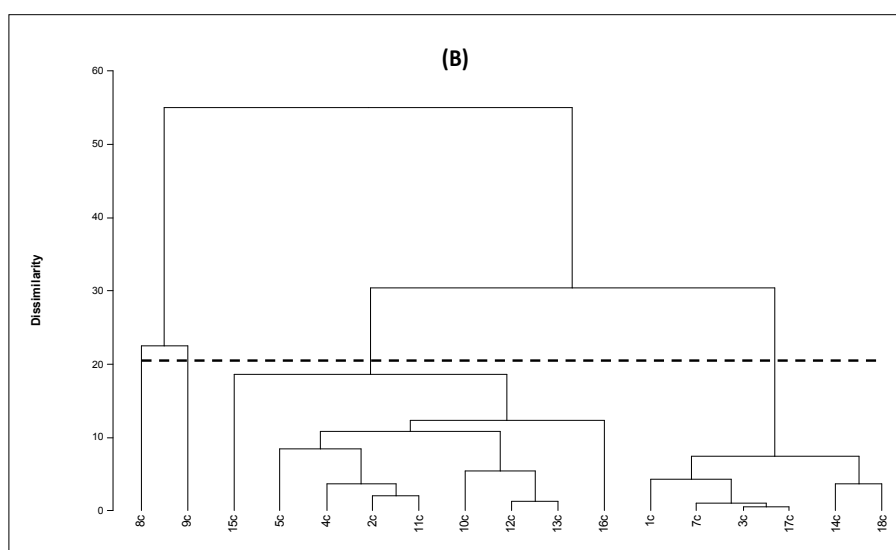


Figure 6: Dendrographic classification of the 17 samples of Argan oil based on their contents of Li, Na, Mg, K, Mn, Co, Cu, Sr, Ba, Ce, and Pb (in ppb), determined by ICP-MS: (B) Cosmetic oil.

2. Multi-element composition

The element trace technique was used to examine the dissimilarity of oils by means of HCA. The results for argan cosmetic oils are presented in figure 6.

The multi-element data give a big number of oil groups depending on the original soil nature, pH, and composition of soil where this argan plant is cultivated. The difference between the compositions of element trace composition, may be are extraction methods (during the extraction some volatile element are loss by roasting).

CONCLUSIONS

The relationship between the stable isotope (carbone-13) of Argan oil and altitude show a good correlation coefficient ($R^2=0,8$) for the high altitude (upper 600 m), this confirms the influence of climatic conditions on the $\delta^{13}\text{C}$ ratio in the vegetation. The relationship between the $\delta^{13}\text{C}$ and distance to the coast shows a significant correlation ($R^2=0.74$) with low distance (less 20km) for the food and cosmetic oil, however, it shows very good correlation with distance for the samples collected from regions more than 20km far ($R^2=0,97$) only for the

food argan oil, this result proves the influence of this parameters (distance to the coast)

The results of the ^{13}C isotope shows different origins food argan oils:

- Group for regions at 1000 to 1100 m of altitude;
- Group for regions at 350 to 650 m of altitude;
- Group for regions at 100 to 350m of altitude.

The results of the multi-element analyses data grouping some oil groups from different regions but remains to be completed by the analysis multi-element soil in each region to specify the origins of each oil.

REFERENCES

- Aramendia, M. A.; Marinas, A.; Marinas, J. M.; Moreno, J. M.; Moalem, M.; Rallo, L.; Urbano, F. J. Oxygen-18 measurement of Andalusian olive oils by continuous flow pyrolysis/isotope ratio mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 2007, 21, 487–496.
- Camin, F., Wietzerbin, K., Cortes, A. B., Haberhauer, G., Lees, M., & Versini, G. (2004). Application of multielement stable isotope ratio analysis to the characterization of French, Italian, and Spanish cheeses. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 6592–6601.
- González. A; Armenta.S; Guardia. M. Adulteration detection of argan oil by inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *Food Chemistry* 121 (2010) 878–886
- Hermann, A.; Voerkelius, S. Meteorological impact on oxygen isotope ratios of German wines. *Am. J. Enol. Vitic.* 2008, 59, 194–199.
- Kim, K. W., & Thornton, Y. (1993). Influence of Ordovician uraniferous black shales on the trace element composition of soils and food crops, Korea. *Applied Geochemistry Supplement*, 2, 249–255.
- RAHMANI M. Contribution à la connaissance de l'huile d'Argan Mémoire de 3ème Cycle, Institut Agronomique et vétérinaire, Rabat, 1979

Vers une meilleure valorisation des amandes d'arganier : effet de compensation enthalpie/entropie

Idlimam, A¹., Lamharrar, A¹., Kouhila, M¹. & Asbik, M²

¹*Equipe de l'Energie Solaire et Plantes Aromatiques et Médicinales (EESPAM), Ecole Normale Supérieure, Université Cadi Ayad, Marrakech, Maroc (aidlimam@gmail.com)*

²*Laboratoire de Physique des Matériaux et Modélisation des Systèmes (LP2MS), URAC08, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc*

RESUME

La production des PAM au Maroc se révèle aussi riche que diversifiée, ce qui constitue un important atout pour l'établissement et le développement du secteur. Plusieurs produits sont connus sur le marché international comme étant des produits typiquement marocains. Cela signifie que la profession d'exploitation des PAM au Maroc, malgré ses faiblesses, a réussi à introduire sur le marché international plusieurs produits nouveaux.

Une théorie prometteuse qui a été largement appliquée pour étudier les phénomènes physico-chimiques est la théorie de compensation enthalpie/entropie ou théorie isocinétique (Aguerre et al., 1986). Cette théorie approuve que la compensation résulte des changements naturels de l'interaction entre le corps dissous et le dissolvant causant la réaction et que le rapport entre l'enthalpie et l'entropie est linéaire.

Dans ce travail, nous nous intéressons particulièrement à l'étude expérimentale des isothermes de sorption des amandes d'arganier à 30, 40, et 50°C par la méthode gravimétrique statique. L'exploitation des isothermes de sorption nous permet de déterminer certaines propriétés thermodynamiques du produit : à savoir la chaleur isostérique ou enthalpie différentielle de sorption, l'entropie différentielle de sorption et la température isocinétique. Cette dernière indique que la réactivité de sorption du produit est contrôlée par des considérations enthalpiques.

Mots clés : *Amandes d'arganier, Enthalpie, Entropie, Teneur en eau d'équilibre, Valorisation*

ABSTRACT

Production of medicinal and aromatic plants in Morocco is rich and diverse, which is an important asset for the establishment and development of the sector. Several products are known in the international market as products typically Moroccan. This means that the profession of exploitation of medicinal and aromatic plants in Morocco, despite its weaknesses, has successfully introduced on the international market several new products.

A promising theory has been widely applied to study the physico- chemical phenomena is the theory from compensation enthalpy / entropy or isokinetic theory (Aguerre et al., 1986). This theory agrees that the compensation result of natural changes in the interaction between the solute and solvent, causing the reaction and that the relationship between the enthalpy and entropy is linear.

In this work, we are particularly interested in the experimental study of the sorption isotherms of argan almonds at 30, 40, and 50 °C by the static gravimetric method. The use of sorption isotherms allows us to determine some thermodynamic properties of the product: namely the differential isosteric heat or enthalpy of sorption, the differential entropy of sorption and the isokinetic temperature. The latter indicates that the reactivity of the sorbent product is controlled by enthalpic considerations.

Keywords: *argan almonds, enthalpy, entropy, equilibrium moisture content, Valorization.*

INTRODUCTION

L'arganier (*Argania spinosa*), famille des Sapotacée, est une essence forestière endémique localisée essentiellement dans la plaine du Souss située au sud-ouest du Maroc. Cet arbre forestier-fruitier et fourrager est une curiosité botanique et un véritable paradoxe phytogéographique (Tahrouch et al., 1998). L'arganier joue un rôle primordial dans le contexte socio-économique de la région. Il apporte à l'économie locale un rôle important en retenant dans une région aussi aride des millions d'individus, contribuant ainsi à limiter l'exode rural. Cet arbre aux bienfaits multiples appelé également arbre de fer ou olivier marocain, daterait du tertiaire, période où il était vraisemblablement répandu sur l'ensemble du Maroc. Les avancées glacières du quaternaire auraient réduit son ère vitale à la région d'Essaouira jusqu'au sud d'Agadir.

La pharmacopée traditionnelle marocaine utilise l'huile extraite de l'amande de l'arganier pour traiter l'acné, l'alopécie, l'eczéma, les boutons lors de la varicelle, les brûlures, les irritations et les gerçures. Son feuillage est utilisé pour ses propriétés anti-inflammatoires pour traiter les rhumatismes, les douleurs articulaires et les maux d'oreilles (Charrouf et Dominique, 1998).

Nous avons déterminé expérimentalement l'ensemble des isothermes de sorption de l'amande de l'arganier. En effet, la connaissance de telles informations permet de sécher l'amande d'arganier dans des conditions qui assurent son stockage et par suite sa conservation à long terme tout en gardant au mieux ses huiles essentielles et par conséquent sa qualité nutritive. En outre, des informations précieuses peuvent être tirées de ces isothermes pour l'optimisation des procédés de concentration et de déshydratation, pour la formulation de mélanges alimentaires nécessitant une limitation des transferts de vapeurs d'eau, pour l'optimisation de matériaux d'emballage barrières à l'humidité, pour la détermination des conditions de croissance des micro-organismes ou encore pour prédire la stabilité chimique ou physique en fonction de la teneur en eau du produit (Kouhila et al., 2002).

MATERIEL ET MODE OPERATOIRE

1. Mode opératoire

Pour la détermination expérimentale des isothermes de sorption des amandes d'arganier provenant de la région de Tiznit, nous avons utilisé la méthode gravimétrique statique. La régularisation de l'humidité relative est assurée par contact avec des solutions aqueuses autour desquelles la tension de vapeur d'eau, à température donnée est parfaitement connue.

Le dispositif expérimental consiste en une série de six bocaux, d'un litre chacun, remplis au quart par une solution de sel saturée (figure 1).



Bocal hermétique



Bocal hermétique avec couvercle



Figure 1 : Appareillage pour la détermination des isothermes de sorption

2. Chaleur isostérique/Enthalpie différentielle de sorption

L'enthalpie différentielle de sorption peut être calculée à partir d'une relation dérivée de l'équation de Clausius-Clapeyron (Éq.1) (Hossain et al., 2001; Veltchev et Menkov, 2000). Cette relation nécessite de déterminer les isothermes à différentes températures afin de calculer la variation logarithmique de l'humidité relative en fonction de l'inverse de la température, pour une teneur en eau d'équilibre fixée.

$\frac{\partial \ln(Hr)}{\partial \left(\frac{1}{T}\right)} = \frac{-q_{st}}{R} \quad (1)$	q_{st}	chaleur isostérique nette de sorption à la teneur en eau d'équilibre X_{eq} (kJ.mol^{-1})
	T	température absolue (K)
	R	constante des gaz parfaits ($8,3145 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$)

La chaleur isostérique nette représente l'énergie de fixation de l'eau au substrat, c'est-à-dire la chaleur supplémentaire à la chaleur de vaporisation de

l'eau pure qu'il faudrait fournir au produit pour le déshydrater. Le calcul de q_{st} peut se faire en exploitant les courbes isothermes de sorption obtenues à différentes températures. La valeur augmente généralement à mesure que le degré de déshydratation avance. Aux faibles teneurs en eau, la chaleur isostérique présente des valeurs positives dues à l'ampleur des liaisons hydrogène constituant la monocouche de fixation d'eau (Tsami, 1991). Les valeurs négatives peuvent s'expliquer par la contribution de la dissociation endothermique de glucides ou de sels minéraux dans les molécules d'eau sorbées (Saravakos, 1986; Idlimam et al., 2007).

3. Entropie différentielle de sorption

L'entropie différentielle peut être calculée à partir de l'équation de Gibbs-Helmholtz (Éq.2) où l'énergie libre de Gibbs est calculée par l'équation (3) (Beristain et al., 1996).

En substituant l'équation (3) dans l'équation (2) et en

$$(2) \quad \Delta S = \frac{q_{st} - \Delta G}{T}$$

$$(3) \quad \Delta G = RT \ln(H_r)$$

arrangeant le résultat, nous obtenons :

La méthode d'optimisation non linéaire basée sur

$$(4) \quad \ln(H_r) = \frac{-q_{st}}{RT} + \frac{\Delta S}{R}$$

l'algorithme de Marquardt-Levenberg est appliquée pour calculer l'enthalpie différentielle de sorption des fruits d'argan. L'enthalpie différentielle de sorption n'est autre que le coefficient directeur de la courbe $\ln(H_r)$ en fonction de $1/T$ pour une humidité du produit constante à R près. L'entropie différentielle, quant à elle, représente l'intersection de la courbe avec l'axe des ordonnées à R près.

4. Théorie de compensation enthalpie/entropie

Selon la théorie de compensation, le rapport linéaire entre l'enthalpie et l'entropie pour une réaction spécifique est donné par :

La température isocinétique, T_β , représente la tempéra-

$$(5) \quad q_{st} = T_\beta \Delta S + \Delta G_\beta$$

ture à laquelle toutes les réactions de la série procèdent au même taux et l'énergie libre à la température T_β , ΔG_β , fournit un critère pour évaluer si le processus de la sorption d'eau est spontanée (T_β) ou non ($+\Delta G_\beta$). Ce procédé est répété pour plusieurs valeurs d'humidité relative d'équilibre dans le but de souligner la relation entre l'entropie différentielle de sorption et la teneur en eau d'équilibre du produit étudié.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Isothermes de sorption

Les isothermes de désorption et d'adsorption expérimentales sont présentées dans la figure 2. Elle ont une allure sigmoïdale (isotherme de type II), ceci est en concordance avec le comportement des autres produits agroalimentaires et plantes médicinales et aromatiques (Iglesias et Chirife, 1982 ; Koughla et al., 1999 ; Arogba, 2001).

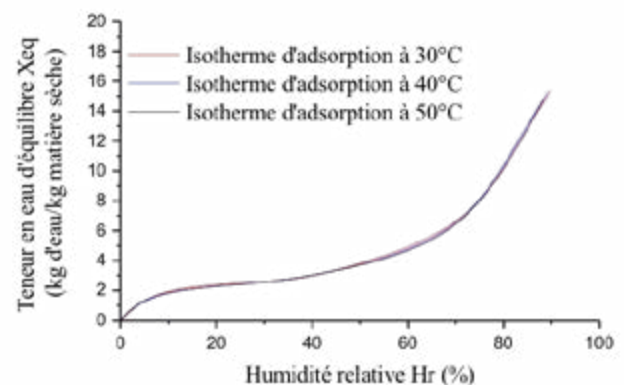
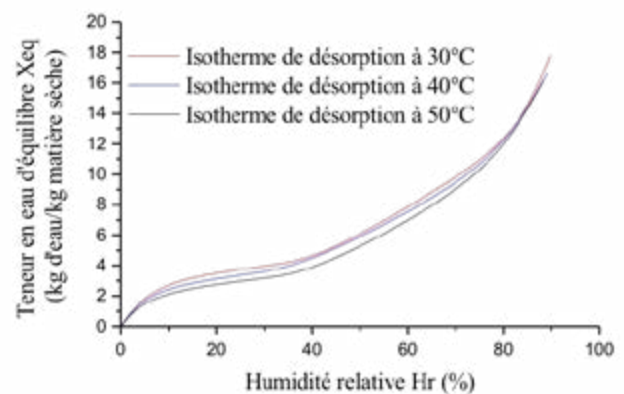


Figure 2 : Isothermes de désorption et d'adsorption dans le système fruit d'argan/eau

Les courbes expérimentales obtenues montrent que pour une même humidité relative, la teneur en eau d'équilibre augmente quand la température diminue. Elles montrent aussi que pour une humidité relative constante, la teneur en eau de désorption est supérieure à celle d'adsorption. Ce phénomène est expliqué en considérant que les pores de structures rigides sont liés avec le milieu ambiant par capillarité. Lors de l'adsorption, les capillaires fins désorbent l'eau puisque le milieu ambiant a une humidité relative plus grande que celle des pores. Quand la pression partielle de la vapeur d'air devient supérieure à celle du liquide dans les capillaires, l'humidité change à l'intérieur des pores (Kessler, 1981).

2. Enthalpie différentielle de sorption

La figure 3 présente l'enthalpie différentielle de sorption des amandes d'arganier. Cette courbe montre que la chaleur isostérique est plus importante pour les faibles valeurs de la teneur en eau, ce qui illustre la forte liaison de l'eau avec le substrat, et elle devient négligeable devant la chaleur latente de vaporisation de l'eau pour des teneurs en eau élevées. L'énergie nécessaire au processus de désorption est supérieure à l'énergie nécessaire au phénomène de l'adsorption.

Les valeurs obtenues expérimentalement ont été corrélées avec satisfaction par les relations empiriques suivantes :

$q_{st}(des)$ (kJ.mol ⁻¹)	$q_{st}(ads)$ (kJ.mol ⁻¹)
$10,5670-1,3084X_{eq}+0,0414X_{eq}^2$ (6) $r=1$	$2,9380-0,4025X_{eq}+0,0141X_{eq}^2$ (7) $r=1$

3. Entropie différentielle de sorption

L'entropie mesure le degré de désordre d'un système au niveau microscopique. Plus l'entropie du système est

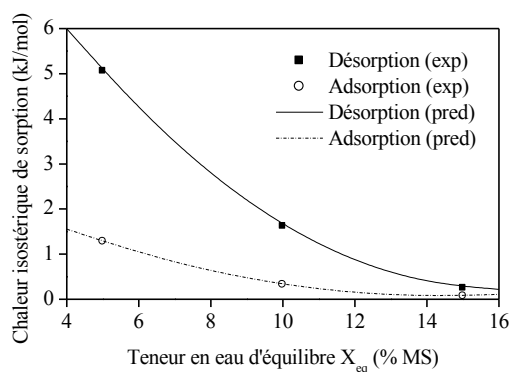


Figure 3 : Enthalpie différentielle d'adsorption et de désorption en fonction de la teneur en eau d'équilibre.

élevée, moins ses éléments sont ordonnés, liés entre eux, et plus grande est la part de l'énergie inutilisée.

L'entropie différentielle a un lien avec la surface typique du produit. La surface typique de la sorption d'un produit a un rôle important dans la détermination des propriétés de liaison de l'eau aux produits agroalimentaires.

La figure 4 présente l'entropie différentielle d'adsorption et de désorption des amandes de l'arganier pour les températures de 30, 40 et 50°C.

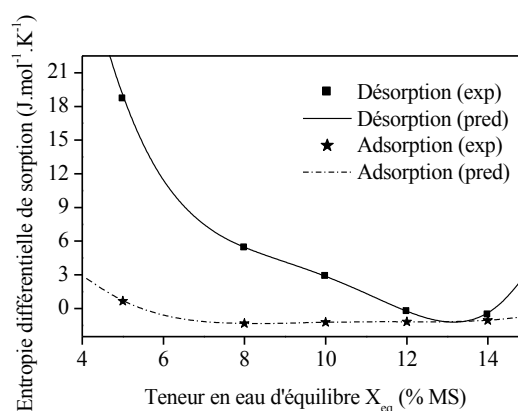


Figure 4 : Entropie différentielle de la sorption en fonction de la teneur en eau d'équilibre.

$\Delta S(des)$ (J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	$\Delta S(ads)$ (J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
$199,1886-76,9336X_{eq}+11,5678X_{eq}^2$ $-0,7768X_{eq}^3+0,0193X_{eq}^4$ (8) $r=1$	$32,1906-13,1927X_{eq}+1,9106X_{eq}^2$ $-0,1207X_{eq}^3+0,0028X_{eq}^4$ (9) $r=1$

4. Théorie de compensation

Le processus de compensation enthalpie-entropie manifeste thermodynamiquement la structuration-déstructuration de l'eau. La connaissance du changement de la chaleur isostérique, et donc aussi du changement d'entropie différentielle, est intéressante car elle offre un niveau d'information supplémentaire pour caractériser l'association de deux molécules. Selon cette théorie, le rapport linéaire entre l'enthalpie et l'entropie pour une réaction spécifique est donné par l'équation 5.

CONCLUSION

La nature de l'interaction eau-fruit d'argan est mise en évidence dans l'enthalpie différentielle de sorption des amandes d'arganier. L'énergie nécessaire au processus de désorption est supérieure à l'énergie nécessaire au phénomène de l'adsorption.

La surface typique des amandes d'arganier est soulignée

par l'entropie différentielle. La surface typique de la sorption d'un produit a un rôle important dans la détermination des propriétés de liaison de l'eau aux produits agroalimentaires. L'allure générale des courbes est la même que pour l'enthalpie différentielle

Des changements relativement plus importants se font sentir dans les termes enthalpiques et entropiques; toutefois, ces derniers se compensent et il est possible qu'ils soient principalement le résultat de différences dans la structure de l'eau à périphérie du produit et du site qui se combine, tant avant qu'après la sorption.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aguerre R J, Suarez C & Viollaz P E, 1986. Enthalpy-entropy compensation in sorption phenomena: application to the prediction of the effect of temperature on food isotherms. *Journal of Food Science*, vol. 51(6), pp. 1547-1549.
- Arogba S S, 2001. Effect of temperature on the moisture sorption isotherms of a biscuit containing processed mango (*Mangifera indica*) kernel flour, *Journal of Food Engineering*, vol. 48(2), pp. 121-125.
- Beristain C.I., Garcia H.S. & Azuara E. (1996). Enthalpy entropy compensation in food vapour adsorption. *Journal of Food Engineering*, vol. 30 (3-4), pp.405-415.
- Charouf, Z., Dominique, G. (1998). Ethnoeconomical, ethnomedical and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) skeels. Elsevier – *Journal of Ethnopharmacology*.
- Hossain M.D., Bala B.K., Hossain M.A. & Mondol M.R.A. (2001). Sorption isotherms and heat of sorption of pineapple, *Journal of Food Engineering*, vol. 48(2), pp. 103-107.
- Idlimam A., Lamharrar A., Abdenouri N., Kane C.S. Ethmane, Akkad S., Jamali A. & Kouhila M. (2007). Thermodynamic Properties and Moisture Sorption Isotherms of *Argania spinosa* and *Zygophyllum gaetulum*, *Journal of Agronomy*, vol. 7(1), pp. 1-14.
- Iglesias H.A., Chirifie J. (1982a). Water sorption parameters for food and food components, *Handbook of food isotherms*, Academic Press, New York.
- Kessler H. G. (1981). Drying: instantizing. In: *Food engineering and dairy technology* (Verb A Kessler, ed). Freising, 320-321.
- Kouhila, M., Kechaou, N., Otmani, M., Fliyou, M., Lahsasni, S. (2002). Experimental study of sorption isotherms and drying kinetics of Moroccan *Eucalyptus globules*. *Drying Technology*, 20, 2027-2039.
- Kouhila M., Belghit A. & Daguene M. (1999). Approche expérimentale des isothermes de sorption de la menthe en vue d'un séchage par énergie solaire, *Revue des Energies*
- Saravakos, G. (1986). Mass Transfer Properties of Foods. In: *Engineering Properties of Foods*. Marcel Dekker, New York. p 89.
- Tahrouch, S., Mondolot, C.L., Idrissi Hassani, L.M. et Andary C. (1998). Les flavonoides de *Argania spinosa*. The 2nd International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry. ECSOC-2.
- Tsami E. (1991). Net isosteric heat of sorption in dried fruits, *Journal of Food Engineering*, vol. 14(4), pp. 327-335.
- Veltchev Z.N. & Menkov N.D. (2000). Desorption isotherms of apples at several temperatures. *Drying Technology*, vol. 18(4-5), pp. 1127-1 137.

Quels sens donner à la dégustation des produits de terroir? Le cas du chevreau de l'arganier : enseignements et perspectives

Chatibi S. et Sorba J.M.

Laboratoire de Recherches sur le Développement de l'Élevage- INRA - SAD France

RESUME

L'originalité et la localisation des systèmes d'élevage caprins dans l'écosystème de l'arganeraie du sud du Maroc suggèrent de fonder la qualification du chevreau sur les pratiques d'élevage et sur les usages de consommation des communautés pastorales. Pour assurer durablement cet ancrage et l'appropriation du projet d'Indication Géographique «chevreau de l'arganeraie», l'article présente une méthodologie qui vise à intégrer les critères locaux d'évaluation du produit au processus de qualification. Les enseignements de l'enquête conduite aux différents maillons de la filière (animaux sur pied, carcasses, morceaux de viande et préparation culinaire en tajine) à l'occasion de la 2ème édition de la foire d'Essaouira aboutissent à l'élaboration d'une méthodologie centrée sur les « savoir évaluer ». Cette dernière intègre les enjeux d'une qualification durable et maîtrisée par les acteurs locaux. La dégustation collective objective et formalise les liens qui unissent les «savoir évaluer» des différents opérateurs de la qualification. Le descriptif sensoriel élaboré constitue un instrument d'apprentissage et de reconnaissance mutuelle entre les différents opérateurs et connecte leur registre de savoir. Il traduit les accords entre les partenaires et scelle les liens entre le cahier des charges à l'amont et l'argumentaire commercial à l'aval. Le dispositif d'évaluation ainsi élaboré fournit une maîtrise accrue de la qualification notamment dans les moments d'ouverture de la filière locale à des marchés extérieurs à la zone.

Mots clés (5) : *Chevreau de l'arganeraie ; qualification ; dégustation ; descriptif sensoriel*

ABSTRACT

The originality and the location of goat breeding systems in the ecosystem of the arganery of southern Morocco suggest basing qualification kid on farming practices and on consumer uses of pastoral communities. To ensure sustained this anchoring and ownership of the project under the Geographical Indication kid of the arganery, the paper presents a methodology that aims to integrate local product evaluation process to qualification criteria. The findings of the survey conducted at different stages of the value chain (live animals, carcasses, meat cuts and food preparation tajine) on the occasion of the second edition of the fair of Essaouira lead to the development of methodology focuses on "knowledge assessment". The latter incorporates the challenges of sustainable qualification a controlled by local actors. The objective collective tasting formalizes links between "knowledge assessment" of the different operators of the qualification. Sensory descriptive developed is a learning and mutual recognition between different registers of knowledge instrument. It reflects the agreements between partners and seals the relationship between the specifications upstream and sales pitch downstream. The evaluation system developed and provides greater control of the qualification including the opening of the local industry to markets outside the zone times.

Key words : *Kid goat of arganery; qualification; tasting; sensory descriptive.*

INTRODUCTION

L'arganeraie est un vaste écosystème diversifié en même temps que le territoire de production de nombreux produits dont l'huile d'argan et le chevreau. Loin d'être par essence antagonique, cette double richesse à la

fois écologique et socioéconomique suppose pour être durablement valorisée, une définition conjointe des produits et des milieux. Pour l'heure, le chevreau de la région apparaît comme sous-valorisés au regard de la valorisation de l'huile et de la notoriété de l'arganeraie.

Ce constat conduit aujourd'hui les administrations publiques, une organisation professionnelle et un groupe de producteurs de la zone à s'engager dans un processus de certification officielle du chevreau de l'arganeraie. Le projet nécessite que les acteurs locaux s'engagent dans une qualification du produit afin de rendre possible la mise en place d'un dispositif d'évaluation et de contrôle (Chatibi, 2011).

L'article propose une méthodologie d'accompagnement de la qualification du chevreau centrée sur le processus de définition de ses qualités sensorielles. L'approche proposée essaie de répondre aux enjeux de la certification officielle en attribuant un rôle stratégique aux opérations de définition du goût dans les dispositifs d'évaluation et de contrôle des produits.

Un premier enjeu porte sur la maîtrise du pouvoir généré par les opérations de qualification et plus particulièrement de celui que confèrent la définition et le contrôle des produits. Plusieurs travaux font état d'une forme d'éviction d'une partie des producteurs des dispositifs de décisions techniques et organisationnelles. Se pose ici la question de la participation des acteurs locaux, dans leur diversité, à la qualification des liens du produit avec les activités d'élevage. Par qui et comment doit être enclenché le processus de qualification du chevreau de l'arganeraie ?

Un deuxième enjeu tient à la qualification des liens (leur nature, leur force et leur stabilité) qui associent le produit à son origine. Le cahier des charges fixe de façon officielle les liens qui comptent aux yeux des acteurs entre le produit et les pratiques productives spécifiques de l'aire géographique de référence. Quelles composantes de l'élevage faut-il retenir pour donner la force nécessaire aux liens qui associent le produit à l'arganeraie ?

Enfin, il est fréquent que la définition locale des produits soit pour partie ou en totalité en tension avec d'autres critères de qualité rendus nécessaires pour accéder à de nouveaux marchés. Les repères utilisés localement se révèlent inefficaces voire invalides lorsque le produit est déplacé à l'extérieur de son lieu de production et de consommation habituel. Un processus de dissociation des activités d'amont avec l'aval est décrit lorsque les opérateurs locaux ne participent en aucune manière aux opérations marchandes (Michon et al., 2012). Il s'en suit un enjeu de maîtrise de la qualification marchande par les opérateurs locaux.

L'article présente une méthodologie qui cherche à connecter les pratiques de production aux usages de consommation en faisant jouer un rôle central aux activités de définition et d'évaluation du goût.

Le chevreau de l'arganier de la Province d'Essaouira présente les caractères d'un produit domestique. Les repères de la qualification locale ne sont pas explicités. Les savoirs utilisés pour juger de la connexion entre les pratiques productives et les usages de consommation demeurent opaques et inutilisables par des opérateurs extérieurs à la « communauté de l'arganeraie ». Une telle situation conduit à un confinement du produit qui interdit toute saisie collective et qui entraîne une sous-valorisation du produit.

Dans une première partie, les différentes composantes de la méthodologie sont présentées ainsi que les conditions de leur mise à l'épreuve dans le cadre de la foire d'Essaouira (Edition 2012). Dans une deuxième partie sont présentées les principaux enseignements de cette confrontation en vraie grandeur avec quelques acteurs de l'activité. Enfin, la méthodologie est discutée dans la perspective d'un enrichissement de la problématique par la mise en marché du chevreau à l'extérieur de la zone.

MATERIELS ET METHODES

1. Objectifs

L'objectif est d'extraire les repères sensoriels mobilisés par les opérateurs locaux (éleveurs, transformateurs, métiers du marché, cuisiniers et consommateurs) pour définir les qualités et les défauts du chevreau ainsi que les causes de leur apparition. Les dégustations permettent d'identifier les descripteurs qui connectent les différents états du produit « chevreau de l'arganeraie » (chevreau sur pied - carcasse - morceau - viandes fraîches nécessaires au jugement de l'aliment final : le « tajine à la viande de chevreau de l'arganeraie »).

2. L'enquête

a) Le produit de référence : notion de « chevreau de l'arganeraie idéal »

Chacun des informateurs, éleveurs, opérateurs ou consommateurs est enquêté en prenant pour référence le chevreau de l'arganeraie qu'il considère comme idéal. Cette référence interne est supposée recouvrir une variété irréductible spécifique du type.

b) Les produits soumis à l'enquête

Suite aux entretiens avec les éleveurs, deux animaux âgés de 6 et 12 mois et deux autres âgés de 14 à 24 mois ont été choisis pour leur représentativité du système de production.

c) Les conditions de l'évaluation des viandes de chevreau : le tajine

Le chevreau de l'arganeraie est très majoritairement utilisé comme viande à tajine ou en grillade. Le tajine a donc été choisi comme modèle culinaire pouvant exprimer le mieux les qualités de la viande.

d) Les moments de l'enquête

Afin de reconstituer les liens établis par les opérateurs depuis les activités d'élevage jusqu'à la consommation du produit, l'enquête porte sur les jugements formulés à quatre moments de l'élaboration de l'aliment. Ces étapes stratégiques sont:

- Le tri des animaux par l'éleveur,
- L'abattage des chevreaux,
- La préparation des viandes et des tajines,
- La dégustation collective.

e) Méthodes utilisées :

- L'observation directe commentée :

Elle consiste à associer à un entretien cognitif et compréhensif une observation directe du cours d'action. L'opérateur enquêté commente ses pratiques selon les consignes d'une trame d'entretien proposée par l'enquêteur.

- La dégustation collective :

Il s'agit de créer une situation favorable à l'expression des différents jugements du chevreau de l'arganeraie préparé en tajine afin d'identifier les différents registres de qualification, les points de divergences et les accords sur les qualités du produit à retenir. A cet effet, le groupe est composé d'éleveurs, de bouchers et de connaisseurs (consommateurs réguliers) originaires de la région. Plusieurs épreuves sont mises en œuvre (épreuve de différence, épreuve d'authenticité du «chevreau de l'arganeraie idéal», épreuve descriptive, et concertation finale sans le produit).

3. Mode de recueil des données

Les commentaires et les échanges sont enregistrés in extenso pour être ensuite analysés et traités en vue de l'extraction des critères de définition. Aucun registre du discours, symbolique, pratique, religieux etc. n'est écarté a priori.

RESULTATS ET DISCUSSION

Il n'est pas possible de dresser à l'issue d'une seule enquête et surtout d'une seule dégustation une liste de descripteurs permettant de connecter les qualités perçues aux pratiques de production. De même, il serait imprudent de conclure à l'existence de registres de savoirs différents déterminant eux-mêmes des repères de qualité distincts selon l'activité des opérateurs et des dégustateurs (éleveurs, bouchers et connaisseurs).

Compte-tenu des enjeux repérés, les enseignements que nous tirons de la mise à l'épreuve de la méthodologie concernent l'apport des activités de définition des qualités sensorielles dans le processus général de la qualification du chevreau.

1) La formalisation des relations entre les différents savoirs productifs

Lorsque l'éleveur est questionné sur les qualités du chevreau, les réponses sont toujours référées à des qualités attendues de l'opérateur avec lequel il est directement en contact à son aval. Aussi, les «savoir évaluer» à caractère professionnel, qui s'expriment pour la plupart par des perceptions sensorielles, sont donc orientés vers l'échange. En ce sens, ils constituent d'excellents moyens pour rendre compte des liens entre les différents états du produit: animal sur pieds, carcasse, morceaux à préparer, viandes consommées. Les entretiens individuels administrés dans les cours d'action permettent d'identifier, à l'échelle de la pratique, les critères mobilisés tout au long de la filière de production. Ces derniers constituent ensuite une matière précieuse pouvant être formalisée dans les phases collectives de jugement comme la dégustation des produits. Ces traces, qui matérialisent les actes techniques réalisés et qui prédisent le succès ou l'échec des actes à venir, peuvent également fonder de façon réaliste le cahier des charges sur la base des liens entre les différentes opérations.

2) Les apprentissages entre pairs et entre les différents opérateurs de la qualification

L'expérience acquise sur d'autres terrains que celui du chevreau de l'arganeraie montrent qu'il n'est pas rare que les différents opérateurs connaissent mal les savoirs mobilisés par les autres acteurs. Ainsi, il est très fréquent que les producteurs, notamment de viande, aient une faible connaissance des critères mobilisés par les consommateurs. Il en résulte une difficulté de positionner les qualités de leur propre produit. En provoquant une situation de comparaison des produits au motif d'une dégustation, des apprentissages entre pairs mais également entre opérateurs peuvent se réaliser. Ce fait est d'importance. En prenant pour instrument de la qualification le produit lui-même, les effets de positions professionnelles ou sociales sont réduites au profit d'une objectivation des qualités du chevreau. La figure du chevreau idéal conforte le travail de détachement nécessaire à la formalisation des qualités.

3) L'appropriation de la démarche de qualification par l'exercice collectif du jugement

La qualification des produits ne peut se réduire à l'expression juxtaposée d'intérêts individuels ou corporatistes. On observe dans de nombreux cas que le renouvellement des dégustations collectives, qui mettent en coprésence l'ensemble des acteurs de la qualification et la variété des produits, est à l'origine de nouvelles solidarités liées à l'appropriation du projet. L'exercice collectif du jugement donne une consistance pratique et éprouvée à ce travail d'appropriation, souvent bien plus que les réunions des instances de décision. On peut attendre de ces réunions, souvent sans précédent, le point de départ de l'action collective de la qualification.

4) Le descriptif sensoriel comme un instrument de définition des liens du produit avec les pratiques de production

En plaçant le produit au cœur de la construction des accords, la situation de dégustation participe à l'objectivation des qualités. Le descriptif sensoriel constitue l'instrument qui matérialise les accords produits par le groupe gestionnaire de l'indication géographique. Il permet au groupe de se doter d'une représentation collective formelle susceptible d'être mise à l'épreuve d'autres jugements. En ce sens, il constitue un instrument de gestion et de contrôle des produits. Le descriptif sensoriel permet ainsi d'identifier les relations qui comptent entre les qualités du produit et les pratiques de production et de transformation (Corrales, 2013). Il constitue le lien entre le cahier des charges et le produit qualifié.

5) Le descriptif sensoriel comme un instrument de référence pour la maîtrise des nouveaux marchés

En déplaçant les produits de la zone d'origine vers d'autres zones de consommation, nous avons vu que d'autres opérateurs agissent pour défaire les liens domestiques unissant les pratiques productives aux usages locaux afin d'en créer de nouveaux et de rendre possibles d'autres usages. Dans ce travail de détachement et d'attachement nécessaire à l'extension de l'espace de valorisation du produit sont construits de nouveaux repères de qualification (Callonet al, 2000). Nous proposons d'identifier trois catégories de mots constitutifs du descriptif : les mots de liaisons qui traduisent les liens entre les pratiques productives et les qualités ; les mots de refus qui expriment les défauts du produit jugés réducteurs et enfin les mots de valorisation qui traduisent les relations entre les qualités du produit et ses usages marchands ou de consommation.

CONCLUSION

La forte originalité du mode d'élevage et sa localisation au sein d'un écosystème lui même très original suggèrent de fonder la qualification du chevreau sur les pratiques d'élevage et sur les usages de consommation des communautés pastorales. Pour assurer durablement cet ancrage et l'appropriation du signe de qualité, la méthodologie présentée vise à identifier les critères locaux d'évaluation de la viande au cours d'une dégustation de tajine. L'article propose une méthodologie se fondant sur une approche pragmatique centrée sur la définition du goût des produits. La définition du goût est appréhendée comme un opérateur stratégique de la connexion des pratiques de production aux usages de consommation locaux et extérieurs. Parce qu'elle se fonde sur des savoirs locaux maîtrisés par les acteurs du territoire, la méthodologie peut servir de point d'appui pour une maîtrise locale des activités de définition du chevreau. Sa finalité est de renforcer les dispositions cognitives et par là les capacités de décision des opérateurs locaux, en particulier des éleveurs producteurs des chevreaux de l'arganeraie. Par sa conception, elle intègre les savoirs produire et les savoirs liés aux usages (marchands et de consommation) à la définition du produit.

BIBLIOGRAPHIE

- Callon Michel, Méadel Cécile, Rabeharisoa Vololona, 2000. L'économie des qualités. In: Politix. Vol. 13, N°52. Quatrième trimestre pp. 211-239.
- Corrales Marianna, 2013. Élaboration d'un descriptif sensoriel du brocciu aop : un lien entre les pratiques de production et les usages de l'aliment, Master alimentation, ISTH, sous la Direction de Bernard Mondy et Jean Michel Sorba, Toulouse.
- Chatibi Said, 2011. La filière viande bovine au Maroc : quelle place pour l'élevage traditionnel et quelles bases de qualification pour la viande locale ? Thèse de doctorat en Sciences économiques. Corte, 2011. Sous la direction de Araba Abdelilah et de Thierry Linck.
- Linck T., Bouche R., Casabianca F., 2009. Brocciu : une appellation pour désapprendre. Les produits de terroir, les indications géographiques et le développement local durable des pays méditerranéens Montpellier : CIHEAM, p. 199-212 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 89).
- Dubeuf Brigitte et Sorba Jean Michel, 2002. La qualification locale des productions patrimoniales:

Un dialogue entre pratiques productives et usages locaux de consommation, Colloque SYAL, Montpellier 16-17-18 octobre 2002.

Sorba Jean Michel, 2008. Du goût de l'origine aux origines des goûts : Le goût, un opérateur actif de la qualification des produits référés à une origine - Rencontre Laboratoire de Dynamiques Rurales – LRDE Toulouse avril 2008.

Michon Geneviève, Simenel Romain, Sorba J.M., 2012. Forêts domestiques, savoir-faire et savoirs naturalistes : quelles natures, quelles démarches, pour quels patrimoines ?. In : Fazi A. (dir.), Furt J.M. (dir.) Vivre du patrimoine : un nouveau modèle de développement ? Paris : L'Harmattan, 2012, p. 533-552. ISBN 978-2-296-54964-7.

Présélection pour le rendement en huile et la composition en acides gras chez l'arganier sous différentes conditions environnementales

Ait Aabd N., El Asbahani A., El Alem Y., Achour A., Defaa C.M., Boubaker H. & El Mousadik A.*

Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Laboratoire de Biotechnologies et Valorisation des Ressources Naturelles (LBVRN), BP 8106, 80000 Agadir, Maroc.

Email : aitaabdnaïma@gmail.com; eabdelhafed@gmail.com; y_elalem@yahoo.fr; achourahmed2005@yahoo.fr; defaa.maarif@gmail.com; elmousadik@uiz.ac.ma

RESUME

Parmi les critères les plus valorisants de l'arganier, figure son huile extraite à partir des fruits. La présente étude cherche à travers le choix de sites pilotes, à présélectionner des arbres hautement productifs et d'évaluer la variabilité du rendement en huile extrait par la voie chimique au soxhlet et de sa composition en acides gras par chromatographie en phase gazeuse sur trois campagnes (2008, 2009 et 2010). Pour le rendement en huile, la variation obtenue à partir de 150 arbres représentant cinq provenances à raison de 30 arbres (Had Dra de la région d'Essaouira, Alma de la région d'Agadir Idaoutanane, Biougra de la province de Chtouka Ait Baha, Aoulouz de la province de Taroudant et Lakhssas appartenant à la province de Tiznit). Les arbres présélectionnés pour l'étude sur trois ans ont été choisis à partir des résultats comparatifs de 820 extraits d'huile d'argan où la teneur en huile varie de 38,45 à 62,54%. Ainsi, les génotypes d'Aoulouz et de Had Dra ont un rendement élevé en huile. L'héritabilité au sens large pour le rendement en huile est très élevée ($<0,93$). L'analyse en composantes principales a prouvé que les caractères liés aux fruits, aux graines et aux amandes sont en corrélation avec la teneur en huile. Pour tous les génotypes élites, au moins 25 % ont été jugés performants en production. Ainsi, 31 génotypes élites prometteurs ont été présélectionnés et méritent d'être testés dans des essais comparatifs de provenances et de descendances. 20 génotypes parmi les sélectionnés ont été choisis et évalués pour la composition en acides gras pendant trois ans. La composition en acides gras saturés (C14: 0; C16: 0; C18: 0; C20: 0) varie de 19,53% à 20,29%, avec une faible proportion à Had Dra et Biougra par rapport aux autres provenances. La proportion en acides gras insaturés totaux varie de 79,56% à 80,29%, avec un pourcentage plus élevé des mono-insaturés (C16: 1; C18: 1; C20: 1) (47,60%) pour la provenance d'Aoulouz et un pourcentage plus élevé des acides gras polyinsaturés (C18: 2, C18: 3) (35,53%) pour la provenance de Biougra. L'étude a démontré aussi une contribution significative des conditions environnementales dans la variation de la composition en acides gras prouvé par une héritabilité modérée.

Mots clés : *Argania spinosa* - Provenances - Rendement en huile - Acides gras - Présélection.

INTRODUCTION

L'arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeel.), est l'unique espèce du genre *Argania*, famille des sapotacées. C'est une essence spécifiquement marocaine, à affinités tropicales. Classée la troisième essence forestière par la superficie après le chêne vert et le thuya (Chriqi et al., 2003). C'est un arbre essentiellement xérophile et thermophile, de bioclimat aride à semi-aride. Le comportement de l'arganier vis-à-vis des conditions climatiques est variable selon le

génotype. Sur importance capitale réside dans son rôle socio-économique et écologique dans des zones fragiles, caractérisées par la pauvreté et l'instabilité de leur population. Il constitue une essence végétale aux propriétés multiples, toutes ses parties étant utilisées. Il est devenu un patrimoine international, classé en 1998 par UNESCO comme «réserve de la biosphère».

Il est partout reconnu d'un grand intérêt oléagineux, son principal produit reste son huile,

où 90% sont produits par cette espèce. Les fruits sont systématiquement récoltés et utilisés par les populations autochtones d'arganerie et par les coopératives féminines pour l'extraction d'une huile alimentaire et cosmétiques très fortement recherchée. De nombreuses études ont été réalisées pour la détermination de la composition chimique des produits d'arganier et plusieurs ont prouvé la richesse de ses produits en substances actives (Charrouf and Guillaume, 1999; Cherki et al., 2005; Drissi et al., 2006; Gharby et al., 2011; Khallouki et al., 2003). Cependant, sa situation est alarmante et différentes formes de dégradation de l'écosystème arganeraie sous l'effet combiné de l'homme et des conditions naturelles. Ainsi, l'évaluation des performances productives sous différentes conditions environnementales est importante pour établir des stratégies et des programmes d'amélioration.

Dans ce contexte d'étude, et avec l'appui des populations locales, des prospections et collectes ont été réalisées dans des sites représentant les cinq principales provinces de l'arganeraie, à travers le choix de sites pilotes appartenant à différentes situations écogéographiques. Ainsi, l'identification de peuplements ou d'arbres intéressants permettra l'orientation des actions de reboisement à partir des ressources à haute valeur ajoutée, notamment par la caractérisation des potentialités productives en huile et la facilité de concassage des graines.

MATERIEL ET METHODES

1. Sites d'étude

Cinq provenances appartenant aux cinq principales provinces de l'arganier (Had Dra/ Essaouira, Aoulouz/ Taroudant, Alma/Agadir Ida Outanane, Biougra/ Chtouka Ait Baha et Lakhsas/Tiznit) (Fig.1), ont été choisis selon une étude prospective, qui a fait intervenir différents acteurs de développement locaux (Coopératives Féminines, Associations de Développement Locales, Réseau des Associations de la Réserve de Biosphère Arganeraie «RARBA», Agence de Développement Social, Direction régionale des Eaux et Forêts Agadir et l'Association Agrotech). 150 arbres ont été choisis et localisés par un GPS, à raison de 30 arbres par provenance. Pour chaque provenance un interlocuteur a été choisi pour la coordination et le suivi sur le terrain durant les 3 années d'étude.

2. Evaluation de la variabilité pour le rendement et présélection d'arbres "plus"

Extraction chimique d'huile en utilisant la méthode de Soxhlet avec deux répétitions par arbre. Le rendement



Fig.1. Répartition géographique de cinq provenances étudiées.

en huile (RH) est exprimé en % de poids massique pour chaque arbre (Ait Aabd et al., 2013a).

3. Evaluation de la composition chimique en acides gras

L'analyse des proportions en acides gras par la chromatographie en phase gazeuse a été menée sur 20 arbres-élites, issus de quatre provenances (Aoulouz, Had Dra, Biougra et Lakhsas). Donc, vingt échantillons ont été évalués chaque année. Pour chaque échantillon, le mode opératoire réalisé, spécifie une méthode de préparation des esters méthyliques d'acides gras (Ait Aabd et al., 2013b).

4. Analyse des données

Les données du rendement en huile de 840 échantillons et les proportions relatives des 9 acides gras sont traitées par des analyses unies et multivariées, selon les facteurs de variation suivants: facteur année, facteur provenance, facteur arbre dans la provenance, et leurs interactions.

RESULTATS

La variation du rendement en huile peut aller de 38% à 63% à l'échelle de 150 arbres (Tableau 1). Le coefficient de variation le plus élevé a été enregistré pour la provenance d'Alma et de Lakhsas. Il est, également, à noter que nos résultats ont montré que 29.33 % des individus ont un rendement en huile inférieur à 50% ; 65.33% ont un rendement en huile compris entre 50% et 55% et finalement 5.33% ont un rendement en huile supérieur à 55 %.

L'analyse en composantes principales montre que le poids des fruits, le poids et la taille des graines et

des amandes sont corrélés avec la teneur en huile et il n'existe pas de corrélation précise entre celle-ci et l'origine géographique. Les analyses uni et multi-variés utilisées montrent que l'origine géographique n'est pas en relation de cause à effet sur le rendement en huile, on peut trouver des génotypes hautement productifs soit dans la plaine ou dans la montagne, et cette variation ne suit aucun gradient altitudinal. La même conclusion a été tirée concernant l'absence de relation entre la teneur en huile et la forme des arbres, des fruits et des graines. A l'issu de ce travail, pour tous les génotypes évalués (150 arbres), on peut retenir qu'au moins 25% dépassent la moyenne en rendement d'huile après évaluation sur 3 ans, ce qui correspond à la présélection de 31 génotypes « élites », ouvrant ainsi de nouvelles voies pour les futurs essais comparatifs multi-clonaux.

L'analyse des proportions en acides gras par la chromatographie en phase gazeuse a été menée sur 20 arbres-élites, issus de quatre provenances (Aoulouz, Had Dra, Biougra et Lakhsas). Neuf acides gras ont

été détectés et retenus pour l'étude (Tableau 2), dont quatre acides gras saturés (acide myristique C14:0, acide palmitique C16:0, acide stéarique C18:0 et acide arachidique C20:0), trois acides gras mono-insaturés (acide palmitoléique C16:1, acide oléique C18:1 et acide eicosénoïque C20:1) et deux acides gras polyinsaturés (acide linoléique C18:2 et acide linoléique C18:3). Deux acides gras sont très majoritaires : l'acide oléique (45.40%) et l'acide linoléique (34.05%), ils représentent 79.45% des acides gras totaux contenus dans les huiles analysées. L'acide palmitique et l'acide stéarique sont classés au 2ème rang avec des pourcentages relatifs respectifs de 13.12 et 6.23%. Les acides palmitoléique (0.11%) Linoléique (0.11%) myristique (0.15%), eicosénoïque (0.32%) et arachidique (0.37%) sont très minoritaires et peu représentatifs des acides gras chez l'arganier.

La comparaison basée sur le test de Newman et Keuls au seuil de 5% ; selon les proportions en acides gras saturés et insaturés chez les quatre provenances

Tableau 1. Rendement en huile par année et par provenance.

Provenance	Année	Effectif	Moyenne $\pm$ ET	Min - Max	CV (%)
Aoulouz	A1	60	52.98 $\pm$ 1.87	48.79 - 57.79	3.54
	A2	60	52.09 $\pm$ 0.33	46.76 $\pm$ 56.77	3.38
	A3	60	53.64 $\pm$ 2.62	39.56 $\pm$ 57.64	4.88
	Total	180	52.90 ^a $\pm$ 2.20	39.56 $\pm$ 57.79	4.16
Had Dra	A1	60	52.82 $\pm$ 3.12	47.12 $\pm$ 59.97	5.91
	A2	60	53.24 $\pm$ 2.29	44.15 $\pm$ 58.56	4.31
	A3	60	52.35 $\pm$ 3.45	44.12 $\pm$ 59.70	6.60
	Total	180	52.80 ^a $\pm$ 3.00	44.12 $\pm$ 59.97	5.68
Alma	A1	60	49.78 $\pm$ 9.68	43.79 $\pm$ 55.11	19.44
	A2*	0	-	-	-
	A3	60	49.30 $\pm$ 10.44	38.45 $\pm$ 56.60	21.17
	Total	120	49.54 ^d $\pm$ 24.80	38.45 $\pm$ 56.60	75.10
Biougra	A1	60	52.30 $\pm$ 2.16	47.93 $\pm$ 56.70	4.12
	A2	60	49.74 $\pm$ 2.18	45.35 $\pm$ 54.95	4.37
	A3	60	52.62 $\pm$ 2.98	45.98 $\pm$ 57.81	5.67
	Total	180	51.55 ^b $\pm$ 2.77	45.35 $\pm$ 57.81	5.38
Lakhsas	A1	60	52.69 $\pm$ 2.74	46.06 $\pm$ 58.58	5.20
	A2	60	51.03 $\pm$ 2.70	46.73 $\pm$ 56.97	5.30
	A3	60	49.17 $\pm$ 8.82	45.32 $\pm$ 62.54	17.94
	Total	180	50.96 ^c $\pm$ 5.60	45.32 $\pm$ 62.54	10.99

* Non productif en 2ème année d'étud; ET: Ecart type; CV: Coefficient de variation; A: Année

étudiées, montre deux groupes homogènes qui se distinguent surtout par l'altitude: Had Dra et Biougra d'une part, et Aoulouz avec Lakhsas d'autre part. Quant à la teneur en acides gras non-insaturés, elle est d'une moyenne de 45.83 %, avec un minimum de 44.72% à Biougra et un maximum de 47.60% pour Aoulouz. A l'inverse, pour les acides gras polyinsaturés (C18:2 et C18:3) avec une moyenne de 34.16%, Aoulouz affiche la valeur minimale de 32.22% tandis que Biougra montre le maximum avec 35.53%. Les analyses révèlent des différences significatives pour le rapport calculé entre les acides gras insaturés et saturés ($p < 0.05$), le classement des moyennes donne aussi les mêmes groupes avec une supériorité des deux provenances de basse altitude (Had Dra et Biougra).

L'analyse de variance a montré que les teneurs moyennes en acides gras sont très significativement différentes entre les provenances (sauf pour C14:0)

et génotype (arbre-mère) associé à la provenance (Tableau 3). Cependant, aucune différence significative n'a été notée pour le facteur année (sauf pour C18:1), génotype et leur interaction (génotype x année). Les coefficients de corrélation de Pearson obtenus entre les variations morphologiques des arbres (formes d'arbres, de fruits et des graines) et leurs localisations géographiques confirment qu'aucune corrélation significative n'a été notée entre les morphotypes étudiés et le rendement en huile ou avec les % en acides gras. Toutefois, une corrélation significative a été établie entre la longitude et les variations en acides gras mono-insaturés (C18:1 C18:2 C18:3 et C20:1) d'une part, et le gradient altitudinal avec les acides gras polyinsaturés (C18:2 C18:3) d'autre part.

CONCLUSION

Il est évident que l'effectif des arbres « candidats » les plus stables pour le rendement en huile durant les

Tableau 2. Teneur en acides gras saturés et insaturés par année et par provenance.

Provenances	Année	Rendement en huile (%)	Composition en acides gras saturés (%)				Composition en acides gras insaturés (%)				
			Myristique C14:0	Palmitique C16:0	Stéarique C18:0	Arachidique C20:0	Palmitoléique C16:1	Oléique C18:1	Linoléique C18:2	Linoléénique C18:3	Eicosanoïque C20:1
Aoulouz	2008	55,16	0,15	13,56	6,27	0,33	0,11	47,71	31,32	0,08	0,32
	2009	53,68	0,15	13,30	5,99	0,32	0,11	47,84	31,70	0,09	0,35
	2010	53,56	0,16	13,60	5,79	0,42	0,12	45,88	33,37	0,10	0,35
	Moyenne	53,82	0,15	13,49	6,02	0,36	0,11	47,14	32,13	0,09	0,34
Had Dra	2008	57,50	0,14	13,11	6,20	0,34	0,10	45,46	34,07	0,11	0,30
	2009	56,00	0,13	12,32	6,43	0,32	0,10	46,41	33,68	0,13	0,33
	2010	56,00	0,13	12,40	6,65	0,42	0,09	43,80	35,8	0,15	0,34
	Moyenne	56,79	0,13	12,61	6,43	0,36	0,10	45,22	34,52	0,13	0,32
Biougra	2008	55,11	0,15	13,01	5,61	0,33	0,11	45,28	34,92	0,10	0,34
	2009	51,83	0,17	13,38	6,49	0,39	0,11	44,79	34,13	0,10	0,27
	2010	53,99	0,16	12,94	5,73	0,38	0,10	42,81	37,23	0,11	0,35
	Moyenne	53,64	0,16	13,11	5,94	0,37	0,11	44,29	35,43	0,10	0,32
Lakhsas	2008	55,42	0,14	13,94	6,61	0,37	0,13	46,84	31,48	0,07	0,28
	2009	55,40	0,15	13,06	6,07	0,33	0,11	45,87	33,82	0,11	0,32
	2010	56,98	0,16	12,63	6,95	0,44	0,08	42,07	37,05	0,12	0,3
	Moyenne	55,93	0,15	13,21	6,54	0,38	0,11	44,93	34,12	0,10	0,30
Moyenne		55,05	0,15	13,12	6,23	0,37	0,11	45,40	34,05	0,11	0,32
h ² (%)		93,28	32,51	40,27	23,04	62,07	45,05	43,72	13,46	13,44	75,64

trois années de mesure (limités à 31 parmi 150 arbres étudiés, où la teneur en huile des amandes peut varier de 38,45 à 62,54% et une héritabilité au sens large de 93%), diminue si on l'associe à la facilité de concassage des graines, ou à la forme des arbres les moins épineux (pleureurs) ou des graines facilement maniables pour le concassage (forme fusiforme). La caractérisation de génotypes intéressants qui dépassent la moyenne pour les valeurs du rendement en huile, la facilité du concassage des graines par exemple, encourage à poursuivre cette étude. Pour cela, il est évident d'élargir

descendances ou de clones issus de la multiplication végétative.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ait Aabd, N., El Asbahani, A., El Alem, Y., El Finti, A., Msanda, F. El Mousadik, A. (2013b). Variation in oil content and fatty acid composition in preselected argan trees with morphological characters and geographical localization. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*. 1-11.

Tableau 3. Analyse de variance (GLM) de la teneur en acides gras d'huiles d'argan de différentes origines géographiques.

Variable	ddl	Acides gras (%)								
		C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1
Année (A)	2	85.04ns	91.55ns	85.63ns	75.44ns	243.47***	43.45ns	83.16ns	82.24ns	83.14ns
Prov(P)	3	0.00ns	4.38**	0.00**	7.18**	56.37**	75.29**	0.01**	0.02**	0.02**
Gén(G)	19	84.79ns	68.23ns	85.01ns	72.48ns	45.68ns	54.23ns	84.78ns	84.30ns	84.62ns
G(P)	16	0.01**	2.47***	0.00***	2.19***	19.33*	22.27**	0.00***	0.01***	0.01***
Y X P	6	0.00ns	0.90ns	0.00**	0.34ns	11.88ns	5.78ns	0.00ns	0.00ns	0.00ns
Y X G	38	84.69ns	63.42ns	84.71ns	76.80ns	35.96ns	51.82ns	84.88ns	84.56ns	84.48ns
* significative à $p < 0.05$; ** significative à $p < 0.01$; *** significative à $p < 0.001$										

la base génétique de départ pour la sélection ou pour la domestication de l'arganier. Un tel investissement nécessite un engagement déterminé à moyen et à long terme des différents acteurs interagissant avec l'écosystème arganeraie dans un sens de durabilité et de distinction entre l'espace forêt et l'espace verger. Par rapport aux efforts antérieurs de la recherche scientifique, limités principalement à la description de la variabilité, on peut dire que la présente étude avance vers une phase préparatoire aux essais de sélection pour la domestication de l'arganier, afin de répondre entre autres à des projets d'investissement pour la production d'huile à partir d'arbres performants. La recherche en 1^{er} lieu d'associations avec des caractères principalement discontinus (i.e., absence d'épines, régularité de la production interannuelle, facilité de concassage, forme des graines) demeure plus attractive pour des essais de suivi de la stabilité et de l'homogénéité dans des tests comparatifs de

Ait Aabd, N., Msanda, F. El Mousadik, A. (2013a). Evaluation of variability in argan oil content through different environments and preselection of elite genotypes. *Euphytica* 195(2): 157-167.

Chriqi A., Ballouk, A., Houjjaji, A., Adnan, A., Bacha, L. Addebous, R. (2003). L'Huile d'Argan: un produit de terroir: Quelle stratégie pour sa valorisation? Direction Provinciale de l'Agriculture d'Essaouira. *Revue Mensuelle Du Monde Rural Et De L'environnement* - N° 70, juillet 2003.

Charrouf, Z. Guillaume, D. (1999). Ethnoeconomical, ethnomedical, and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) Skeels. *Journal of Ethnopharmacology* 67: 7-14.

Cherki, M., Derouiche, A., Drissi, A., El Messal, M., Bamou, Y., Idrissi-Ouadghiri, A., Khalil, A. Adlouni, A. (2005). Consumption of argan oil may have an

antiatherogenic effect by improving paraoxonase activities and antioxidant status: intervention study in healthy men. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases* 15: 352-360.

Drissi, A., Bennani, H., Giton, F., Charrouf, Z., Fiet, J. Adlouni, A. (2006). Tocopherols and saponins derived from *Argania spinosa* exert an antiproliferative effect on human prostate cancer. *Cancer Investigation* 24: 588-592

Gharby, S., Harhar, H., Guillaume, D., Haddad, A., Matthaüs, B. Charrouf, Z. (2011) Oxidative stability of edible argan oil : a two-year study. *LWT - Food Science and Technology* 44: 1-8.

Khallouki, F., Younos, C., Soulimani, R., Oster, T. Charrouf, Z. Spiegelhalter, B. (2003). Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, squalene, sterols and phenolic compounds should confer valuable cancer chemopreventive effects. *European Journal of Cancer Prevention* 12: 67-75.

Développer la complémentarité des activités agricoles, d'élevage et de cueillette dans l'arganeraie; réappropriations sociales et techniques des systèmes productifs locaux et enjeux de résilience pour les politiques publiques

Dubeuf J.P.¹, Lacombe N.², Chatibi S.³

¹ Ingénieur de recherches INRA- SAD ; Laboratoire de Recherches pour le développement de l'élevage, Campus Grossetti, 20250 Corte – France ; @mail: dubeuf@corse.inra.fr

² Doctorant INRA- SAD ; Laboratoire de Recherches pour le développement de l'élevage, Campus Grossetti, 20250 Corte – France ; @mail: lacombe@corse.inra.fr

³ Chargé d'Etudes, Bureau d'Etudes D.M.I.C., 10101 Rabat – Maroc ; @mail : said.chatibi@gmail.com

RESUME

L'objectif de cette communication est d'identifier des voies possibles de développement territorial de l'arganeraie et en particulier en termes de complémentarités possibles entre plusieurs activités dont l'exploitation de l'arbre pour la production d'huile et l'élevage caprin. Nous choisissons comme point de départ les projets récents de valorisation et de certification de la production du chevreau de l'arganeraie et leur place dans le territoire. Nous analysons d'abord de manière générale, le contenu de différents documents programmatiques des politiques et projets, sur lesquels s'appuient les pouvoirs publics pour mettre en œuvre leur action et les principes sur lesquels elle se fonde. Puis nous nous appuyons sur des résultats d'enquêtes pour identifier comment les différents acteurs appréhendent les projets de valorisation et de qualification du chevreau de l'arganier. Les résultats montrent que les initiatives en cours vont dans le sens d'une plus grande spécialisation des activités, avec des logiques dissociées qui ignorent les réalités des autres. Alors que des éléments de résilience sont à rechercher pour assurer la préservation de l'arganeraie, il y aurait probablement une grande pertinence à explorer comment favoriser de nouveau l'imbrication de ces différentes activités ; Des propositions sont énoncées pour aller dans cette direction.

Mots clés : pluriactivité, arganeraie, élevage caprin, gouvernance, résilience.

ABSTRACT

The objective of this communication is to identify the possible territorial development orientations in the argane forest area. More specifically, the study focuses on the possible complementarities between several activities like the valorization of the argane tree for oil, goat meat production or crops. As a starting point, we decided to study the recent project of valorization and certification of the kid of the argane tree and their function in the territory. We have analyzed several programmatic documents published by public authorities to describe their projects and how to implement them. Several interviews and discussions with local stake holders have enabled to identify how the several actors understand these projects and their opinion about goat raising. The results show that the ongoing initiatives lead to more specialized activities and each development logics has ignored the others. As enhancing more indicators of resilience would be useful to look for the preservation of the argane tree eco -system, it would be probably highly relevant to associate more livestock and oil and some operational proposals are expressed in this direction.

Keywords : Multi activity, argane forest area, goat production, governance, resilience.

INTRODUCTION ET OBJECTIFS

L'arganeraie, formation végétale endémique au territoire du sud ouest du Maroc a connu de profonds bouleversements depuis la fin des années 1990. La stratégie de développement de la région a d'abord privilégié la valorisation de l'huile d'argane, qualifiée d'or vert, et son positionnement à l'exportation pour ses qualités diététiques et surtout cosmétiques sur les marchés internationaux. Le souci croissant de concilier les activités humaines et la préservation de l'environnement conformément aux objectifs de la Conférence de Rio, a motivé parallèlement la création d'une Réserve Mondiale de Biosphère avec l'UNESCO en 1998, afin de raisonner la préservation d'un écosystème dégradé, comme l'atteste le rythme de disparition arbres et menacé par les changements climatiques, la désertification et la surexploitation (Le Polain de Waroux, 2011). A ces enjeux environnementaux s'ajoutent les enjeux économiques et sociaux d'amélioration des conditions de vie et d'activités des populations rurales. Pour faire face à ces enjeux, de nombreuses initiatives et projets ont vu le jour. La création de la Réserve de Biosphère, a suscité de la part d'ONG la création de nombreuses coopératives avec le soutien des institutions nationales et internationales. Elles ont mis en avant l'emploi féminin certes faiblement qualifié mais rémunéré. Les réflexions sur le développement rural et ses enjeux ont abouti pour l'ensemble du Maroc au Pilier II du plan Maroc Vert en faveur des zones marginales. Depuis plus récemment que pour l'huile, le Plan Maroc Vert met aussi en avant l'élevage caprin, une composante importante du système agraire de l'arganeraie peu prise en compte jusqu'à présent et décrite par El Aïch et al. (2007). La démarche de labellisation du chevreau de l'arganier de la province d'Essaouira est ainsi venue fournir un éclairage nouveau à propos d'une forêt multi-usage qui finalement offre non pas un seul produit mais plusieurs. N'y a-t-il pas alors un enjeu fort à envisager ces productions de manière conjointe, de raisonner leurs synergies, afin de réellement prendre en compte et tirer profit des enjeux de multifonctionnalité autour de la forêt? Pour l'heure, la coexistence de plusieurs productions n'est pas aisée, leur cohabitation est fragilisée et les relations entre acteurs se matérialisent par des conflits. L'élevage caprin fait l'objet de nouvelles représentations et qualifié de prédateur des ressources, son existence entre en concurrence avec le développement de la filière huile d'argane. Nous identifierons dans cette communication comment les complémentarités entre les activités agricoles d'élevage et de cueillette d'argane pour l'huile peuvent constituer

des voies possibles de développement et dans quelles limites.

METHODOLOGIE

Pour appréhender ces questions, la méthodologie suivie s'appuie sur l'analyse des documents programmatiques d'une part, de données d'enquêtes et d'entretien avec les différents acteurs de l'arganeraie, d'autre part.

Ces documents sont ceux d'orientations et projets portés par les politiques publiques au Maroc. Nous savons que les politiques publiques ont un rôle important d'incitation, d'orientation, d'impulsion dans le développement économique et social et que les conditions de leur mise en œuvre peuvent conduire à des résultats différents des objectifs affichés (Muller, 1990 ; Gabas, 2003). On analysera plus particulièrement la présentation du plan Maroc Vert et sa stratégie déjà identifiée par Merghi (2009), ainsi que le projet de développement et de mise en valeur du chevreau de l'arganeraie (projet PMV-DPA 2012-2015 de développement de l'élevage Caprin et Valorisation de la Viande du Chevreau de l'Arganier). Les cahiers des charges de l'IGP Argane et du projet 1er projet d'IGP «chevreau de l'arganier» seront également analysés.

Les enquêtes sont celles réalisées pour identifier comment les différents acteurs appréhendent les projets de valorisation et de qualification du chevreau de l'arganier (dans le cadre d'un projet de recherche français ANR (MOUVE) destiné à caractériser les formes et conditions de l'intensification écologique en élevage dans plusieurs situations en France et dans le monde.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Des politiques publiques volontaristes qui s'appuient et mobilisent des concepts précis et diversifiés.

Le Pilier II du plan Maroc Vert affiche résolument son objectif principal : contribuer au développement des zones marginales à fortes contraintes et à double enjeu social et de préservation des ressources naturelles. Les documents d'orientation du Pilier II (ADA, 2009) mettent en avant la complémentarité des activités dans une logique de diversification et une politique de terroir mise en œuvre pour diversifier et créer les revenus agricoles.

Le concept de terroir mobilisé ici se réfère selon la définition de l'Unesco, à la fois à des logiques d'appropriation territoriale et communautaire basés sur des produits et sur des pratiques et des savoir-faire locaux. On sait que le terroir a depuis les années

80 investi la littérature scientifique. Initialement réservé aux productions viticoles, son champ de développement a progressivement concerné d'autres types de productions en même temps que certains l'énonçaient en tant que nouveau modèle agricole de demain (Rastoin, 2011). Il s'est notamment illustré dans la politique publique des indications géographiques qui visent à associer les caractéristiques d'un produit à un lieu spécifique, combinant à la fois savoir faire et composantes pédo-climatiques. Cette littérature a par la suite fait l'objet d'un enrichissement avec les apports relatifs à l'activation des ressources territoriales en donnant une place renouvelée à l'acteur dans la construction territoriale. Les terroirs sont ainsi affichés comme des remparts à la mondialisation fondée sur les avantages comparatifs tout en permettant de se situer dans un environnement marchand renouvelé par des stratégies de différenciation. C'est donc bien dans le cadre de cette politique de terroir que le Maroc s'appuie sur la mise en place de signes de qualité et d'Indications géographiques. Les dimensions agro-écologiques («promouvoir l'agro-sylvo-pastoralisme»), sur la petite agriculture (small holders), la mise en œuvre de politiques de paniers de biens et de services intègrent la gestion des ressources naturelles en favorisant des externalités positives. C'est dans ce cadre que le pilier II se positionne dans des logiques conjointes d'intensification et de diversification. La politique d'agrégation, est un intitulé spécifique à la politique de développement marocaine qui s'appuie sur *«des acteurs privés et des organisations professionnelles à forte capacité managériale dans une logique d'intégration verticale et dans le cadre d'un partenariat gagnant - gagnant»*.

Les projets d'Indication géographiques et les cahiers des charges

Les signes de qualité sont un levier essentiel pour le pilier II du plan Maroc vert. Deux indications géographiques concernent principalement l'arganeraie, l'huile et le chevreau. Le cahier des charges de l'IGP «Argane», obtenue par l'Amigha en 2010 est très précis sur la description du produit, ses caractéristiques ainsi que l'aire géographique. Dans la présentation de son ancrage territorial, il ne fait toutefois jamais référence ni au système agraire ni à l'élevage si ce n'est en mentionnant que les fruits ne doivent pas être digérés. Par ailleurs, si le premier projet d'IGP chevreau de l'arganeraie signale clairement dans son préambule *«un équilibre multiséculaire entre l'homme, l'arganier et les caprins en référence de fait à la notion d'écosystème -terroir»*, son contenu est basé principalement sur

des normes de traçabilité mais ne fait pas référence au système de production ni surtout à la gestion de la co-existence entre les activités d'élevage et de production d'huile (ANOC, 2009).

Le PMV «Développement de l'élevage caprin et valorisation de la viande du chevreau de l'Arganier» (DPA, 2011)

Le projet a été mis en place dans le cadre du Pilier II du plan Maroc Vert. Il prévoit comme investissement la construction d'un abattoir, l'aménagement de citernes d'eau enterrées, l'acquisition de camions citernes et frigorifiques, la mise aux normes des souks et l'établissement d'un élevage pilote.

Son objectif est d'impacter l'activité de 22 740 bénéficiaires de 29 communes rurales du sud d'Essaouira. On observe toutefois que le projet s'appuie au départ sur les éleveurs des groupements ANOC (200 éleveurs environ au maximum). Ces éleveurs étaient par ailleurs les porteurs du projet d'IGP récemment ajourné. Cette stratégie qui s'appuie sur le principe d'agrégation n'explicite pas toutefois comment sont prises en compte la diversité des activités et les questions de gestion de l'espace qui concerneraient bien l'ensemble des bénéficiaires.

2. Des mutations profondes dans l'organisation coutumière traditionnelle au sein des communautés locales et une tendance vers la spécialisation des différentes activités

L'organisation et les règles de fonctionnement traditionnel dans l'arganeraie assuraient un équilibre et une cohérence entre plusieurs activités pour gérer un territoire. Les entretiens avec les acteurs locaux confirment qu'elles subissent de profonds bouleversements alors qu'elles évoluent sous l'effet des changements au sein de la société et subissent des formes de délitement. Le Jmaâ, forme d'organisation informelle coutumière pour la gestion de l'agdal a tendance à disparaître et le recul du respect des périodes d'agdal est lié à la déstructuration progressive des formes de gestion communautaire. Les terres collectives de chaque douar (mouchâa) sont souvent mal gérées sur exploitées et dégradées avec des cas où leur accès est autorisé à des troupeaux en dehors de la communauté. Les systèmes de production traditionnels sont donc modifiés profondément par la privatisation des arganiers, ainsi que la baisse de la mobilité des troupeaux en raison des restrictions au pâturage et de la difficulté à trouver des bergers.

Cette organisation présentée comme intangible et dont le corps de règles est difficile d'accès en dehors

des membres de la communauté est, de fait, peu prise en compte par les pouvoirs publics. Cette ignorance des règles communautaires conduit aussi à favoriser des représentations partielles et réductrices qui les considèrent comme rétrogrades et dépassées au regard des canons de la modernité.

Le cadre général et la programmation des politiques publiques sont mis en œuvre avec le bagage intellectuel du développeur inspiré des modèles occidentaux et français et avec des représentations du développement porteuses des mêmes ambiguïtés. La permanence du paradigme du progrès technique les conduit à ce que l'élevage caprin soit dissocié des activités autour de l'arbre et de l'huile (Dubeuf et al., 2013). Les acteurs engagés dans des processus de professionnalisation et de spécialisation sont logiquement mis en avant car ils sont plus à même d'accepter et de prendre en compte les règles normalisées que la société locale a du mal à s'approprier. Mais simultanément, le Pilier II fait référence explicitement au terroir en tant que modèle de développement, associé à des enjeux de lutte contre la pauvreté, d'environnement, de résilience face au changement climatique avec la préservation de l'agriculture traditionnelle. C'est dans cette ligne d'action qu'il est également fait référence aux paniers de biens et de services. Or ces deux visions portées par les mêmes institutions sinon les mêmes acteurs, sont porteuses de contradictions à l'échelle des territoires. En réinterrogeant la notion de terroir autour des enjeux de cohabitation et de complémentarités de deux activités, l'huile et le chevreau, nous offrons des clés de compréhension pour faciliter l'aide à la décision dans la mise en œuvre des politiques et projets.

3. Vers des propositions en faveur des réappropriations sociales et techniques au sein des territoires

Les fonctions régulatrices et de médiation des pouvoirs publics ont aussi un objectif de cohésion sociale. La stratégie en faveur des signes de qualité modifie profondément les rapports de forces dans les systèmes d'acteurs par des mécanismes d'exclusion/adhésion que les modalités d'interpénétration des activités peuvent isoler les uns des autres. Dans une approche prospective, on peut alors aboutir à des scénarios opposés aux objectifs affichés.

Des propositions peuvent en tout état de cause prendre en compte la complexité des territoires pour infléchir la tendance actuelle vers la spécialisation et la séparation des activités pour aller vers des compromis qui ne remettent pas en cause les intérêts fondamentaux des différents acteurs :

- Mieux appréhender l'arganeraie ou plutôt les arganeraies dans leur diversité en identifiant des zones plus favorables à l'huile, à l'élevage, à d'autres activités avec tous les gradients possibles d'interaction huile/élevage.
- Travailler sur la gestion et le contrôle des espaces à pâturer et faire émerger un corps de règles communes dont certaines seraient partagées entre des activités différentes (l'agdal) pour organiser la gestion des territoires.
- Valoriser les externalités positives de la chèvre vis-à-vis de l'arbre (paysagère pour le tourisme ; en terme de bio diversité et de fertilisation) et de l'arbre vis-à-vis de la chèvre (ressource fourragère ; facteur de typicité de la viande)
- Repositionner les différentes fonctions de la chèvre, et l'élevage, des cultures et de l'huile dans leur complémentarité et renforcer le système d'information et de connaissance autour de ces questions avec des services d'appui pour l'ensemble des acteurs et qui s'appuie sur les savoirs locaux.
- Mobiliser l'ensemble des acteurs d'une société civile en émergence, les mouvements associatifs mais aussi la Recherche dans des collectifs et des processus de construction des systèmes d'innovation locaux (Klerkx et al., 2012).

Par ces propositions, la compatibilité organisée de l'élevage caprin et d'une filière globalisée pourraient permettre de les faire coexister et d'élever le potentiel productif de la région.

Recherche et étude réalisées dans le cadre et avec le soutien financier du projet ANR MOUVE(ANR2010 STRA 005).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agence pour le développement agricole (ADA), 2009. Présentation du pilier II du plan Maroc Vert, Royaume du Maroc; site web. http://www.ada.gov.ma/Plan_Maroc_Vert/plan-maroc-vert.php
- AgriMaroc, 2010. La valorisation des produits de terroir, ligne d'action du pilier 2 du plan Maroc Vert ; dossier ; SAM n°8 ; 72 p.
- ANOC, 2009. Projet de cahier des charges de l'IG «chevreau de l'arganier ».28 p.
- Direction provinciale de l'Agriculture, 2011. Présentation du projet PMV « Développement de l'élevage Caprin et Valorisation de la Viande du Chevreau de l'Arganier » ; document de travail ; 17 p.
- Dubeuf, J-P, Araba, A, Casabianca, F, Chatibi, S, Lacombe,

- N, Linck, Th, Sorba, J-M, 2013. Représentations dissociatives de l'élevage caprin par les différents acteurs de l'arganeraie: des enseignements pour l'organisation d'un développement territorial basé sur la complémentarité de plusieurs activités ». 8th International Seminar of the FAO-CIHEAM Subnetwork on Sheep and Goat Production Systems ; "Technology creation and transfer in small ruminants: roles of research, development services and farmers associations". Tangier, Morocco 11-13 June 2013 (à paraître dans Options Méditerranéennes).
- El Aich A, Bourbouze A, Morand – Fehr P, 2007, La filière du Chevreau de l'Arganeraie, un produit typique et durable ; In Annales de la recherche forestière au Maroc vol. 38, pp. 124-137
- Klerkx, L, Van Bommel, S, Bos, B, Holster, H, Zwartkruis, J, Aarts, N, 2012. Design process outputs as boundary objects in agricultural innovation projects: functions and limitations. *Agricultural Systems* 113, 39-49.
- Le Pollain de Waroux, M, 2011. La dégradation de l'arganeraie et ses causes dans la province de Taroudant. In « Actes du premier Congrès de l'arganier » ; Agadir ; 11-15/12/2011.
- Muller, P, 1990. Les politiques publiques. Paris : PUF, Collection Que sais-je ? 1990. 127p.
- Gabas, J-J, 2003. Acteurs et politiques publique ; Mondes en Développement. Vol.31-2003/4, N°124. 45p.
- Merghi, M, 2009. la stratégie du plan Maroc Vert ; séminaire AECHA , octobre 2009. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Agadir, Maroc
- Rastoin, J-L, 2011. Creating a label for the Mediterranean food products : configuration, opportunities and constraints. *Watch Letter* (19), 1-4.

Effet de la consommation de l'huile d'argan sur le profil androgénique chez l'homme

Derouiche A.¹, Jafri A.¹, El Khasmi M.¹, Adlouni A.¹, Bamou A.², Taki H., Saile R.¹, Benouhoud A.³

¹ Laboratoire de Recherche Biologie et Santé, Faculté des Sciences Ben M'sik, Casablanca, Maroc.

Email : afderouiche@gmail.com

² Hôpital Militaire Moulay Ismail, Meknès, Maroc.

³ Laboratoire Anoual 111 Casablanca, Maroc.

RESUME

Le but de ce travail est d'évaluer l'effet de l'huile d'argan vierge (VAO) sur le profil hormonal des androgènes et des paramètres anthropométriques chez les hommes adultes marocains en bonne santé au cours d'une intervention nutritionnelle contrôlée.

Sujets et méthodes : L'étude a été réalisée sur 60 volontaires sains jeunes et de sexe masculin âgés entre 23 et 40 ans. Au cours d'une période de stabilisation de 2 semaines, ils ont consommé du beurre, le groupe a été randomisés en deux catégories, la première à consommé VAO et le groupe de contrôle à consommé de l'huile d'olive extra vierge (EVO) pendant 3 semaines pour chaque groupe. La testostérone (T), l'hormone lutéinisante (LH) et des concentrations sériques de déhydroépiandrostérone (DHEAS) ont été mesurées au début de l'étude et à la fin de chaque période. Test de Mann-Whitney a été utilisé pour comparer entre les deux groupes (VAO et EVO) au cours de chaque étape de l'étude. Les différences dans les androgènes et les paramètres anthropométriques entre la ligne de base et 3 semaines après l'alimentation en groupes VAO et EVO ont été analysées en utilisant le test de Wilcoxon.

Résultats : les concentrations sériques de LH et T ont considérablement augmenté après la période d'intervention. T niveaux augmenté de 19,95 % et de 17,37 % ($p < 0,0001$), les taux de LH et de 18,49 % ($p < 0,007$) et 42,59 % ($p < 0,0001$), respectivement pour VAO et EVO ($p < 0,0001$). Cependant, les concentrations sériques de DHEA-S, le poids corporel, indice de masse corporelle, la pression artérielle et de l'apport énergétique quotidien ne montrent pas de variation significative après l'intervention avec des huiles d'argan ou d'olive.

Conclusion : Les résultats suggèrent que la consommation d'AVO et EVO pourrait être à l'origine d'une action positive sur le profil hormonal des androgènes chez les hommes.

Mots clés : Paramètres anthropométriques, LH, DHEAS, testostérone, huile d'argane, huile d'olive.

ABSTRACT

The aim of this work is to assess the effect of virgin argan oil (VAO) on the hormonal profile of androgens and anthropometric parameters among Moroccan healthy adult men during a controlled nutritional intervention.

Subjects and methods : The study was carried out on 60 young and healthy male volunteers aged between 23 and 40 years. During a stabilization period of 2 weeks they consumed butter, the group was randomized into two categories, the first one consumed VAO and the control group consumed extra virgin olive oil (EVO) during 3 weeks for each group. Testosterone (T), Luteinizing hormone (LH) and Dehydroepiandrosterone serum concentrations were measured at the beginning of the study and at the end of each period. Mann-Whitney test was used to compare between both groups (VAO and EVO) during each step of the study. Differences in androgens and anthropometric parameters between baseline and 3 weeks after the diet in VAO and EVO groups were analyzed using the Wilcoxon test.

Results : T and LH serum concentrations significantly increased after the intervention period. T levels increased by 19.95% and 17.37% ($p < 0.0001$), and LH levels by 18.49% ($p < 0.007$) and 42.59% ($p < 0.0001$), respectively for VAO and EVO ($p < 0.0001$). However, DHEAS serum concentrations, body weight, body mass index, arterial pressure and

daily energetic intake didn't show any significant variation after the intervention with argan or olive oils.

Conclusion : Results suggest that the consumption of AVO and EVO might be the origin of a positive action on the androgens' hormonal profile among men. remains fairly limited (Nm = 1,09).

Keywords : *anthropometric parameters, LH, DHEAS, testosterone, argan oil, olive oil.*

INTRODUCTION

Local food-based nutrition interventions are highly encouraged and adopted to promote good health and nutrition status of local population. Argan oil is a typical Moroccan vegetable oil; it is extracted from the fruit of *Argania spinosa*, an endemic tree of south-west of Morocco and it is believed to have aphrodisiac properties. However, olive oil is much more consumed in daily diet for it is much more abundant and cheaper. These oils are rich in unsaturated fatty acids (oleic and linoleic) and other compounds (tocopherols, polyphenols, and sterols) (Khallouki et al., 2003).

The quality of their fatty acids has a role in the nutritional prevention of cardiovascular disease (CVD) (Drissi et al, 2004; Derouiche et al, 2005). Furthermore, the abundance of tocopherol compounds in these oils provides a powerful antioxidant effect (Cherki et al, 2005).

AIM OF THE STUDY

Studying the effect of the consumption of virgin argan oil (VAO) on the hormonal profile of androgens and anthropometric parameters among Moroccan healthy adult men and compare it to the effect of extra virgin olive oil (EVO).

SUBJECTS AND METHODS

Sixty young male volunteers, students at the Health careers training institute of Meknes in Morocco participated to this study. All participants were healthy, their mean age was 23.42 ± 3.85 years old. Selection criteria were for the participants to be healthy, with no risk factors of cardiovascular disease, sharing the same daily meals and tolerating the consumption of vegetable oils.

The study consisted of 2 weeks baseline diet period where all subjects consumed 25 g per day of butter, and 3 weeks intervention period during which subjects were randomized into two groups. Butter was substituted by 25 ml per day of argan oil or olive oil for each group.

Body weight (BW), body mass index (BMI), systolic (SBP) and diastolic (DBP) arterial pressure and daily energetic intake (DEI) was controlled throughout the

study period and calculated with a software; Bilnut 2.01 2003. The weekly diet was balanced and corresponding to international recommendations and the meals were controlled by the responsible of the study.

Blood samples were taken at the beginning of the study (T0), after the 2 weeks stabilization period (T1) and after the 3 weeks intervention period (T2). Blood sampling was done at 6:30 AM, after a 12h fasting period. Blood samples were centrifuged for 12 min for 4000 rpm then were stored at (-30°C) until analysis.

Testosterone (T), dehydroepiandrosterone (DHEAS) and luteinizing hormone (LH) were measured at the end of both periods by Radio Immuno Assay method using a gamma scintillator set to the measurement of Iodine 125. T and DHEAS were measured using the competition technique, whereas LH was analyzed by the sandwich method.

Statistical analysis

The Mann-Whitney test was used to compare between both groups (VAO and EVO) during each step of the study.

Differences in androgens and anthropometric parameters between baseline and 3 weeks after the diet in VAO and EVO groups were analyzed using the Wilcoxon test.

The statistical analysis was done with SPSS software (version 14).

RESULTS

In this work, all anthropometric parameters (BW and arterial pressure) and daily energetic intake didn't show any significant change after the 3 weeks intervention with argan or olive oils (Table 1). However, our results show that T and LH concentrations significantly increased after the intervention. Thus, T concentration increased by 19.95% after using VAO and by 17.37% after using EVO ($p < 0.0001$) (Figure 1). Under the same conditions, LH concentration increased by 18.49% after using VAO ($p < 0.007$) and by 42.59% after using EVO ($p < 0.0001$) (Figure 3). The comparison between VAO and EVO effects on both T and LH levels didn't show any significant difference neither at T1 or T2.

Table 1: Anthropometric parameters at baseline and at the end of the intervention

	VAO group				EVO group			
	Baseline	3 weeks after	%	P	Baseline	3 weeks after	%	P
Weight (kg)	66.62±6.70	66.70±6.51	+0.12	0.18	67.08±7.94	67.37±8.06	+0.43	0.07
BMI (kg/m ²)	21.62±1.97	21.68±1.95	+1.23	0.49	22.33±2.45	22.50±2.47	+0.75	0.28
DBP (mmHg)	69.40±6.60	67.20±6.68	-3.17	0.53	69.20±6.60	67.00±5.30	-3.28	0.70
SBP (mmHg)	118.10±9.20	118.80±5.50	-0.58	0.45	118.70±6.90	119.00±6.10	-0.25	0.75

The hormonal profile of DHEAS didn't show any significant variation during this study (Figure 4).

DISCUSSION

During the last decades, vegetable oils benefits were well documented and their consumption was encouraged. The positive effect of olive oil was known a long time ago (Assman, 1997; Gimeno, 2000). Other studies have shown the good effect of argan oil on the lipid profile (Derouiche, 2005), its anti-oxidant properties (Cherki, 2005) and its use in traditional medicine for its aphrodisiac properties (Ben Ali, 1994 ; Sedram, 1995).

Our results show for the first time the effect of the consumption of VAO and EVO on androgen hormonal profile among adult healthy men. This consumption has induced an increase in serum T and LH levels (fig.1; fig.2). The effect of those vegetable oils might be the result of an activation of the hypothalamo-pituitary-testicular axis (LH secretion). Indeed, a good part of the Leydig cell steroidogenesis regulation is initiated by the secretion of GnRH (gonadotrophin releasing hormone) by the hypothalamus. This hormone stimulates the release of LH by the adenohypophysis which is the primary stimulus for the T biosynthesis by the testes (Kaiser et al., 1997; Sokol, 2009).

According to Payne and Hales (Payne and Hales, 2004), the stimulation of the T biosynthesis by the vegetable oils used in our study might also be mediated by an induction of steroidogenic proteins. The Leydig cell steroidogenesis combines a series of reactions catalyzed by multiple enzymes from the cholesterol synthesis, cholesterol esters hydrolysis and from the cholesterol conversion to T. Besides, the steroidogenic process in the Leydig cells is initiated by the transit of the free cholesterol from the cytosol to the inner mitochondrial membrane helped by the protein star (steroidogenic acute regulatory protein) (Manna et al., 2003). Thus, the vegetable oils used in our intervention could induce those proteins directly by increasing their activity and/or their genetic expression, or indirectly by activating the pituitary-testicular axis. However, LH is an activator of the optimal genetic expression of the enzymes involved in the T biosynthesis using cholesterol in the testes (Payne and Youngblood, 1995). LH is able to activate the Gs protein and induce the transduction of the signal to the nucleus following two pathways; using the phosphorylation by the PKA (protein kinase A) and using the Arachidonic acid (Wang et al., 2000). In our population, the increase in T levels induced by vegetable oils consumption, is not associated with any significant change in DHEA

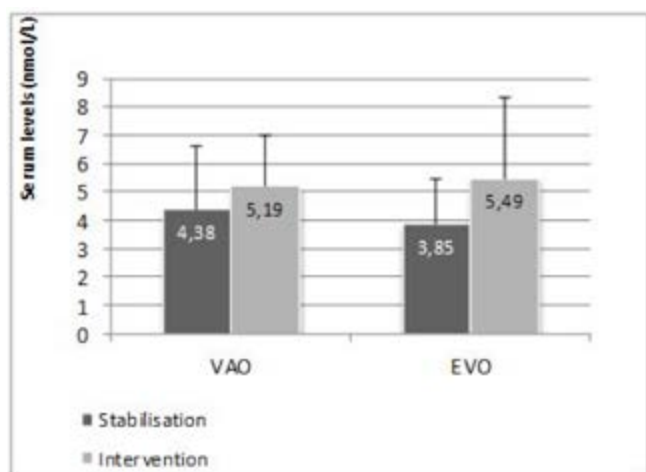


Figure 1: Effect of VAO and EVO consumption on testosterone's hormonal profile

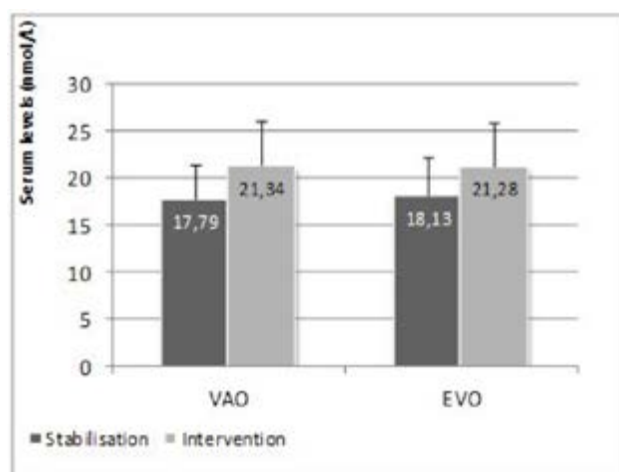


Figure 2: Effect of VAO and EVO consumption on LH hormonal profile

levels (fig.3) which may suggest that the origin of the steroidogenesis observed here is essentially Leydig cells. This effect might be induced by some compounds in the used oils, such as tocopherols. Besides, VAO effect on the stimulation of T biosynthesis is much more evident than EVO effect (fig.1). Also, a study in rat showed the possibility of the transformation of gamma-tocopherol to alpha-tocopherol in the animal organism (Elmadfa et al., 1989), which can explain that VAO is more efficient than EVO. Furthermore, some studies have demonstrated the effect of alpha-tocopherol in rats (Barella et al., 2006) and aged men (Hartman et al., 1999). It seems that vitamin E may be indispensable to the development of Leydig cells in vitro, so, it have been established a long time ago that the lack of this vitamin in animals could lead to sterility (Evans and Burr, 1925; Mason, 1933). Another study has demonstrated that adding vitamin E to pig Leydig cells in vitro didn't show a significant effect on the basal T production, however, this vitamin acts synergistically with HCG (human chorionic gonadotropin) to increase the secretion of T (Mather et al., 1983). In rat, vitamin E increases the diameter and height of the germinal epithelium, the thickness of the basement membrane and the number of spermatogonia and spermatocytes (Soleimani Mehranjani et al., 2009). Furthermore, in the same species, a deficiency of vitamin E for six months reduces the intracellular transport of cholesterol and the production of steroid hormones in the adrenal gland (Abid et al., 2004).

Besides, several studies have reported the protective role of vitamin E against the oxidative and toxic effects caused by different chemical agents. Thus, oral administration of aflatoxin in mice (25 and 50 µg / animal / day) during 45 days decreases β - and 17β -HSD activities and T levels. On the other hand, a pretreatment with vitamin E (2mg per animal per day, orally) improves aflatoxin effects on Leydig cell steroidogenesis (Verma and Nair, 2002). According to Aybek et al (Aybek et al., 2008), in rat, vitamin E reduces the effects of oxidative stress induced by age and/or diabetes on the endocrine function of Leydig cells. This protective effect of vitamin E could be explained by an inhibition of lipid peroxidation (Doroshkevich et al., 1991). Finally, vitamin E protects against the testicular toxicity induced by sulfonates (Sahinturk et al., 2007), Aroclor 1254 (Senthil et al., 2004), cyclophosphamide (Ghosh et al., 2002) and para-nonylphenol (Mehranjani Soleimani et al., 2009). Thus, the rich composition of VAO and EVO in tocopherols could be the cause of the variation in the androgen hormonal profile observed in our sample.

According to our results, we can say that EVO and AVO may have a stimulator power of T biosynthesis by a mechanism that could involve an activation of the hypothalamo-pituitary-testicular axis and/or an induction of steroidogenic proteins. This steroidogenesis could be attributed at least to tocopherols whose mechanism of action remains to be determined.

REFERENCES

- Abidi P, Leers-Sucheta S, Azhar S. Suppression of steroidogenesis and activator protein-1 transcription factor activity in rat adrenals by vitamin E deficiency induced chronic oxidative stress. *J Nutr Biochem* 2004; 15: 210-219.
- Assmann G, de Backer G, Bagnara S, Betteridge J, Crepaldi G, Fernandez-Cruz A et al. International consensus statement on olive oil and the Mediterranean diet: implications for health in Europe. The Olive Oil and the Mediterranean Diet Panel. *Eur J Cancer Prev* 1997; 6: 418-421.
- Aybek H, Aybek Z, Rota S, Sen N, Akbulut M. The effects of diabetes mellitus, age and vitamin E on testicular oxidative stress. *Fertil Steril* 2008; 90: 755-760.
- Barella L, Rota C, Stöcklin E, Rimbach G. α -Tocopherol Affects Androgen Metabolism in Male Rat. *Annals of the New York Academy of Sciences*, Volume 1031 Issue Vitamin E and Health, Pages 334 – 336.
- Ben Ali H. Place des plantes médicinales dans le système de Santé au Maroc. Thèse Pharmacie Faculté de Médecine et de Pharmacie, Rabat. 1994 :46.
- Cherki M, Derouiche A, Drissi A, El Messal M, Bamou Y, Idrissi-Ouadghiri A Adlouni A. Consumption of argan oil may have an antiatherogenic effect by improving paraoxonase activities and antioxidant status : Intervention study in healthy men. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 2005, 15: 352-3360.
- Derouiche A, Cherki M, Drissi A, Bamou Y, El Messal AM, Idrissi-Oudghiri A et al. Nutritional intervention study with argan oil in man: effects on lipids and apolipoproteins. *Ann Nutr Metab* 2005, 49: 196-201.
- Derouiche A, Saile R, Drissi A, Cherki M, Bamou Y, Idrissi-Oudghiri A Adlouni A We-P14:437 Effect of tow naturals products oils, argan and olive, in the nutritional prevention on atherosclerosis in man. *Atherosclerosis Supplements* 2006.
- Doroshkevich NA, Antsulevich SN, Vinogradov

- VV. Effect of alpha-tocopherol on adrenal cortex functions under stress. UKR Biokhim Zh 1991, 63: 79-83.
- Drissi A, Girona J, Cherki M, Godas G, Derouiche A, El Messal M, Adlouni A. Evidence of hypolipemiant and antioxidant properties of argan oil derived from the argan tree (*Argania spinosa*). Clin Nutr 2004, 23:1159-1166.
- Elmadfa I, Kim SW, Reutlinger M, Siewert R. The transformation of gamma-tocopherol to alpha-tocopherol in the animal organism; a generational study in rats. Z Ernährungswiss 1989, 28: 36-48.
- Evans HM and Burr GO. The anti-sterility vitamin fat soluble E. Proceedings of the National Academy of Sciences 1925, 11: 134-141.
- Ghosh D, Das UB, Misro M. Protective role of alpha-tocopherol-succinate (provitamin E) in cyclophosphamide induced testicular gametogenic and steroidogenic disorders: a correlative approach to oxidative stress. Free Radic Res 2002, 36: 1209-1218.
- Gimeno E, Fito M, Lamuela-Raventos RM, Castellote AL, Covas M, Farre M et al. Effect of ingestion of virgin olive oil on human low-density lipoprotein composition. Eur J Clin Nutr 2002, 56: 114-120.
- Hartman TJ, Dorgan JF, Virtamo J, Tangrea JA, Taylor PR, Albanes D. Association Between Serum Tocopherol and Serum Androgens and Estrogens in Older Men. Nutr Cancer 1999, 35: 10 - 15.
- Kaiser UB, Conn PM, Chin WW. Studies on gonadotropin-releasing hormone (GnRH) action using GnRH receptor-expressing pituitary cell lines. Endocr Rev 1997, 18: 46.
- Manna PR, Wang XJ, Stocco DM. Involvement of multiple transcription factors in the regulation of steroidogenic acute regulatory protein gene expression. Steroids 2003, 68: 1125-34.
- Mason KE. Differences in testis injury and repair after vitamin A deficiency, vitamin E deficiency, and inanition. Am J Anat 1933, 52: 153-239.
- Mather JP, Saez JM, Dray F, Haour F. Vitamin E prolongs survival and function of porcine Leydig cells in culture. Acta Endocrinol (Copenhagen) 1983, 102: 470-475.
- Payne AH and Hales DB. Overview of steroidogenic enzymes in the pathway from cholesterol to active steroid hormones. Endocr Rev 2004, 25: 947-970.
- Payne AH and Youngblood GL. Regulation of expression of steroidogenic enzymes in Leydig cells. Biol Reprod 1995, 52 : 217-225.
- Sahinturk V, Guclu C, Baycu C. Protective effects of vitamin E on ethane dimethane sulfonate-induced testicular toxicity in rats. Asian J Androl 2007, 9: 117-124.
- Sedram R. Phytothérapie dans la région d'Essaouira. Thèse pharmacie, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Rabat. 1995 ; N°8.
- Senthil KJ, Banudevi S, Sharmila M, Murugesan P, Srinivasan N, Balasubramanian K. Effects of vitamin C and E on PCB (Aroclor 1254) induced oxidative stress, androgen binding protein and lactate in rat Sertoli Cells. Repr Toxicol 2004, 19: 202-208.
- Sokol RZ. Endocrinology of male infertility: evaluation and treatment. Semin Reprod Med 2009, 27: 149-158.
- Soleimani Mehranjani M, Noorafshan A, Momeni HR, Abnosi MH, Mahmoodi M, Anvari M et al.. Stereological study of the effects of vitamin E on testis structure in rats treated with para-nonylphenol. Asian J Androl 2009, 11: 508-516.
- Verma RJ, Nair A. Effect of aflatoxins on testicular steroidogenesis and amelioration by vitamin E. Food Chem Toxicol 2002, 40: 669-672.
- Wang X, Walsh LP, Reinhart AJ, Stocco DM. The role of arachidonic acid in steroidogenesis and steroidogenic acute regulatory (StAR) gene and protein expression. J Biol Chem 2000, 275: 20204-20209.

La pulpe du fruit d'arganier : matière première de valeur pour l'agro-industrie, mais de composition très variable

Pioch D.¹, Buland F.N.¹, Pingret de Sousa D.¹, Palu S.¹, Benismail M.C.², Mohktari M.², Larroque M.³, Doco T.⁴ & Charrouf Z.⁵

¹ CIRAD - UR 114 BioWooEB- Bioraffinerie, TA-B114/16, 34398 Montpellier Cedex5, France. Email: daniel.pioch@cirad.fr ;

² IAV- Centre de recherche d'Agadir, Maroc ; Email: benismail@iavcha.ac.m

³ UMR QUALISUD, Faculté de Pharmacie, Université de Montpellier 1, Montpellier, France
 Email: michel.larroque@univ-montp1.fr

⁴ INRA - UMR SPO, Montpellier, France ; Email:thierry.doco@supagro.inra.fr

⁵ Chimie des Plantes et Synthèse Organique et Bioorganique, Faculté des Sciences, Université Mohammed V-Agdal, Rabat, Maroc.Email: zcharrouf@menara.ma

RESUME

Par rapport à l'huile d'argan mondialement connue, la pulpe a une moindre valeur et a été moins étudiée. Ce travail est donc axé sur l'analyse de la pulpe, et sur certains paramètres agissant sur sa composition. Les fruits ont été récoltés soit murs au sol, soit sur l'arbre à différents stades de maturité. Les paramètres et composants étudiés sont: teneur en pulpe, des extraits sources d'arômes et de composés actifs (alcane, lactones, aldéhydes, terpéniques), une huile ayant une acidité élevée (16% pour des fruits verts), des sucres. L'étude montre l'effet de la forme du fruit, la variabilité entre des arbres produisant une forme donnée, et le stade de maturité. La pulpe pourrait être mieux valorisée via le bioraffinage en une gamme de produits, via un programme de recherche adapté, incluant l'ensemble des partenaires économiques, depuis le terrain, la sélection variétale, un procédé bien adapté à faible impact environnemental. Cette démarche déboucherait sur un système de culture différent ouvrant une ère nouvelle pour cette espèce très ancienne, y-compris au bénéfice de l'environnement en plus des usages actuels comme oléagineux et pour l'élevage.

Mots clés : arganier, pulpe, forme du fruit, maturité, composition chimique.

ABSTRACT

Aside Argan oil which is well known worldwide, the pulp suffers of having a lower value, partly due to the fact that it has been less studied. This report focuses on analysis of Argan pulp and on factors affecting selected components. Fruits were collected when mature or at differing stages of maturity. Investigated parts and compounds are: pulp content; extracts, a source of aroma and active compounds (alcanes, lactones, aldehydes, terpenics); a high acidity oil (16% in unripe fruits); sugars. The study points out the effect of fruit form, variability within a given group, and ripening stage. A high value could be achieved through biorefining the pulp into a range of useful products, through an extended research effort, including all members of the economical chain, field parameters, selection of improved genotypes, and adapted green process. This would lead to new farming practices, opening a new era for this ancient tree, including environmental services in addition to current uses for kernel oil and cattle-raising.

Keywords: Arganpulp, fruit shape, ripening, chemical composition

INTRODUCTION

The Argan tree is important from the environment standpoint in Morocco. Its current decline, caused by climate change, agriculture and overexploitation, is

expected to have drastic consequences on ecological, economical and human sides. Therefore it should be protected and even planted again. Nowadays, the Argan oil extracted from the kernel, has become the principal product from economical point of view. The

production chain is based on a single market which is driven by changing customer habits in EU and in the USA. These markets (cosmetics, health food) are known to be unstable, and thus this is a weak point which could impede current efforts to regenerate and develop plantations.

Thus, under present situation, in addition to improving the current production chain centered on kernel oil and fodder, it is important to expand our knowledge towards an integrated valorization of a range of high or medium value products from this tree. Here reported results deal with the pulp, owing to its diversified chemical composition, whereas it has been much less investigated than Argan (kernel) oil [Charrouf 1990, 1991a, 1991b, 2002, 2007; Chernane 1999; Fellat-Zarrouk 1987; Sandret 1957; Tahrouch 1998]. The valorization of fresh pulp requires to avoid degradation along the whole production chain, from ripening and harvest, to preserve the natural compounds. This brings a new challenge.

The study focusses some chemical aspects linked to ripening, harvesting and extracting potentially interesting products, with an insight on the influence of fruit shape and harvest place.

MATERIALS AND METHODS

Fruit samples

A procedure was set for collecting fruits of each of the 14 selected trees at the same ripening stage, in spite of the production period being spread over several weeks. Fruits were considered ripe when falling on the ground on a polyethylene film. Daily harvested fresh fruits were then counted, and size and pulp/nut ratio after manual depulping were measured. The pulp fraction was then dried or frozen, and stored until analysis. Trees were selected on the basis of fruit shape. For accessing to fruits at various stages of maturity, all fruits of a some trees were collected on the same day, considering the following groups: almost ripe, intermediate and unripe, as being respectively those close to falling but not yet fallen (based on color), turning color green-yellow, still green. Above procedure was applied for analytical purpose.

Analytical procedures

The water content was measured following ISO 665: 1997 (5 g; 103°C). The extraction of volatile compounds was performed in Headspace (SPME): in Glass bottle corked by aluminum foil, with a fiber of Polydimethylsiloxane / Divinylbenzene (PDMS/DVB) conditioned 30 min at 260°C before first use. 3 g of pulp

were cut into small pieces. The extraction of volatile compounds was made by heating samples at 90°C for one hour. Temperature of the head space was 49°C and within the solid (pulp) was 57°C; thermal desorption at 60°C; 2 minutes) in the GC injector coupled to a mass spectrometer.

Extraction with solvents :

- Water : Aqueous extract was obtained at 90°C for sugar analysis. The separation and determination were performed by HPLC with an electrochemical detector.

- Hexane and dichloromethane extracts : Sequential extraction with Soxhlet, hexane then dichloromethane). Operation was maintained until complete extraction.

The lipidic and polyisoprenic fractions (less polar fraction) were separated by precipitation with methanol. 2 mL of hexane extract were filtered and 0, 2 mL of methanolic KOH 2M was added for precipitation. The mixture was placed in a vortex and filtered. The identification was performed with 2 µL of extract by GC-MS.

The dichloromethane extract was diluted to 50 mL with dichloromethane and 2 µL were used for GC-MS analysis.

RESULTS AND DISCUSSION

Influence of fruit shape and ripening on chemical composition of the pulp

Firstly, we note in Table 1 that the water content in the pulp decreases during ripening of round fruits, while when mature the three shapes share close values. The percentage of fresh pulp also increases during ripening from 52 to 59% for round fruits, but fusiform show an even larger variation measured on the total production of three trees (48 – 59%); other shapes fall into the same range. These data refer to Argan trees grown in a single place (IAV, Agadir). Therefore given the high variability between fruits of same shape but harvested on neighbor trees, the effect of harvest place (namely a mountain slope, a plateau, near the Ocean, etc.) could not be detected on the limited number of samples (24) made available.

The above variation, according to fruit ripening and shape, may complicate the mechanized processing of fruits, for depulping for example, because depending on harvest date and phenotype. It is also well known by producers that some fruits have a very hard kernel. The pulp oil is a prominent component, representing an even larger part of the whole fruit than the famous kernel oil. Our team already reported on fatty acid composition (30% linoleic-25% palmitic acids), together with latex

(up to 3.6% of dry pulp in round fruits, while less than 1% was found for other shapes) (Pioch et al. 2011). We see here in Table 1 that the oil content of the dry pulp is higher during the ripening of round fruits, than when fully mature (8,3 and 5.7% respectively), while pulp from fusiform fruits may contain only 4.8%. Here again, for a given tree, harvesting fruits (i) when fallen or (ii) just before falling, may alter the oil content by 35%.

This oil from ripe fruits seems to be naturally acidic, with an acidity ranging between 7.3 and 8.9% for ripe fruits, depending on shape, but right before falling it jumps two fold. This is another example of the foreseen influence of harvest practices. Refining of such acidic oil would be quite expensive, owing to associated loss of neutral oil. Instead it could be combined to other oils for making soap, thanks to its high saturated acid content.

The next fraction of extractable in the pulp concerns the sugars. Extractable sugars have a quite common

the manufactured end products.

The total sugars contain pentoses and exposes. As expected from the appearance of the pulp, it should contain fibers. This is the case in mature round pulp, where glucose makes about 70%, whereas in unripe (green) fruits harvested from the tree, the pulp gives mainly rhamnose, xylose and arabinose (total about 60%). In this last case, the predominant pentoses are the mark of young cell walls with mainly primary walls, containing hemicellulose and pectin, then when ripening cellulose (made of glucose), starts to strengthen the structure of the pulp of the pectino-cellulosic complex (Aboughe-Angone et al. 2008), here increasing from a total of 138 (green fruits) to 250 mg/g in fallen (mature) fruits. Thus depending on harvest practice (fruits on the tree or fallen), one can expect some difference impacting not only the technology for processing the pulp, but also the quality of derived products (i.e. Argan jam), depending on market evolution.

Table1: Effect of fruit shape and of ripening stage on pulp content and on its composition

Ripening stage	Ripe(daily harvest on the ground)				Ripening (harvest on tree)		
Form	Pointed	Fusiform	Round	Round infested	Round Nearlyripe	Round Intermediate	Round Unripe
Water and volatiles (%)	76,9	74,8	76,7	76,5	80,8	82,6	80,3
Pulp/fresh fruit (%)	56,6	48,3 - 59,3	59,4	-	54,6	58,1	52,4
Oil content (% dry)	5,6	4,8	5,7	-	8,3	6,7	8,0
Oil acidity	7,57	7,27	8,88	7,45	14,78	8,02	16,4
(% oleic)	0,05		0,15	0,83	0,50	0,05	0,45

composition (Table 2); but, regarding mature fruits, while glucose is prominent in pointed and fusiform pulps, saccharose is the main sugar for the round shape. In this last case, during ripening, the sugar fraction contains mainly glucose then switched to saccharose before falling, as already said. Total content of extractable sugars jumps from 3.9% at early stage to 11.9%, then still increases but at a slower rate up to 16.7% when mature. At this stage, pulp from other shapes may contain even more total extractable sugars, up to 23.8% in pointed fruits, corresponding to an increase of ~40%. Thus the content and composition of extractable sugars are highly dependent on the ripening stage but also on the fruit shape, with expected consequences on

We also investigated the volatile fraction of pulps, and some extracts with solvent, because they are a potential source of high value compounds. In addition to pyrocatechol and amyrisin the CH₂Cl₂ extract of unripe round pulp is rich in lupeol derivatives (48% of extract), structures known to have potent anti-inflammatory, anticarcinogenic, antimutagenic, anti-inflammatory, and antimalarial activity (He et al 2011). The corresponding extract derived from ripe fruits

shows a quite different composition, including butylene glycol, wax esters, saturated alkanes, squalene and branched long chain alkenes, vitamin E, stigmasterol. The volatile fractions contain medium aldehydes (5% of extract), alkanes (16%) and alkenes (24%), farnesene (pheromone, attractant of apple carpocapse, among other bioactivities), also mequinol already marketed for skin care (depigmentation).

CONCLUSION

This work provides a short insight only on the chemical diversity of the Argan pulp, but from it, this less known part of the fruit should be seen as a source for deriving wide range of components. These examples clearly show the diversity of the chemical composition of pulp extracts -some components having a known activity. Derived products could range from food products, taking advantage on the diversity as a whole, to purified food and non food additives, and to highly bioactive compounds for health or agriculture. The expected value might be several orders of magnitude the current pulp value as feed.

The composition of the pulp is depending to a varying extent upon which component is targeted, not only on plant genotype or phenotype (here envisioned from the fruit shape), but also on the ripening stage. In other

words, the falling of fruits after having reached a given stage, and the duration of the harvest time over a month for a given tree, will lead to set new cultivation and harvest practices (unless breeding and clonal selection would overcome these current drawbacks).

Following this new way, compared to the current practice of harvesting dry fruits on the ground for cattle, the valorization of the pulp brings the challenge of harvesting the fruits on the tree at the most suitable stage of ripening according to targeted products. Further processing would imply to depulp and to preserve fresh pulp from degradation. This is the challenge seen only from the technology stand point, but other aspects should also be integrated, then asking for a highly integrated multi-disciplinary research effort (Bellefontaine et al 2012), including farmers and other groups then involved in the production chain.

AKNOWLEDGEMENTS

ADS-Morocco for funding part of this research work (ARCADI project) under RARGA2, as well as CIRAD, Agropolis-International and IAV-Agadir. Drs Hicham Harhar, Miloudi Hilali and Badr Eddine, Université Mohamed V, Rabat and IAV-Agadir for their help in daily harvesting and processing of fruits.

Table 2 : Extractible and total sugars in dry pulp, and vs ripening stage

		Pointed Ripe	Fusiform Ripe	Round Ripe	Round Nearly ripe	Round Intermediate	Round Unripe
Aqueous extract (% dry weight)	Rhamnose	-	-	-	-	-	0,065
	Glucose	14	9,1	5,6	3,9	6,2	2,2
	Fructose	5,8	5,9	3,6	2,7	3,0	0,6
	Saccharose	4,0	3,0	7,5	7,0	2,7	1,0
	Total	23,8	18,0	16,7	13,6	11,9	3,9
Total sugars (% mole)	Rhamnose				6,1	-	22,6
	Fucose				-	6,2	-
	Arabinose				13,8	3,0	16,5
	Galactose				3,9	2,7	3,4
	Glucose				69,6		36,0
	Mannose				1,8	11,9	1,0
	Xylose				4,8		20,6
	Total (mg/g)*				249,9		138,4

* mg of sugar / g of dry extract

REFERENCES

- Alaoui K, Charrouf Z, Dubreucq G, Maes E, Michalski JC, Soufiaoui M (2001). Saponins from the pulp of *Argania spinosa* L. Skeels. In International symposium of the Physicochemical Society – Leads compounds from higher plants.
- Aboughe-Angone S, Nguema-Ona E, Ghosh P, Lerouge P, Tadashi I, Ray B, Driouich A (2008). Cell wall carbohydrates from fruit pulp of *Argania spinosa* : structural analysis of pectneansdxylglocan polysaccharides. Carbohydrate Research 343, 67-72.
- Battino M (1929). Recherches sur l'huile d'argan et sur quelques autres produits de l'arganier. Thèse de doctoract en Pharmacie, Paris, 1929. Librairie le Français (Paris), 132p.
- Bellefontaine R, Pioch D, Palu S (2012). Un nouveau départ pour la recherche relative à l'arganier. Compte-rendu du 1er Congrès international sur l'arganier Agadir (Maroc), 15-17 décembre 2011. Secheresse x 1-5. doi : 10.1684/sec.2012.0337.
- Charrouf Z, Fkih-Tétouani S, Rouessac F (1990). Occurrence of Erythrodil in *Argania spinosa*, Al Biruniya, 6, (2), 135.
- Charrouf Z. (1991). Valorisation d'*Argania spinosa* (L.) Sapotaceae : Etude de la composition chimique et de l'activité biologique du tourteau et de l'extraïtlipidique de la pulpe., Thèse Sciences, Univ Mohammed V, Rabat.
- Charroux Z, Fkih-Tétouani S, Charrouf M, Mouchel B (1991). Triterpènes et stérolsextraits de la pulpe d'*Argania spinosa* (L.) Sapotaceae. Plantesmédicinales et Phytothérapie, XXV, 2-3, 112-117.
- Charrouf Z and Guillaume D (2002). Secondary metabolites from *Argania spinosa* (L.) Skeels. Phytochemistry Reviews,1: p. 345-354.
- Charrouf, Z, Hilali M, Jauregui O, Soufiaoui M and Guillaume D (2007). Separation and characterization of phenolic compounds in argan fruit pulp using liquid chromatography–negative electrospray ionization tandem mass spectroscopy. Food Chemistry 2007. 100: p. 1398–1401.
- Chernane, H, Hafidi A, El Hadrami I, Ajana H (1999), Composition phénolique de la pulpe des fruits d'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) et relation avec leurs caractéristiques morphologiques. Agrochimica, 43: p. 137-150.
- Fellat-Zarrouk K, Smoughen S and Maurin R (1987). Etude de la pulpe du fruit de l'arganier (*Argania spinosa*) du Maroc. Matière grasse et latex. Actes Inst. Agron.Vét.,7: p. 17-22.
- He Y, Lin F, Zhang (2011). Growth inhibition and apoptosis induced by lupeoltriterpenes in the hepato carcinoma cell. Bio. Pharm. Bull 34-4, 517-522.
- Pioch, D, Buland, F-N, Pingret de Sousa, D, Palu, S, Benismail, MC, Mohktari, M, Larroque, M, Bastianelli, D, and Charrouf, Z (2011). Valorization of the pulp of *Argania spinosa* L. Processing and products - Towards an optimized valorization of the Argan fruit.Proceedindnsodf the First International congress of Argan Tree, Agadir
- Sandret F (1957). La pulpe d'argane, composition chimique et valeur fourragère : variation en cours de la maturation. Annales de la Recherche Forestière aoMAroc, p. 152-177.
- Tahrouch S, Rapior S, Bessière J.M and Andary C (1998). Les substances volatiles de *Argania spinosa* (Sapotaceae). Acta Bot. Gallica, 145: p. 259-263.
- Projet UE/MEDA/ADS (2009). Appui à l'amélioration de la situation de l'emploi de la femme rurale et gestion durable de l'arganeraiedans le sud-ouest du Maroccontrat N° AR05A061P704, rapport final.

L'huile d'Argan améliore le bilan lipidique des hémodialysés chroniques : un espoir contre les complications cardio-vasculaires ?

Batta F.Z.¹, Alaoui Sekkouri K.¹, Alaoui H.¹, Dahri S.¹, Alaoui Belghiti K.¹, Arrayhani M.², Sqalli Houssaini T.², & Errasfa M.³

¹ Médecins résidents,

² Enseignants chercheurs, Service de Néphrologie et Hémodialyse du CHU Hassan II, Fès.

Email : tariksqalli@gmail.com.

³ Enseignant chercheur, Laboratoire de Pharmacologie, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Fès.

Email : pharmacologiefmpf@yahoo.fr.

RESUME

La dyslipidémie est un facteur de risque cardiovasculaire chez l'insuffisant rénal chronique hémodialysé, d'où l'importance d'une intervention thérapeutique et/ou diététique pour la corriger. L'huile d'argan, par ses propriétés anti-oxydante et modulatrice des lipides sanguins décrites chez l'homme reste un outil thérapeutique peu étudié. Dans notre étude, des patients avec dyslipidémie ont été randomisés en deux groupes, dont l'un a reçu 30 ml d'huile d'argan par jour, et ce, pendant cinq semaines. Les résultats de l'étude montrent que chez le groupe de patients traités par l'huile d'argan, il y a eu une amélioration de tous les paramètres lipidiques. L'effet était statistiquement significatif principalement sur l'augmentation du taux des HDLc (bon cholestérol) et l'apolipoprotéine A1, ainsi que sur la baisse des LDLc (mauvais cholestérol) et la lipoprotéine B. Nos résultats confirment l'effet correcteur de la dyslipidémie par l'huile d'argan, et montrent pour la première fois chez les patients hémodialysés un effet bénéfique sur leur dyslipidémie. L'huile d'argan serait donc un outil thérapeutique pour lutter contre les complications cardiovasculaires liées à la dyslipidémie chez les patients hémodialysés.

Mots clés : insuffisance rénale chronique, hémodialyse, dyslipidémie, huile d'argan, lipoprotéines

ABSTRACT

Dyslipidemia is a cardiovascular risk factor in chronic renal failure and hemodialysis patients. It represents a therapeutic target in the management of cardiovascular complications. Argan oil is known to have anti-oxidant and lipid modulatory capacity in humans, though clinical investigations in the field are scarce. In this investigation, we selected a group of hemodialysis patients who have dyslipidemia, and randomly assigned them either to a control group with no treatment, or to argan oil group (30 ml every morning during five weeks). Our results show that upon argan oil consumption, all blood lipid parameters were improved. We found a statistically significant increase of HDLc (good cholesterol) and apolipoprotein A1, and a statistically significant decrease of LDLc (bad cholesterol) and apolipoprotein B. Our data confirm the modulatory effect of argan oil on blood dyslipidemia, and for the first time in hemodialysis patients, argan oil shows therapeutic potential of managing a cardiovascular risk factor, such as dyslipidemia.

Key words: Chronic renal failure, hemodialysis, dyslipidemia, argan oil, lipoproteins.

INTRODUCTION

La fonction physiologique du rein est la production d'urine, où sont éliminés certains déchets du métabolisme de l'organisme, dont bon nombre sont des molécules toxiques et dont l'accumulation dans le sang

serait néfaste pour l'organisme. Quand le rein perd sa fonction, qu'est le cas extrême de l'insuffisance rénale chronique, il faut remplacer la fonction du rein par une opération d'hémodialyse. Dans cette étape, le patient subit un certain nombre de désordres métaboliques

parmi lesquels les troubles du métabolisme des lipides et lipoprotéines du sang (Wanner et al. 1997, Lahrach et al. 2008). Il est admis de nos jours, que chez les insuffisants rénaux chroniques sous hémodialyse, il existe une forte mortalité ayant pour cause directe les complications cardiovasculaires (Go et al., 2004). Or, ces complications cardiovasculaires sont en grande partie liées à des pathologies des vaisseaux coronariens, en l'occurrence, l'artériosclérose et la formation des plaques. Ces dernières sont précipitées par la dyslipidémie dans le sang et certains états inflammatoires des vaisseaux. La dyslipidémie qui caractérise l'insuffisance rénale est donc une cible parfaite pour traiter les complications cardiovasculaires des patients hémodialisés dont les troubles des taux de lipides et lipoprotéines représentent un facteur athérogène. Il existe des médicaments (statines, fibrates,

de plus de 15 ans et avec des volémies stables. Ont été exclus les patients ayant un antécédent d'hospitalisation ou d'épisode infectieux dans les 15 jours précédant le début de l'étude, les patients dénutris, tabagiques chroniques, et les patients sous statines ou anti-oxydants dans les 6 mois précédant le début de l'étude. Nous avons comparé des données cliniques et biologiques comprenant le bilan lipidique avant, et 5 semaines après la consommation quotidienne de 30 ml de l'huile d'argan.

RESULTATS

48 patients répondaient aux critères d'inclusion. L'âge moyen de nos patients était de $48,76 \pm 15$ ans, avec une prédominance féminine (sexe ratio= 0,58). Ils étaient randomisés en deux groupe de 24 patients chacun (Tableau 1).

Tableau 1 : Profil lipidique de la population de l'étude

	Population de l'étude	Groupe Argan +	Groupe témoin	p
Cholestérol (g/l)	$1,62 \pm 0,29$	$1,62 \pm 0,22$	$1,63 \pm 0,30$	NS
Triglycérides (g/l)	$1,77 \pm 0,68$	$1,72 \pm 0,75$	$1,82 \pm 0,62$	NS
LDLc (g/l)	$0,98 \pm 0,29$	$0,98 \pm 0,32$	$0,98 \pm 0,27$	NS
HDLc (g/l)	$0,28 \pm 0,08$	$0,28 \pm 0,07$	$0,28 \pm 0,09$	NS
Apolipoprotéines A1 (g/l)	$1,04 \pm 0,14$	$0,96 \pm 0,20$	$1,006 \pm 0,12$	NS
Apolipoprotéines B (g/l)	$0,90 \pm 0,19$	$0,93 \pm 0,20$	$0,88 \pm 0,18$	NS
Indice d'athérogénicité	$5,96 \pm 1,26$	$5,82 \pm 1,05$	$6,09 \pm 1,43$	NS
LDLc/HDLc	$3,56 \pm 0,94$	$3,52 \pm 0,94$	$3,60 \pm 0,96$	NS
ApoB/ApoA1	$0,87 \pm 0,16$	$0,81 \pm 0,13$	$0,91 \pm 0,16$	NS

acide niconitique ...) contre la dyslipidémie qui visent le métabolisme du cholestérol et des triglycérides, cependant, beaucoup de ces molécules ont des effets secondaires indésirables qui limitent leur utilisation. L'autre procédé de contrôle des dyslipidémies est le contrôle des apports en lipides, ou l'intervention diététique par des phytostérols. Dans ce sens, les études sur l'huile d'argan, aussi bien en laboratoire que sur l'homme, ont montré des effets bénéfiques sur le bilan lipidique (Drissi et al., 2004 ; Derouiche et al., 2005). Dans la présente étude, nous avons voulu vérifier l'effet de l'huile d'argan sur la dyslipidémie chez des patients insuffisants rénaux chroniques sous hémodialyse, chez qui la dyslipidémie devient un réel facteur de risque de mortalité cardiovasculaire.

PATIENTS ET METHODES

Etude prospective incluant les hémodialisés chroniques du centre Al Ghassani, ayant une dyslipidémie, âgés

Le type de dyslipidémie des patients est reporté sur la figure 1.

A la fin de l'étude, nous avons noté (Tableau 2), dans le groupe Argan, une baisse significative de 18% et 20% des taux de LDL-cholesterol ($0,98 \pm 0,32$ g/l à $0,80 \pm 0,28$ g/l) et des apolipoprotéines B ($0,93 \pm 0,20$ g/l à $0,74 \pm 0,19$ g/l), respectivement, alors qu'une augmentation significative de 32% et 14%, des taux du HDL-cholesterol ($0,28 \pm 0,07$ g/l à $0,34 \pm 0,11$ g/l) et des apolipoprotéines A1 ($0,96 \pm 0,20$ g/l à $1,10 \pm 0,15$ g/l), respectivement a été notée. L'huile d'argan a aussi induit une baisse non significative statistiquement, de 10% et 4%, des taux de cholestérol total et des triglycérides, respectivement.

CONCLUSION

Chez les patients insuffisants rénaux chronique sous hémodialyse, et qui ont une dyslipidémie, la consommation d'huile d'argan pendant cinq semaines

Figure 1 : Types de dyslipidémie chez la population étudiée

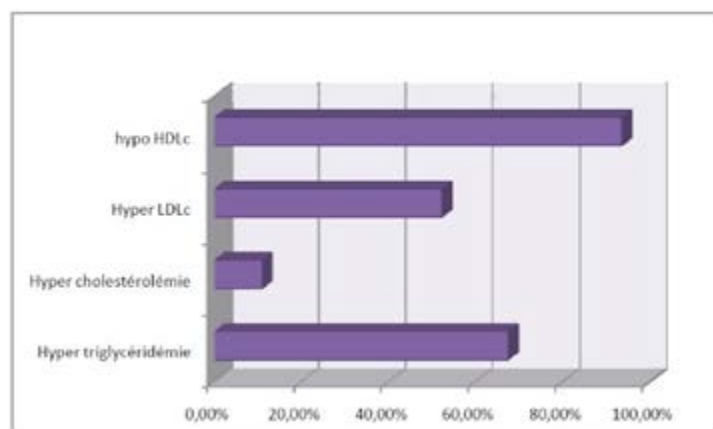


Tableau 2: Taux des paramètres lipidiques à la fin de l'étude

	Groupe Argan+ (N=22)			Groupe témoin (N=24)		
	T0	Après 5 sem	p	T0	Après 5 sem	P
Cholestérol (g/l)	1,62 ± 0,22	1,47 ± 0,34	0,13	1,63 ± 0,30	1,68 ± 0,31	0,52
Triglycérides (g/l)	1,72 ± 0,75	1,65 ± 0,60	0,7	1,82 ± 0,62	1,80 ± 0,70	0,54
LDLc (g/l)	0,98 ± 0,32	0,80 ± 0,28	0,05	0,98 ± 0,27	0,97 ± 0,26	0,88
HDLc (g/l)	0,28 ± 0,07	0,37 ± 0,11	0,03	0,28 ± 0,09	0,34 ± 0,15	0,15
Apolipo A1 (g/l)	0,96 ± 0,20	1,10 ± 0,15	0,05	1,006 ± 0,12	0,95 ± 0,16	0,3
Apolipo B (g/l)	0,93 ± 0,20	0,74 ± 0,19	0,004	0,88 ± 0,18	0,78 ± 0,21	0,08

a permis de corriger leur bilan lipidique. Dans une étude clinique parallèle, en collaboration avec l'équipe de néphrologie de l'Hôpital Militaire d'Instruction (CHU de Rabat), nous avons trouvé que l'huile d'argan améliorait d'une manière significative le taux des HDL-cholestérol chez les patients hémodialysés sans dyslipidémie (El Kabbaj et al., 2013). En conclusion, l'huile d'argan semble être un bon outil nutritionnel doué d'un potentiel thérapeutique significatif contre les risques cardiovasculaires liés aux lipides et lipoprotéines chez les patients hémodialysés. D'autres pathologies liées au métabolisme des lipides et lipoprotéines du sang devraient faire l'objet d'études cliniques interventionnelles par l'huile d'argan pour confirmer le potentiel thérapeutique assez large en médecine humaine.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Derouiche A, Cherki M, Drissi A, Bamou Y, El Messal M, Idrissi-Oudghiri A, Lecerf JM, Adlouni A. Nutritional intervention study with argan oil in man: effects on lipids and apolipoproteins. *Ann Nutr Metab.* 2005 May-Jun;49(3):196-201.
- Drissi A, Girona J, Cherki M, Godàs G, Derouiche A, El Messal M, Saile R, Kettani A, Solà R, Masana L, Adlouni A. Evidence of hypolipemiant and antioxidant properties of argan oil derived from the argan tree (*Argania spinosa*). *Clin Nutr.* 2004 Oct;23(5):1159-66.
- El Kabbaj D, El Jaoudi R, Oualim Z et Errasfa M. Effet de la consommation de l'huile d'argan sur le profile lipidique des hémodialysés chroniques. 2013 (article en preparation)
- Lahrach H, Ghalim N, Taki H, Kettani A, Er-Rachdi

- L, Ramdani B, Saïle R. Serum paraoxonase activity, high-sensitivity C-reactive protein, and lipoprotein disturbances in end-stage renal disease patients on long-term hemodialysis. *J Clin Lipidol*. 2008 Feb;2(1):43-50
- Go AS, Chertow GM, Fan D, McCulloch CE, Hsu CY. Chronic kidney disease and the risks of death, cardiovascular events, and hospitalization. *N Engl J Med*. 2004 Sep 23;351(13):1296-305.
- Wanner C, Zimmermann J, Quaschnig T, Galle J. Inflammation, dyslipidemia and vascular risk factors in hemodialysis patients. *Kidney Int Suppl*. 1997 Nov;62:S53-5.

Comportement microstructurale, thermique et mécanique de matériaux bio-composites renforcés par la coque de la noix d'arganier

Hilali E.¹, Essabir H.¹, Elgharad A.², Elminor H.¹, Imad A.³, Elamraoui A.²

¹Chercheurs à l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Université Ibn zohr, B.P 36/S Agadir, Maroc. E-mail : e.hilali@uiz.ac.ma

²Chercheur à l'Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique, B.P. 6207 Rabat-Instituts, Rabat, Maroc

³Chercheur au Laboratoire de Mécanique de Lille, Université Lille 1, Avenue Paul Langevin F-59655 villeneuve d'ascq cedex, France

RESUME

La matrice polypropylène (PP) a été renforcée par des particules de coques de noix d'arganier (CNA) en utilisant un mélangeur interne. Trois gammes de tailles de particules ont été utilisées en présence d'un copolymère (bloc linéaire à base de styrène et de butadiène et de styrène lié (SBS)) comme agent de couplage. L'agent de couplage utilisé (SBS) améliore l'adhérence d'interface entre les particules et la matrice. Différentes concentrations de particules ont été utilisées (0, 10, 15 et 20% en poids.). Des essais mécaniques ont été effectués pour montrer l'évolution de module de traction et le module de Young des composites par rapport à celles du polymère vierge. Microscopie électronique à balayage (MEB), Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (FT-IR) et Analyse Thermogravimétrique (ATG) ont été utilisées pour caractériser les particules et ces composites. Les résultats montrent une amélioration du module de Young et la résistance à la traction des composites renforcés avec des particules de petites tailles par rapport aux grandes tailles. Les composites sont thermiquement stables par rapport au PP vierge.

Mots clés: matrice polymère, composite, propriétés mécaniques, propriétés thermiques, Argan

ABSTRACT

Polypropylene (PP) was reinforced with Nut-shells of Argan (NA) particles using an internal mixer process. Three different sizes range of particles were used in the presence of a polypropylene matrix grafted with 8wt. % of linear block copolymer based on styrene and butadiene with bound styrene (SBS) coupling agent. The used SBS coupling agent improves the interface adhesion between particles and polyethylene matrix. Mechanical tests were performed to show the evolution of tensile and Young Modulus of the composites against those of neat polymer. Various concentrations of natural particles (0,10,15,20wt. %). Scanning Electron Microscopy (SEM), Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR), Thermo gravimetric analysis (TGA), Differential Thermal Analysis (DTA) and tensile tests were employed to characterize the NA particles polypropylene composite. The result shows an improvement in Young's modulus and in tensile strength with small particles rather than large ones. The composites thermal stability exhibit a slight increase in decomposition temperature against neat PP.

Keywords: Polymer-matrix, composites, mechanical properties, thermal properties, Argan

INTRODUCTION

Au cours de ces dernières années, l'utilisation de charges naturelles comme renfort dans les matériaux composites a connu un essor considérable (Joseph et al, 1999). Face aux problèmes écologiques, environnementaux et énergétiques, les matériaux biodégradables d'origine

végétale sont l'objet d'un intérêt grandissant au niveau industriel. Les fibres et les charges végétales cumulent de nombreux atouts : ressources renouvelables, faible coût, propriétés mécaniques spécifiques élevées. C'est l'ensemble de ces qualités qui justifie leur utilisation dans la fabrication des composites (Idicula et al, 1999).

De ce fait l'introduction des charges naturelles dans des matrices polymère peut apporter des avantages notoires par rapport aux fibres et aux charges traditionnellement utilisées dans les composites.

Les charges naturelles présentent plusieurs avantages quand il fournit un renforcement inhérent dans des matrices polymériques [5]. Cependant, l'une des principales limites de l'utilisation de charges naturelles dans des applications à haute résistance sont leurs pauvres propriétés d'adhérence avec les matrices polymère (Agrawal et al, 2000). En outre, les charges naturelles ne peuvent pas résister à des hautes températures (Joseph et al, 1999) (Joseph et al, 1999). Cependant, en raison du caractère anisotrope et inhomogène des matériaux, des paramètres contrôlant les propriétés mécaniques sont nombreux, comme l'architecture de fibres, les propriétés des charges et les propriétés de la matrice (Malkapuram et al, 2008).

Plusieurs études ont mis l'accent sur le développement de méthodes spécifiques pour diminuer l'aspect hydrophile des charges naturelles contre le caractère hydrophobe des polymères. Les traitements chimiques des charges naturelles sont utilisés pour éliminer les matériaux amorphes, les cires, la pectine et autres composants non cellulotiques à partir de la surface des

et le reste sous forme de résidus (la pulpe et la coque).

Le but de cette étude est de caractériser les propriétés mécaniques et thermiques des particules de noix de coques d'Arganier (CNA) utilisées comme renfort dans une matrice polypropylène.

La matrice polypropylène a été greffée avec 8% de l'agent de couplage SBS. Les composites ont été préparés en utilisant un mélangeur interne et les éprouvettes de traction ont été pressées par une machine de moulage par pressage à chaud. Les Noix de coques d'Arganier et leurs composites ont été caractérisés par FT-IR, ATG, MEB et les essais mécaniques.

MATERIEL ET METHODE

1. Distribution des particules :

L'analyse granulométrique a permis de séparer les particules en trois gammes de tailles en fonction du diamètre (D) des particules, chaque gamme à trois dimensions qui forme une gaussienne avec des proportions de 20%, 60% et 20% de particules. Le tableau 1 illustre la distribution de la taille des particules de trois gammes.

2. Mode opératoire :

Gamme 1		Gamme 2		Gamme 3	
Tailles (µm)	Pourcentage en poids (%)	Tailles (µm)	Pourcentage en poids (%)	Tailles (µm)	Pourcentage en poids (%)
D<125	20	125 <D< 160	20	160 <D< 250	20
125<D < 160	60	160 <D< 250	60	250 <D< 315	60
160 <D <250	20	250 <D <315	20	315 <D< 360	20

Tableau 1. Distribution des particules (CNA)

charges. D'autre part, l'utilisation d'agents de couplage forme un pont de liaisons chimiques entre la charge et la matrice pour obtenir une bonne mouillabilité entre le polymère et la charge.

L'arganier est un arbre endémique, qui occupe environ 830000 ha du Sud-Ouest marocain, avec une production annuel de 130000 tonnes de déchets issus de ses fruits. Son principal intérêt réside dans son fruit, composé de deux parties : l'amande constitue 3% en poids du fruit

La matrice PP a été mélangée avec des granulats de l'agent D1152 avec un pourcentage de 8% en poids. Les mélanges ont été effectués par une extrudeuse à double vis co-rotatives "GmbhLeistritz Extrusions technik, Allemagne". Le PP-D1152 et les particules ont été mélangés à l'aide d'un mélangeur interne (Thermo HaakRheomix, Allemagne). Le pressage à chaud a été effectué en utilisant une presse automatique (CARVER INC, USA) avec deux plateaux chauffés à 200°C.

RESULTATS

1. Caractérisation Thermique

Le thermogramme (TGA) des particules et des composites contenant les particules a été obtenue à partir de la température ambiante jusqu'à 600°C à une vitesse de chauffage de 10°C par 1 minute. Pour les particules de CNA, la courbe ATG a montré trois régions de décomposition: 30-105°C, 280-350°C, 350-470°C. La première région correspond à la déshydratation des particules à 105°C. Au-delà de cette zone, il y a une perte de masse qui est associée à la dégradation des particules par dépolymérisation de la lignine et de la pectine entre 280°C et 350°C (tableau 2). Un maximum de dégradation apparaît entre 350°C et 470°C, ce qui

des chaînes polymériques, ce qui réduit la stabilité thermique du composite.

3. Essais de traction :

3.1. Module de Young :

Le module de Young est illustré dans la figure 1, pour les différents chargements en particules et les diverses tailles de particules dans les matériaux composites.

On peut clairement voir qu'il y a une augmentation linéaire du module de Young avec l'augmentation de la charge en particules, jusqu'à une valeur maximale, puis une chute dans le module de Young avec l'ajout de particules. La valeur maximale du module de Young pour les particules de la gamme 1, est plus élevée que

Tableau.2. Dégradation thermique : polypropylène, particules de CNA, et composites PP avec 10. % et 25wt. % en charges.

Neat PP	Argan Particles	Argan / PP-SBS	
		Particles content (wt. %)	
		10	25
351	285/340/470	300	310

reflète la dégradation de la cellulose. Au-delà de 470°C, la masse résiduelle est d'environ 0%.

Nous observons que les deux composites sont moins stables thermiquement que le polypropylène. Ces différences sont dues à des réactions et des interactions complexes (telles que la friction) entre les particules et les chaînes polymères qui peuvent aboutir à la scission

celle des particules de la 2ème et la 3ème gamme, pour la même charge en particules. Le module de Young pour la 3ème gamme atteint un maximum à 15. % en charges. Il est clair que le module de Young diminue avec l'augmentation de la taille des particules.

L'interaction entre les particules dans la matrice, augmente avec l'augmentation de la charge et la taille

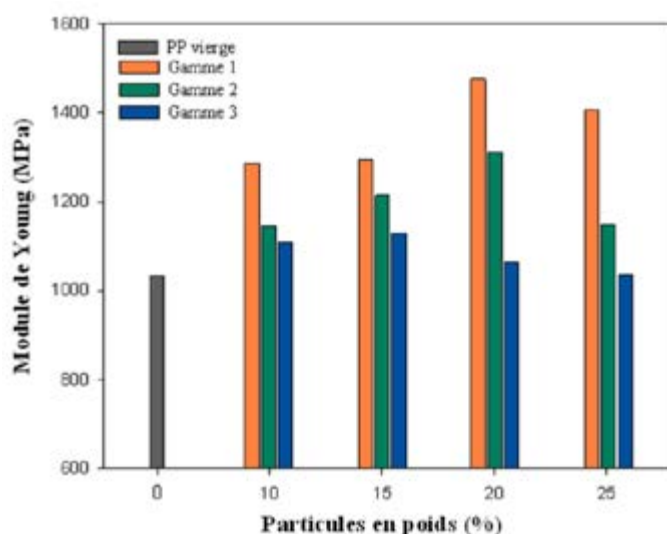
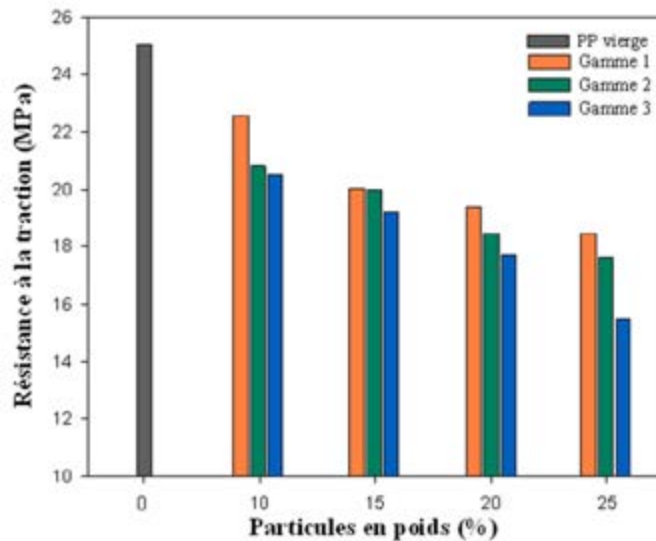


Figure 1. Module d'Young des composites (CNA/PP) avec différentes tailles de particules et différents chargement.

des particules, ce qui réduit la rigidité du composite, reflétant la diminution du module de Young.

3.2. Résistance à la traction :

La résistance à la traction des composites est représentée graphiquement dans la Figure 2.



Il est clairement démontré que, pour une charge de particules donnée, la résistance à la traction augmente avec la diminution de la taille des particules. Les particules les plus petites ont une plus grande surface compatible pour une charge de particules donnée. Cela indique que la résistance augmente avec l'augmentation de la surface compatible. D'autre part l'addition des particules diminue la résistance à la traction en augmentant la zone de contrainte qui existe autour des particules dans le composite.

CONCLUSION

Dans ce travail, les effets combinés de la taille des particules et le taux de chargement, sur les propriétés mécaniques et thermiques du composite polypropylène (PP) renforcé par des noix de coque d'arganier (CNA) ont été étudiés. Les résultats ont montré qu'une augmentation linéaire du module de Young avec l'augmentation en charge jusqu'à une valeur optimale, l'amélioration du module de Young a été observée avec des particules de petites tailles avec 20% de charges. La résistance à la traction des composites a été également évaluée et a montré une diminution linéaire avec l'augmentation de la charge. En revanche, la résistance à la traction des composite augmente avec la diminution tailles de particules.

La stabilité thermique des particules CNA a été analysée au moyen de TGA, il a été constaté que la stabilité

thermique diminue avec l'augmentation de la charge en particules.

REFERENCES

- Joseph PV, Joseph K, Thomas S. Effect of processing variables on the mechanical properties of sisal-fiber-reinforced polypropylene composites. *Comp SciTechnol* 1999; 59 :1625-40.
- Agrawal R, Saxena NS, Sreekala MS, Thomas S. Effect of treatment on the thermal conductivity and thermal diffusivity of oil-palm-fiber-reinforced phenolformaldehyde composites. *J PolymSci B* 2000;38 :916-21.
- Idicula M, Boudenne A, Umadevi L, Ibois L, Candau Y, Thomas S. Thermophysical properties of natural fibre reinforced polyester composites. *Compos SciTechnol* 2006; 66:2719-25.
- Malkapuram R, Kumar V, Yuvraj SN. Recent development in natural fibre reinforced polypropylene composites. *J ReinfPlast Compos* 2008 ; 28 :1169-89.

Les conditions de l'amélioration de la valorisation de l'argan par la mise en œuvre de l'Indication géographique protégée (IGP)

Renversade J.M.

Expert de 2D coopération Conseil AV.Hassan II, imm. des avocats N°430 Agadir Maroc

Email : jmr.dcdc@gmail.com

RESUME

L'IGP argan a été créé en 2008 à l'initiative du conseil régional Souss Massa Draa avec les acteurs de la filière et l'appui d'experts de la région Aquitaine. Ce choix découlait d'un constat, le développement rapide du marché de ce produit à l'international, avec une forte notoriété, une progression rapide des prix, mais également la captation de la valeur ajoutée par les distributeurs au détriment des producteurs. Cette situation a également engendré des dérives : usurpation du nom, tromperies sur le produit. Il devenait urgent de protéger le produit, son nom, sa qualité, son origine et de poser des règles de base pour sa mise en marché. L'IGP est devenue opérationnelle en janvier 2010 après l'arrêté de reconnaissance pris en application de la loi 25-06 sur les SDOQ. La certification a débuté, avec AMIGHA la structure de gestion de l'IGP et l'organisme de contrôle agréé Normacert. En février 2010 la loi 12-06 relative à la normalisation ouvre la perspective de la reconnaissance des SDOQ marocains au niveau international. Cette période de mise en œuvre a fait en 2012 l'objet d'un rapport d'évaluation du programme cofinancé par l'UE qui propose en particulier les conditions d'amélioration à apporter, pour une meilleure valorisation du produit par l'IGP argan.

Mots clés : *IGP indication géographique protégée, SDOQ Signes distinctifs d'origine et qualité loi 25-06, Normalisation, accréditation internationale à la certification loi 12-06, Reconnaissance celle de l'UE apporte la protection de l'IGP avec des contrôles contre l'usurpation du nom et les tromperies sur le produit*

ABSTRACT

The PGI Argan established in 2008 on the initiative of the Regional Council Souss Massa Draa with industry players and expert support of the Aquitaine region. This choice stems from a determination; the rapid development of the market has international argan oil with high notoriety, a rapid increase in prices, but also capture the value added by distributors at the expense of producers. This situation also creates derivatives. It became urgent to protect argan oil, the product, its name, its origin and quality ask basic rules its marketing. Operational in January 2010 after recognition made under the act SDOQ 25-06, certification began, accompanied by AMIGHA the management structure of the PGI with organism approved inspection NORMACERT. In February 2010 the 12-06 relative law normalization opens the perspective of international recognition of Moroccan SDOQ. This period implementation has been the subject of a 2012 evaluation report of EU co-funded programme that provides in particular conditions has appointed for better valuation produced by PGI argan.

Keywords : *PGI the protectal geographical indication, SDOQ distinctive signs of origin and quality law 25-06, Normalization international accreditation is certification law 12-06, Recognition of the EU provides protection PGI with controls against theft and deception name product*

RAPPEL DU CONTEXTE

1. Un cadre législatif et réglementaire marocain adapté et opérationnel :

Les autorités Marocaines, sous l'impulsion du ministère de l'agriculture, ont créé le cadre législatif (loi 25-06 /2008) avec les décrets d'application sur les signes distinctifs d'origine et de qualité (SDOQ) et se dotent d'un cadre cohérent. La loi 12-06 de février 2010 pose ensuite les bases de la normalisation et de l'accréditation à la certification elle va permettre de faire reconnaître les SDOQ au plan international et particulier en Europe et obtenir de l'UE la même protection dont bénéficie les appellations européennes. Par ailleurs, elle va permettre d'accréditer des organismes marocains à la certification IGP et Bio reconnue au niveau international. Le Maroc va ainsi s'affranchir des organismes internationaux et développer des compétences nouvelles, avec des coûts de certification plus économiques.

2. Une forte notoriété et un marché en développement

L'huile d'argan est devenue le symbole d'un produit pur, naturel, avec une valeur éthique liée aux coopératives féminines. Elle est ainsi entrée depuis une période récente dans la stratégie marketing de grandes marques de produits cosmétiques. Ils utilisent son image et le nom «argan» pour des campagnes médias (presse, télévision) en Europe. Il en découle une notoriété, sans rapport avec la chaîne de valeur pratiquée et sa répartition. Le marché est tiré par l'huile d'argan cosmétique, utilisée pure ou en tant qu'ingrédient pour produits cosmétiques ou de soins du corps.

Les chiffres officiels des exportations traduisent une tendance, en 10 ans (2004/2013) elles sont passées de 50 tonnes à 900 tonnes, principalement en Europe et en France, avec une diversification sur les USA et l'Asie. Cependant la majorité de ces transactions (70%) sont réalisées en vrac, cette situation est préjudiciable aux producteurs, elle les prive de la valeur ajoutée captée en totalité par les distributeurs et les transformateurs. Elle facilite, en l'absence de contrôle, le détournement du nom du produit, les contrefaçons. L'application du cahier des charges de l'IGP s'impose avec le conditionnement sur l'aire géographique de production et l'application de la charte graphique IGP prévues par la loi avec les pénalités pour les infractions.

3. Un «système qualité» et une certification IGP opérationnelle

En janvier 2010 la mise en œuvre du système qualité est engagée, avec l'accompagnement des producteurs afin qu'ils maîtrisent le cahier des charges et le plan de

contrôle. La certification est assurée par l'organisme agréé (Normacert). En 2012 Amigha a réalisé 278 accompagnements d'opérateurs, 80 contrôles internes, 23 producteurs ont été certifiés et 15 en instance de certification. La production certifiée IGP est passée de 12 tonnes en 2010 à 80 tonnes en 2012.

Les propositions pour l'amélioration de la valorisation de l'argane par la mise en œuvre de l'IGP

1. Une modification radicale de l'organisation du marché de la matière première.

Le marché actuel de la matière première est caractérisé par une production annuelle irrégulière de fruits qui peut être stocké (3 ans sous conditions dans le cahier des charges IGP) et sur le développement d'une économie largement informelle des souks d'amendons, sous la pression de la forte demande qui constitue pour le moment la base essentielle de l'approvisionnement des entreprises et d'un certain nombre de coopératives. Cette situation est incompatible avec la mise en place d'une économie moderne, intégrée, respectueuse du système qualité IGP qui garantisse l'origine, la traçabilité. La solution passe par un réseau structuré d'unités de concassage agréées (prévu dans le plan de contrôle) sous la responsabilité des ayants droits, qui permette de garantir la traçabilité. Ce réseau doit bénéficier d'un soutien technique et financier pour la création et la gestion des stocks. Il doit rapidement anticiper sur les évolutions technologiques du concassage mécanique et de nouvelles techniques d'extraction qui fait planer le risque de délocalisation des unités de production. C'est un enjeu essentiel pour le développement intégré et le maintien d'un lien économique fort entre le territoire, le produit et les populations locales qui ne doivent pas être réduites, pour l'avenir, à une simple économie de cueillette.

2. Une mise à niveau de la filière coopérative et des investissements structurants

Les faiblesses du secteur coopératif sont bien identifiées, un certain nombre d'entre elles n'ont pas la possibilité d'entrer dans le système qualité IGP, elles ne peuvent pas répondre aux conditions techniques et économiques indispensables. Un programme de restructuration doit être conduit avec les organisations représentatives (Anca, GIE). Il doit porter en particulier sur la mutualisation des moyens techniques et la réalisation d'équipements structurants : une marque coopérative, une plateforme de vente en ligne directe de produits IGP conditionnés sur le marché international, une unité de conditionnement et de transformation aux normes internationales. L'objectif général de ce projet

est de mettre les coopératives, en mesure d'anticiper les évolutions technologiques (concassage mécanique, nouvelles techniques d'extraction), d'acquérir la maîtrise technique et la taille critique pour accéder au marché avec des produits IGP qui permettent de récupérer la valeur ajoutée du travail de la filière.

3. L'application rapide de la réglementation de l'IGP argan pour le conditionnement, la distribution, l'exportation à tous les opérateurs au Maroc.

Depuis 2010 date 23 coopératives et entreprises ont certifié leur production pour un volume qui devrait atteindre 100 tonnes d'huile d'argan IGP en 2013. L'application des règles de l'IGP doit être appliquée à tous les opérateurs marocains pour le conditionnement, la distribution, la commercialisation et l'exportation. Les volumes de production IGP sont déclarés au ministère de l'agriculture. Les règles imposent un étiquetage avec le logo IGP, les coordonnées du producteur, numéro de lot de production. Le conditionnement doit être réalisé sur l'aire géographique de production, la commercialisation en bidons de petit volume doit être limitée aux produits destinés à être utilisés comme ingrédient. En effet l'exportation en grand volume (type fût) ne permet pas d'assurer une traçabilité suffisante, et surtout ne permet pas une juste rémunération dans la chaîne de valeur de la filière. Le ministère de l'agriculture et l'ONSSA doivent adresser directement à tous les opérateurs une mise en demeure pour se mettre en conformité (avec des délais précis) au-delà desquels la recherche et la constatation des infractions sont sanctionnées en application de la loi 25-06. Par ailleurs l'EACCE fait respecter les règles d'étiquetage IGP et de conditionnement à l'exportation.

4. L'obtention de la reconnaissance et la protection de l'IGP argan par l'UE.

L'aboutissement de la procédure d'accréditation de Normacert auprès du ministère de l'industrie va permettre la reconnaissance par l'UE de la certification IGP Aragne sur le territoire de l'UE et la mise en œuvre des mesures de protection, au même titre que pour les produits européens sous appellations.

Elle apporte aux consommateurs Européens les garanties indispensables pour rétablir un lien de confiance érodé par certaines pratiques commerciales abusives qui se sont développées depuis quelques années. Pour les consommateurs l'équation: santé/qualité/nature(bio) est forte et durable dans les secteurs de l'alimentation, des soins du corps et de la cosmétique.

5. la Réorganisation de la structure d'Amigha l'organisme de gestion de l'IGP

Amigha a été créé en 2008 à l'initiative du CRSMD, elle a porté la création de l'IGP et le début de sa mise en œuvre. En 2013, le marché s'est profondément modifié, il est dominé par l'exportation en vrac essentiellement pour le cosmétique avec une part de marché des entreprises qui a progressé plus vite que celle des coopératives. Avec l'ANDZOA et l'interprofession Amigha ne correspondent plus à la situation. Comme c'est le cas en Europe, l'organisme de gestion de l'IGP doit être maintenant géré par les professionnels (coopératives et entreprises) sa mission et son rôle et ses missions doivent être modifiés pour se recentrer sur le suivi de la mise en œuvre de l'IGP et trouver sa place avec l'interprofession.

CONCLUSION

Le travail réalisé par les autorités Marocaines en 5 ans est remarquable. Il va permettre d'insérer l'IGP ARGANE sur un créneau en forte croissance dans les pays développés. Sur le plan économique l'application et le respect des règles de l'IGP a pour objectif d'inverser la tendance actuelle de l'exportation en vrac et de valoriser dans les 5 ans 70% des exportations en huile conditionnée ou en produits élaborés. Cet objectif doit permettre de multiplier au moins par 5, sur l'aire géographique, la valeur actuelle de la production. La répartition équitable de cette valeur ajoutée reste un enjeu essentiel. La création de l'Agence Nationale de Développement de l'Arganeraie et des Zones Oasiennes (ANDZOA) est un point d'appui supplémentaire. Il complète de façon cohérente le dispositif législatif et réglementaire avec le choix d'un développement intégré qui s'appuie sur les populations locales avec l'objectif de sauvegarder et de renforcer le fragile équilibre environnemental, économique et social qui caractérise l'arganeraie.

Les bases moléculaires des effets de l'huile d'argan sur la β -Oxydation mitochondriale et peroxysomale au niveau hépatique chez la souris

El Kebbaj R.^{1,2}, Andreoletti P.¹, El Hajj H.I.¹, El Kharrassi Y.^{1,2}, Mandard S.³, Latruffe N.¹, Vamecq J.⁴, El Kebbaj M.S.⁵, Lizard G.¹, Nasser B.² and Cherkaoui Malki M.¹

¹ Laboratoire de Biochimie du Peroxysome, Inflammation et Métabolisme Lipidique, Faculté des sciences Gabriel, Université de Bourgogne, Dijon, France.

² Laboratoire de Biochimie et Neurosciences, Faculté Sciences et Techniques, Université Hassan Ier Settat, Maroc.

³ Unité Mixte de Recherche INSERM U866, Université de Bourgogne, Dijon, France.

⁴ Laboratoire de Recherche sur les Lipoprotéines et l'Athérosclérose, Faculté des sciences Ben Msik, Université Hassan II, Casablanca, Maroc.

RESUME

Au cours de cette dernière décennie, le statut de l'huile d'argan est passé de celui d'un produit exotique à celui d'un produit très prisé pour ces qualités antioxydantes et nutritionnelles. Bien qu'un certain nombre d'études ont déterminé le rôle préventif de l'huile d'argan (HA) au niveau des maladies cardiovasculaires, les bases moléculaires de ces effets bénéfiques restent à élucider.

Dans le but donc de caractériser les effets bénéfiques de HA sur le métabolisme lipidique, des souris ont reçu une nourriture complétée par HA. Pour élucider également le potentiel préventif, des lots de souris nourris à l'HA ont reçus une dose de Lipopolysaccharide (LPS) 16h avant la fin du traitement. Les effets sur le métabolisme lipidique ont été suivis dans le foie à différents niveaux. Les variations de l'expression de gènes impliqués dans la β -oxydation mitochondriale et peroxysomale ont été évaluées aussi bien au niveau post-transcriptionnel (qPCR) qu'au niveau post-translationnel (activité enzymatique).

Nos résultats montrent des effets positifs sur l'induction de la β -oxydation des acides gras (AG) et un effet préventif contre la perturbation de métabolisme lipidique causée par la Lipopolysaccharide. Ces résultats indiqueraient que l'HA, du fait de sa composition riche en AG mono et poly-insaturés et en antioxydants, a des effets hypolipémiants et préventif au niveau hépatique qui se traduisent par une régulation de l'expression à la fois de récepteurs nucléaires et de leur gènes cibles.

Mots clés : Argan, bases moléculaires, β -oxydation, mitochondrie, peroxysome

ABSTRACT

During This last decade, the status of the argan oil passed the exotic product at the product very appreciated for their antioxidizing and nutritional qualities. While a number of studies has determined the preventive role of Argan oil (AO) at the level of the cardiovascular diseases, the molecular bases of these beneficial effects remain to clarify.

In order to characterize the beneficial effects of HA on the lipid metabolism, mice received a food complemented by HA. To clarify also the preventive potential, lots of mice fed in the HA received a dose of Lipopolysaccharide (LPS) 16 hours before the end of the treatment.

The effects on the lipid metabolism were followed in the liver at various levels. The variations of expression of genes implied β -oxidation mitochondriale and peroxysomale were estimated as well at the level post-transcriptionnel (qPCR) as at the post-translation level (enzymatic activity).

Our results show positive effects on the induction β -oxidation of fatty acids (AG) and a preventive effect against the disturbance of lipid metabolism caused by Lipopolysaccharide.

These results would indicate that the HA, because of its composition rich in mono AG and polyunsaturated and in antioxidants, has hypolipemiant effects and preventive at the hepatic level which are translated by a regulation of expression at the same time of nuclear receivers and of them target genes.

Mots clés : *Argan, bases moléculaires, b-oxydation, mitochondrie, peroxysome*

INTRODUCTION

Les acides gras sont des molécules biologiques importantes pour la croissance et le développement de l'organisme. Ils sont utilisés en tant que source énergétique, régulateurs de la signalisation moléculaire et en tant que composants essentiels des membranes cellulaires (Jump et al., 2005). En effet, chez l'homme certains troubles (maladies cardiovasculaires, l'hyperlipidémie, l'obésité, résistance à l'insuline) sont caractérisés par des niveaux altérés d'acides gras ou de leurs métabolites qui provoquent par leur accumulation dans la cellule du stress oxydant et de l'inflammation dérégulant ainsi l'homéostasie cellulaire. Il est donc important de maintenir un contrôle strict sur les niveaux des acides gras dans la cellule et dans l'organisme (Forman et al., 1997).

Ce contrôle sur la régulation du taux des acides gras, se fait principalement dans le foie qui est le carrefour de métabolisme énergétique aussi bien lipidique que glucidique (Jump et al., 2005). Ce contrôle est exercé par des récepteurs nucléaires du type PPAR et dont le PPAR α joue un rôle majeur dans la régulation de la transcription de gènes codant des enzymes impliquées dans l'oxydation des acides gras (Cherkaoui-Malki et al., 2001).

En tant que ligands naturels, les acides gras activent le PPAR α , ensuite ce dernier recrute le coactivateur PGC-1 α pour stimuler la transcription des gènes cibles, en l'occurrence ceux codant pour des enzymes impliquées dans les deux voies de la b-oxydation des acides gras, mitochondriale et peroxysomale (Gulick et al., 1994; Reddy and Hashimoto, 2001). Parmi ces gènes cibles on trouve notamment les gènes codant respectivement pour l'Acyl-CoA oxydase (ACOX1), au niveau peroxysomal et l'Acyl-CoA déshydrogénase des moyennes chaînes (ACADM) au niveau mitochondrial. Ces gènes sont des cibles directes de PPAR α (Meng et al., 2009; Pyper et al., 2010).

En effet, Parmi les déclencheurs exogènes de l'inflammation on trouve des endotoxines bactériennes « les lipopolysaccharides » (Calder, 2006). Les travaux

récents ont montré que l'administration du LPS perturbe le métabolisme lipidique en diminuant les expressions de PPAR α et de son coactivateur PGC-1 α dans le foie et le coeur des souris et par conséquent leurs gènes cibles (Feingold et al., 2004).

Dans notre étude, les souris ont été traitées par l'huile d'Argan ou l'huile d'Olive. Deux huiles naturelles très riches en acides gras mono et polyinsaturés. Par conséquent, l'administration de ces huiles est susceptible d'avoir un effet d'une part, sur le métabolisme lipidique au niveau du foie des souris en activant PPAR α et d'autre part, préventif contre la perturbation causée par le LPS. Dans ce contexte, nous avons évalué les effets de ces traitements, au niveau du tissu hépatique chez la souris, sur les variations d'expression du facteur de transcription PPAR α ainsi que leurs gènes cibles au niveau de la voie de la b-oxydation, des acides gras, mitochondriale et peroxysomale.

MATERIEL ET METHODES

Dans le but de caractériser les effets de l'huile d'argan sur le métabolisme lipidique, les souris ont reçu une nourriture complétement par l'huile d'Argan ou l'huile d'olive à une concentration de 6% pendant 25j. et pour élucider le potentiel préventif contre la perturbation du métabolisme lipidique par le lipopolysaccharide, les lots de souris nourris à l'huile d'Argan ou l'huile d'olive ont reçus une dose de 100 μ g de Lipopolysaccharide 16h avant la fin du traitement.

Nous avons évalué les effets de ces traitements, au niveau du tissu hépatique chez la souris, sur les variations d'expression du facteur de transcription PPAR α ainsi que leurs gènes cibles au niveau de la voie de la b-oxydation, des acides gras, mitochondriale et peroxysomale.

Cette évaluation est faite à trois niveaux :

- Au niveau post-transcriptionnelle par l'évaluation des taux des ARNm
- Au niveau de l'activité enzymatique des enzymes codées par les gènes cibles de PPAR α

RESULTATS ET DISCUSSION

1. les effets de l'huile d'argan sur le métabolisme lipidique

L'analyse des résultats obtenus montre que le traitement par l'huile d'Argan ou l'huile d'olive a des effets sur le métabolisme des acides gras au niveau peroxysomale et au niveau mitochondriale :

- Au niveau transcriptionnel, les résultats de qPCR indiquent une régulation positive de PPAR α et de ses gènes cibles codant pour des protéines peroxysomales (ACOX1) ou mitochondriales (ACADM, ACADS).
- Au niveau post-traductionnel, seul l'activité de la catalase est augmentée alors que celle de l'ACOX1 ne l'est pas. Par contre, les activités de β -oxydation mitochondriales des acides gras à courte et moyenne chaînes sont augmentées aussi bien par le traitement à l'huile d'Argan que par le traitement à l'huile d'olive.

Le traitement des souris par l'huile d'Argan ou l'huile d'Olive induit une augmentation du taux des ARNm de PPAR α au niveau hépatique. Cette induction est probablement due à l'activation de PPAR α par les acides gras présents dans l'huile d'Argan ou dans l'huile d'Olive tels que l'acide palmitique, stéarique, oléique et linoléique.

De plus, l'induction des ARNm des enzymes clés de la voie de la β -oxydation pourrait être le résultat de l'activation du facteur de transcription PPAR α par les acides gras présents dans l'huile d'Argan comme ligands spécifiques de PPAR α qui joue un rôle majeur dans la régulation transcriptionnelle de ces enzymes (Meng et al., 2009; Pyper et al., 2010).

2. l'effet préventif contre la perturbation du métabolisme lipidique par le lipopolysaccharide

Les travaux montrent que le traitement par le LPS, a un effet négatif sur le facteur de transcription PPAR α .

Cet effet pourrait s'expliquer par l'implication des cellules de Kupffer par une surexpression du facteur NF- κ B dans l'inhibition au niveau des hépatocytes du PPAR α .

De plus, nous avons une diminution de l'activité des enzymes clés de la β -oxydation au niveau peroxysomale ACOX1 et au niveau mitochondriale ACADS.

Cependant, l'ajout de l'huile d'Argan au LPS a montré une prévention contre l'effet négatif du LPS aux niveaux du métabolisme des acides gras par la neutralisation des effets du LPS sur la transcription du récepteur nucléaire PPAR α et l'activité enzymatique au niveau peroxysomale ACOX1 et mitochondriale ACADS.

CONCLUSION

Ces résultats indiqueraient que l'HA, du fait de sa composition riche en AG mono et poly-insaturés et en antioxydants, a des effets hypolipémians et préventif au niveau hépatique qui se traduisent par une régulation de l'expression à la fois de récepteurs nucléaires et de leur gènes cibles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Calder, P.C. (2006). n-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. *The American journal of clinical nutrition* 83, 1505S-1519S.
- Cherkaoui-Malki, M., Meyer, K., Cao, W.Q., Latruffe, N., Yeldandi, A.V., Rao, M.S., Bradfield, C.A., and Reddy, J.K. (2001). Identification of novel peroxisome proliferator-activated receptor alpha (PPARalpha) target genes in mouse liver using cDNA microarray analysis. *Gene expression* 9, 291-304.
- Feingold, K., Kim, M.S., Shigenaga, J., Moser, A., and Grunfeld, C. (2004). Altered expression of nuclear hormone receptors and coactivators in mouse heart during the acute-phase response. *American journal of physiology Endocrinology and metabolism* 286, E201-207.
- Forman, B.M., Chen, J., and Evans, R.M. (1997). Hypolipidemic drugs, polyunsaturated fatty acids, and eicosanoids are ligands for peroxisome proliferator-activated receptors alpha and delta. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 94, 4312-4317.
- Gulick, T., Cresci, S., Caira, T., Moore, D.D., and Kelly, D.P. (1994). The peroxisome proliferator-activated receptor regulates mitochondrial fatty acid oxidative enzyme gene expression. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 91, 11012-11016.
- Jump, D.B., Botolin, D., Wang, Y., Xu, J., Christian, B., and Demeure, O. (2005). Fatty acid regulation of hepatic gene transcription. *The Journal of nutrition* 135, 2503-2506.
- Meng, R.S., Pei, Z.H., Yin, R., Zhang, C.X., Chen, B.L., Zhang, Y., Liu, D., Xu, A.L., and Dong, Y.G. (2009). Adenosine monophosphate-activated protein kinase inhibits cardiac hypertrophy through reactivating peroxisome proliferator-activated receptor-alpha signaling pathway. *European journal of pharmacology* 620, 63-70.
- Pyper, S.R., Viswakarma, N., Yu, S., and Reddy,

J.K. (2010). PPARalpha: energy combustion, hypolipidemia, inflammation and cancer. Nuclear receptor signaling 8, e002.

Reddy, J.K., and Hashimoto, T. (2001). Peroxisomal beta-oxidation and peroxisome proliferator-activated receptor alpha: an adaptive metabolic system. Annual review of nutrition 21, 193-230.

Etude de l'effet provenance, modes de presse et de torréfaction sur le rendement et la qualité physico-chimique de l'huile d'Argan

Ait Hammou R.¹, Berrouj A.¹, El Antari A.², Zahidi A.¹, Ait Benaoumar A.

¹ & El Mousadik A.¹

¹Laboratoire de Biotechnologie et Valorisation des Ressources Naturelles Faculté des Sciences Agadir

²Laboratoire Industrie Agroalimentaire INRA Marrakech

E-mail : a.elmousadik@uiz.ac.ma

RESUME

La valorisation des produits de terroirs à base d'huile d'argan passe par la bonne connaissance des potentialités productives des différentes régions et des procédés de son extraction. Pour ce faire un protocole expérimental a été mené avec trois répétitions, en faisant intervenir l'effet de trois facteurs de variations : i/ provenance (Haha, Admine et Ait Baha), ii/ mode d'extraction (traditionnelle, mécanique et chimique) iii/ traitement des amandes (torréfiée et non torréfiée). Ce protocole a permis d'évaluer le rendement en sous-produits selon le facteur provenance, il a montré un effet très hautement significatif à la fois pour le rendement en pulpes, graines, coques et amandes). Ainsi, la provenance Ait Baha apparait la plus productive en amandes. En ce qui concerne le rendement en huile en fonction des trois facteurs de variations cités précédemment, seul le facteur mode d'extraction qui est significatif au seuil de 0,1%. L'évaluation de certains paramètres physicochimiques a permis de révéler l'effet hautement significatif du mode de presse sur l'acidité en faveur de la méthode mécanique. Par ailleurs, on a noté l'absence d'effet significatif des facteurs provenance, mode de presse et torréfaction sur les valeurs de l'extinction spécifique E232et E270. L'ANOVA pour les facteurs torréfaction et modes d'extractions ne sont pas significatifs pour les variations en teneurs en acides gras insaturés, alors que pour le facteur provenance, on assiste à une différence significative pour les acides gras insaturés majeurs (acides oléiques et linoléiques). L'ensemble des résultats obtenus présente des originalités qui méritent d'être poursuivies, afin de mieux exploiter les richesses et potentialités productives existante parmi la variabilité offerte au sein de l'écosystème arganier.

Mots clés : Huile d'argan – rendement – provenance – qualité physico chimique

ABSTRACT

The valuation of regional products based on argan oil requires good knowledge of the productive potential of different regions and methods of extraction. An experimental protocol was conducted with three replications, involving the effect of three factors changes: i/ provenance (Haha, Admine and Ait Baha) , ii/ extraction method (traditional, mechanical and chemical) iii/ processing of almonds (roasted and unroasted). The result showed a very highly significant effect for both yield pulps, seeds, nuts and almonds. Thus, Ait Baha provenance appears most productive for almond. Regarding the oil yield, only the extraction method which is significant at the 0.1%. The evaluation of some physicochemical parameters revealed highly significant effect of acidity in traditional press. Moreover there was no significant effect from the three factors studied of the viscosity and the specific extinction at E232 and E270. The analysis of variance for roasting and extraction modes are not significant for the unsaturated fatty acids, whereas provenance factor is significant for major unsaturated fatty acid (oleic and linoleic acids). The overall results should be pursued in order to better exploit the wealth and productive potential from existing variability within the argan ecosystem.

Keywords: argan Oil - yield - origin - physicochemical quality

INTRODUCTION

Les données fournies par l'établissement autonome de contrôle et de coordination des exportations (EACCE) montrent que la consommation nationale et les exportations officielles de l'huile d'argan sont en pleine évolution. Ainsi, l'exportation de l'huile d'argan progresse régulièrement, elle a atteint plus de 720 T en 2010/2011 soit une valeur moyenne de 464 millions de dirhams. Au niveau social, l'arganeraie assure la subsistance de trois millions de personnes dont 2.2 millions issus de milieu rural. L'huile d'argan est dotée de nombreuses propriétés pharmacologiques et cosmétiques. En effet, des travaux de recherche ont démontré des effets bénéfiques pour le bien être et dans la prévention des maladies cardiovasculaires, elle a aussi une valeur nutritionnelle et diététique élevée en raison de sa composition chimique (Charrouf et al, 1999; Cherki et al, 2005; Drissi et al, 2006 ; Gharby et al, 2011; Khallouki et al, 2003). Elle contribue à la régularisation du taux de cholestérol et elle est soupçonnée de pouvoir diminuer les indices de certains cancers (Drissi et al, 2006). Du fait de sa richesse en acides gras insaturés, l'huile d'argan est sujette à l'oxydation. Cette dernière est un ensemble complexe de réactions qui se produisent en présence d'oxygène et qui conduisent à ce que l'on appelle couramment le rancissement. L'huile commercialisée est originaire de plusieurs modes d'extraction (traditionnelle, presse mécanique) et de traitement des amandes (torréfiée ou non torréfiée). Le consommateur est de plus en plus exigeant, et afin de répondre aux normes mondiales de qualité, il serait judicieux d'avoir des résultats plus précis sur la qualité d'huile produite et d'identifier les principaux facteurs pouvant l'influencer. Dans cette optique, cette étude vient pour répondre à cette problématique. Elle vise essentiellement à i/étudier l'effet provenance sur la qualité d'huile d'argan ii/ caractériser l'impact de la torréfaction et du mode de presse sur le rendement et les caractéristiques physico-chimiques d'huile.

MATERIEL ET METHODES

Les fruits d'arganier utilisés sont issus de trois provenances différentes (Ait Baha, Essaouira et Admine). Dans chaque région, 180 kg de fruits secs ont été collectés en vrac à l'été 2012 pour comparer leur rendement en pulpe, coque, amande et huile. Ensuite, les mesures pour l'évaluation du rendement en huile ont été réalisées selon l'origine des lots et les méthodes de trituration (traditionnelle, mécanique et chimique). Les analyses physicochimiques ont porté sur : l'acidité exprimée en % d'acide oléique,

l'évaluation des produits d'oxydation primaire et secondaire (mesure de l'absorbance à E232 et à E270), la Viscosité et la teneur en acides gras par la CPG.

L'analyse statistique a été utilisée sous-forme d'analyse de variance (ANOVA ou comparaison multiple de moyennes) avec des répétitions selon les paramètres mesurés. Un classement de moyenne au seuil de 5% a été réalisé lorsque le facteur de variation étudié est significatif. Les caractères mesurés sont:

- Le rendement en sous-produits des fruits (poids de pulpes, de graines, de coques et d'amandes) selon la provenance (Ait Baha (AB), Essaouira (ES) et Admine (AD)) comme facteur de variation avec 12 répétitions de 15 Kg en fruits.
- Le rendement en huile, trois facteurs de variations avec trois répétitions ont été considérés (1-Provenance (AB, ES et AD) ; 2-Torréfaction (Torréfié et non torréfié) et 3-mode d'extraction (Traditionnelle, Mécanique et Chimique).
- Des paramètres physicochimiques (indice d'acidité, extinction spécifique (E232 et E270), viscosité et proportions en acides gras) avec trois répétitions, en tenant compte des différents types de traitement d'huile, selon les trois facteurs de variations citées précédemment (Provenance, Torrification et Mode d'extraction).

RESULTATS & DISCUSSION

1.1 Effet provenance sur le rendement en sous produits et facilité de concassage

Les résultats obtenus de rendement en sous-produits du fruit d'argan (pulpe, graines ou noyaux, coques et amandes) en fonction de la provenance d'origine sont présentés au tableau 1-a et 1-b en poids et en % respectivement. Ces résultats représentent en moyenne de 12 répétitions à raison de 15 Kg par échantillon et par provenance, ce qui correspond à un poids de 180 Kg de fruits au total. L'analyse statistique (Tableau 1-c) des résultats obtenus sur les rendements en sous produits de chaque région, a montré un effet très hautement significatif de la provenance sur le rendement en sous produits des fruits d'arganier (la graine, la pulpe, la coque et l'amande). Le rendement en sous-produits de fruits d'arganier est largement influencé par l'effet de la provenance, cela est du en général aux variations éco-géographiques, sans exclure le facteur génétique. Les analyses statistiques permettent alors de ressortir l'importance de l'effet provenance sur la production d'amandes. Ainsi, la provenance Ait Baha se classe la meilleure, suivi

Tableau 1

a- Rendement en graines, en pulpe, en amande et en coque pour 180 kg

	Essaouira	Admine	Ait baha
Graine	102,94	99,24	112,66
Pulpe	76,83	80	66,63
Amande	12,09	13,08	13,86
Coque	90,91	86,26	99,31

b- Pourcentage de différents sous-produits de 180 kg de fruits secs

	Essaouira	Admine	Ait baha
Graine	57,2%	55,13%	62,59%
Pulpe	42,7%	44,44%	37%
Amande	6,7%	7,26%	7,7%
Coque	50,5%	47,92%	55,17%

c- Test ANOVA pour le poids en kg des rendements des sous-produits

Source de variation	Ddl	Fruit déulpé		Pulpe		Coque		Amande	
		F	P	F	P	F	P	F	P
Provenance	2	89,8	0,00***	74,75	0,00***	114	0,00***	24,11	0,00***

d- Test de Newman et keuls pour le poids en kg des rendements en sous-produits

	Pulpe	Graines	Coques	Amandes
Admine	44,4 ^a	55,13 ^c	47,93 ^c	7,26 ^b
Essaouira	42,66 ^b	57,13 ^b	50,46 ^b	6,73 ^c
Ait baha	37 ^c	62,6 ^a	55,13 ^a	7,66 ^a

e- ANOVA à un facteur (provenance) pour la facilité de concassage

	SC	ddl	MC	F	P
Provenance	0,001285	2	0,000642	26,93	0,000000
Erreur	0,000787	33	0,000024		

f - Test de Newman-Keuls pour le rapport moyen du poids PA/PG

Provenance	Poids moyen: Amandes/graines
Admine	0,131 ^a
Ait Baha	0,123 ^b
Essaouira	0,117 ^c

d'Admine et enfin Essaouira. Cela voudrait dire qu'un gain de 13,8% en poids d'amande peut être abouti (Tableau 1-d).

1.2 Effet provenance sur la facilité de concassage

Pour avoir une idée sur la facilité de concassage, le calcul du rapport poids d'Amande /poids de graine permet d'avoir une information sur la facilité relative de concassage entre provenances. L'analyse de variance à un seul facteur (provenance) montre qu'il existe un effet très hautement significatif de la provenance sur la facilité de concassage des graines (Tableau 1-e). Dans ce cas le test de Newman et Keuls nous permet de classer les groupes homogènes qui sont classés en 3 groupes différents (Tableau 1-f). Par conséquent, les fruits d'Admine apparaissent les plus faciles à concasser, suivi de Ait Baha et enfin Essaouira. Par ailleurs, la personne ayant effectué le concassage manuel a confirmé le résultat obtenu.

1.3 Evaluation du rendement en huile d'argan en fonction de l'effet provenance, torréfaction et mode de presse

Dans l'objectif de comparer le rendement en huile d'argan, nous avons évalué les différents lots d'huiles en fonction de différents facteurs (provenance, mode de presse et de la torréfaction).

Les résultats d'analyse de variance (Tableau 2a) à trois facteurs ont montré que les effets provenance et torréfaction ne sont pas significatifs pour le rendement en huile, par contre le mode d'extraction à un effet très

hautement significatif sur le rendement des amandes en huile. La valeur maximale est obtenue par la presse chimique comme témoin, ensuite par la presse mécanique et enfin par presse traditionnelle (Tableau 2b). On peut noter alors que l'écart moyen (en %) du rendement en huile vis-à-vis du témoin (Soxhlet), est de 7,74% via le mode mécanique, et il est de 16,04% par rapport au mode traditionnel. En comparaison avec la presse traditionnelle, un gain de 9,5% est assuré par la presse mécanique. En comparant la valeur obtenue par la presse traditionnelle ou par presse mécanique avec le témoin (Extraction chimique), on note qu'il existe une marge de perte à rattraper.

1.4 Effet du type de trituration sur la qualité physicochimique de l'huile : Acidité, Extinction spécifique à 232 nm et à 270 nm, Viscosité et teneur en acides gras

La détermination de l'acidité donne une idée globale sur l'état d'altération d'huile par hydrolyse des triglycérides en acide gras. L'ANOVA a montré un effet très hautement significatif de la provenance et du mode d'extraction sur l'acidité, par contre la torréfaction n'a aucune influence sur le degré d'acidité (Tableau3-a). Le test de Newman et keuls illustre l'effet du mode d'extraction sur l'acidité dans la mesure où la presse traditionnelle favorise l'augmentation de l'acidité, par contre la presse mécanique garde l'acidité dans des niveaux très bas (Tableau3-b). Tous les échantillons d'huile traités par la presse mécanique présentent une acidité inférieure à 0,8% et se classent parmi les catégories huiles extra

Tableau 2

a- Test de l'ANOVA pour le rendement d'huile

Source de variation	SC	Ddl	MC	F	P
Provenance	21,1	2	10,6	1,54	0,228
Traitement des graines	10,6	1	10,6	1,55	0,221
Mode d'extraction	501,3	2	250,6	36,50	0,000***

b- : Test de Newman-Keuls pour le rendement en huile en fonction de mode presse

Mode d'extraction	% du rendement moyen en huile par Kg d'amandes
Chimique (témoin)	44,8 ^a
Mécanique	43,25 ^b
Traditionnel	39,41 ^c

Tableau 3

a- : Analyse de variance à trois facteurs sur l'acidité

Facteurs	SC	DDL	MC	F	P
Provenances	0,5	2	0,25	13,56	0,00***
Traitement des graines	0,04	1	0,04	2,24	0,13 ns
Mode d'extraction	3,96	1	3,96	214,69	0,00 ***

b- Test de Newman et keuls de l'acidité moyenne selon le mode d'extraction

Provenances	Mode d'extraction	Acidité moyenne
Admine	Traditionnel	0,978 ^a
Essaouira	Traditionnel	1,065 ^a
Ait Baha	Traditionnel	0,683 ^b
Admine	Mécanique	0,416 ^c
Ait Baha	Mécanique	0,443 ^c
Essaouira	Mécanique	0,463 ^c

vierge alors que les échantillons traités par la presse traditionnelle ont un degré d'acidité qui oscille entre 0,54 et 1,17 (Huile extra vierge et vierge fine). Ces résultats illustrent que l'huile produite par le procédé traditionnel présente une acidité initiale relativement plus élevée que celle des huiles préparées par presse mécanique, et démontrent que la méthode traditionnelle conduit à une hydrolyse supérieure des triglycérides par rapport à la méthode par presse mécanique, ce qui est en harmonie avec les résultats de Charrouf et al. (1997) et Salvador et al. (2003).

L'extinction spécifique à 232 nm et à 270 nm d'une huile peut être considérée comme une image de son état d'oxydation. Plus son extinction à 232 nm est forte, plus elle est peroxydée. De même plus l'extinction à 270 nm est forte, plus elle est riche en produits d'oxydation secondaires ce qui traduit une faible aptitude à la conservation. L'analyse de variance a montré l'absence d'aucun des effets étudiés (provenance, traitement des graines et mode d'extraction). Ainsi, toutes les huiles d'argan étudiées ont des valeurs d'absorbance respectant la limite permise par la norme marocaine et qui les classent, en tant que huile d'argan vierge extra (SNIMA 2003).

L'indice de viscosité est un paramètre essentiel dans la détermination de l'état physique d'une huile. L'ANOVA

des valeurs d'indice de viscosité selon la Provenance, mode de presse et la torréfaction a mis en évidence l'absence d'effet significatif, ce qui permet de dire qu'aucun des procédés de trituration n'affecte la viscosité de l'huile d'argan.

Les valeurs moyennes des pourcentages en acides gras des échantillons analysés sont récapitulées dans la figure 1. Elle illustre les principaux types d'acides gras présents dans l'huile d'argan (46,5% d'acide oléique, 33,05% d'Acide linoléique, 13,38% Acide Palmitique et 5,77% Acide Stéarique). Cela, fait partie des normes marocaines des teneurs en acides gras de l'huile d'argan, ces résultats sont conformes à ceux trouvés par Ait Aabd et al, (2013 et 2014). En se basant sur la moyenne des proportions en acides gras des 36 échantillons analysés: Les acides gras insaturés majoritaires (79,55%) sont: Acides oléique C18:1 et linoléique C18:2. Le classement à partir du test de Newman et Keuls selon la moyenne par provenance pour l'acide oléique montre que Essaouira présente la valeur maximale à la fois pour l'acide oléique (46,8%) et linoléique (33,11%). L'analyse de variance ne montre aucun effet significatif de l'effet traitement des graines ou du mode de presse, alors que pour l'effet provenance, elle est significative pour les acides gras suivants : C14:0, C15:0, C18:0, C18:1, et C18:2.

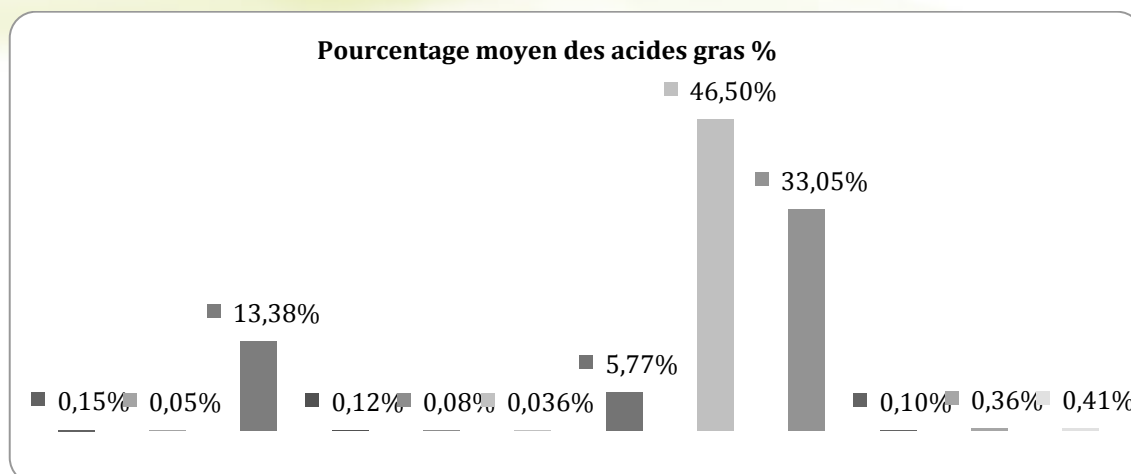


Figure 1 : Valeurs moyennes des pourcentages en acides gras de l'huile d'argan

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ait Aabd N. A., F. Msanda and A. El Mousadik (2014). Evaluation of variability in argan oil content through different environments and preselection of elite genotypes. *Euphytica* 195:157–167

Ait Aabd, N., El Asbahani, A., El Alem, Y., El Finti, A., Msanda, F. El Mousadik, A. (2013). Variation in oil content and fatty acid composition in preselected argan trees with morphological characters and geographical localization. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*. 6:217-225

Charrouf Z., A. El Kabouss and R. Nouaim (1997). Etude de la composition chimique de l'huile d'argan en fonction de son mode d'extraction, *Al Biruniya* 13(1): 35-39.

Charrouf Z. and D. Guillaume (1999). Ethnoeconomical, ethnomedical, and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) Skeels, *Journal of Ethnopharmacology* 67(1): 7-14.

Cherki M., A. Derouiche, A. Drissi, M. El Messal, Y. Bamou, A. Idrissi-Ouadghiri, A. Khalil and A. Adlouni (2005). Consumption of argan oil may have an antiatherogenic effect by improving paraoxonase activities and antioxidant status: Intervention study in healthy men, *Nutrition, metabolism and cardiovascular diseases* 15(5): 352-360.

Drissi A., H. Bennani, F. Giton, Z. Charrouf, J. Fiet and A. Adlouni (2006). Tocopherols and saponins derived from *Argania spinosa* exert, an antiproliferative effect on human prostate cancer, *Cancer investigation* 24(6): 588-592.

Gharby S., H. Harhar, D. Guillaume, A. Haddad, B.

Matthäus and Z. Charrouf (2011). Oxidative stability of edible argan oil: A two-year study, *LWT-Food Science and Technology* 44(1): 1-8.

Khallouki F., C. Younos, R. Soulimani, T. Oster, Z. Charrouf, B. Spiegelhalder, H. Bartsch and R. Owen (2003). Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, squalene, sterols and phenolic compounds should confer valuable cancer chemopreventive effects, *European Journal of cancer prevention* 12(1): 67-75.

Salvador M., F. Aranda, S. Gomez-Alonso and G. Fregapane (2003). Influence of extraction system, production year and area on Cornicabra virgin olive oil: a study of five crop seasons, *Food Chemistry* 80(3): 359-366.

Effet de la torréfaction des amandons sur la composition volatile de l'huile d'argane

El Monfalouti H.^{a,b}, Kartah B.^b, Gharby S.^b, Harhar H.^b, Giordano M.^c, Zeppa G.^c, Charrouf Z.^b and Guillaume D.^a

^a UFR Médecine- Pharmacie, Med Chem Department, CNRS-UMR6229, Université de Reims Champagne-Ardenne, 51 rue Cognacq Jay, 51100 Reims, France

^b Faculté des Sciences, Université Mohammed V-Agdal, Laboratoire de Chimie des Plantes, BP 1014, Rabat, Maroc.

^c Department of Valorization and Exploitation of Agroforestry Resources, Food Microbiology and Technology Sector, University of Turin, Via Leonardo da Vinci, 44 – 10095 Grugliasco, Italy.

E-mail : elmonfalouti@gmail.com

RESUME

La torréfaction est une opération primordiale pour l'extraction de l'huile d'argane alimentaire. La concentration des composés volatils dans l'huile vierge d'argane alimentaire a été déterminée en fonction de temps de torréfaction des amandons. La plupart de ces composés commencent à se former à partir de 15 minutes de torréfaction, notamment les composés de la peroxydation lipidique, la dégradation Strecker et de réaction de Maillard, responsables de la formation des pyrazines, et l'autooxydation des acides gras.

Ce travail pourrait permettre de régler l'arôme d'huile d'argane et ainsi satisfaire les différents types de consommateurs.

Mots clés : Huile d'argane, torréfaction, composés volatils, SPME-HS, arôme.

INTRODUCTION

Par son goût unique et ses nombreuses propriétés nutritionnelles et pharmacologiques [1,2], la demande de l'huile d'argane a fait exploser les prix et devenu ainsi l'huile la plus chère au monde. En effet, l'huile d'argane alimentaire est préparée par extraction à presse mécanique après la torréfaction des amandons à 110°C pendant le temps approprié [3]. Au cours de la torréfaction, l'arôme de noisette se développe, cet arôme est également transféré à l'huile lors de l'extraction. Toutefois, si la torréfaction des amandons d'argane se prolonge plus de 25 minutes, l'huile obtenue présente un goût désagréable, et un goût de brûlé est rejeté par les consommateurs [4].

Un grand nombre de composés chimiques de différentes classes, les aldéhydes, cétones, hydrocarbures, furanes participent à l'arôme final de l'huile d'argane [5]. La plupart de ces derniers composés sont produites par l'oxydation des acides gras après réactions enzymatiques se produisant en présence d'oxygène. Les composés

volatiles C6 et C5 provenant de la voie de lipoxygénase primaire ou secondaire, respectivement, sont particulièrement bien connus à participer activement à l'arôme de l'huile comestible [6].

Un stockage prolongé des fruits d'argane est également favorable pour la formation des composés volatils [7]. L'arôme de noisette caractéristique de l'huile d'argane alimentaire est due probablement aux pyrazines formés à partir de la réaction non-enzymatique de Maillard entre sucres réducteurs et en acides aminés libres au cours du processus de la torréfaction [8], ces composés sont souvent observés dans de nombreux différents types de traitement thermique de la nourriture [9,10].

Ce travail vise à caractériser macroscopiquement la cinétique de la formation de composés volatils de l'huile d'argane pendant différents temps de torréfaction des amandons et à 110°C. Pour répondre à cet objectif, les composés volatils sont identifiés et qualifiés, pour la première fois, selon différents temps de torréfaction allant de 0 min à 35 min.

MATERIELS ET METHODES

1. Matériel végétale

Les fruits d'argane ont été récoltés en été 2010 dans la région Ait Baha (Maroc). Après le dépulpage et le concassage des noix, les amandons obtenues ont été séparés en six lots, le premier lot n'a pas été torréfié, par contre les cinq autres ont été torréfiés à 110°C à l'aide d'un torréfacteur mécanique dont la température a été contrôlée à 110°C en utilisant un capteur de Testo 945 / thermomètre (Testo, Casablanca, Maroc), pendant 10, 15, 20, 25 et 35 min. Chaque lot a été pressé séparément à froid en utilisant la presse mécanique Komet DD 85 G (IBG Monforts OekoTec GmbH, Mönchengladbach, Allemagne) pour obtenir huile d'argane vierge.

2. Conditions d'échantillonnage SPME

L'analyse a été effectuée selon la méthode de Baccouri et al [11]. Brièvement, l'étalon interne 4-méthyl-2-pentanone a été dissous dans chaque échantillon de l'huile jusqu'à une concentration finale de 6,7 µg/kg. Ensuite, 1,5 g de l'échantillon a été introduit dans un flacon de 10 ml muni d'un septum en silicone. Le flacon a été immergé dans un bain d'eau à 40 °C et la solution huileuse maintenue sous agitation magnétique.

Après 2 min, une fibre divinylbenzène / Carboxen / polydiméthylsiloxane (DVB / CAR / PDMS) (50/30m, 2 cm à partir de Supelco Ltd, Bellefonte, PA) a été exposée à l'espace libre de l'échantillon pendant 30 min [11] et immédiatement mis pendant 2 minutes à 260°C dans la chromatographie en phase gazeuse.

Chaque analyse a été réalisée en triple.

3. Identification et quantification des composés volatiles

L'identification et la quantification des composés volatiles est une opération délicate nécessitant l'utilisation, l'adaptation et le perfectionnement constant des techniques d'analyse, ainsi que la mise en œuvre d'une méthodologie rigoureuse. L'analyse des composés volatils de l'échantillon préparé par l'espace de tête en SPME est faite par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG/MS).

Conditions chromatographiques

Analyse GC / MS a été réalisée avec un chromatographe en phase gazeuse Shimadzu GC-2010 équipé d'un Shimadzu QP-2010 Plus spectromètre de masse quadripolaire (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japon) et une colonne DB-WAXETR capillaire (30m x 0.25mm, l'épaisseur du film 0,25 mm, (J & W Scientific Inc, Folsom, CA, USA). Le programme de température a commencé à 40 °C pendant 10 min, et a augmenté avec

un taux de 3 °C min⁻¹ à 200 °C et maintenu pendant 5 min. Le débit du gaz porteur utilisé était de 1 ml min⁻¹. La température orifice d'injection est de 260 °C, la température de source d'ions est de 240 °C et la température d'interface est de 230 °C.

La détection a été réalisée par spectrométrie de masse à impact électronique dans un mode de courant ionique total (CIT), en utilisant une énergie d'ionisation de 70 eV. La plage d'acquisition de masse est m / z de 33 à 330. L'identification des composés volatils a été confirmée par l'injection des standards purs et par la comparaison de leurs indices de rétention (un mélange d'une série homologue de C5-C28 a été utilisé), les données MS rapportés dans la littérature et dans la base de données (<http://webbook.nist.gov/chemistry/>).

Les composés pour lesquels les standards purs n'étaient pas disponibles, ont été identifiés sur la base des spectres de masse et les indices de rétention disponibles dans la littérature. La concentration relative (µg.kg⁻¹ de l'huile) des composés identifiés ont été calculés en rapportant les zones de l'étalon interne au moyen de l'ion quantificateur (m / z 100) aux zones des ions caractéristiques des ions (quantificateur) de chaque composé.

4. Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel Statistica version 7 (Stat-Soft, Tulsa, OK, USA). Des différences significatives entre les différentes huiles torréfiées ont été testées par l'analyse d'un moyen de la variance à titre de comparaison moyenne et le test de Duncan.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les composés volatils de l'huile d'argane appartiennent à six grandes familles: l'alcool, aldéhyde, cétone, esters, terpènes, et N-hétérocycle [12]. Cependant, la quantification de ces composés ainsi que la cinétique de leur formation est encore inconnue.

A travers cette étude, on a pu quantifier et suivre la formation des composés volatils avant torréfaction (figure 1) et pendant 35 min de torréfaction. Les résultats obtenus montrent qu'en plus des familles des composés volatils repérés [12], on a trouvé la présence des acides et des furanes (tableau 1).

En effet l'oxygène réagit avec les acides gras insaturés pour donner des hydroperoxydes à partir de laquelle une grande variété des composés volatils et non volatils est formé. Une température élevée favorise fortement la formation de composés volatils par lipoxidation [13]. Les aldéhydes, les acides, les esters résultent du clivage

carbone-carbone. Autres dérivés résultent des processus plus complexes qui peuvent impliquer d'isomérisation [13]. Par exemple, la dégradation de Strecker est un processus bien étudié ce qui est connu pour donner des aldéhydes à partir des acides aminés [14].

Aldéhydes et les cétones sont les principaux sous-produits de l'auto-oxydation des acides gras insaturés [15]. L'hexanal, le nonanal et le benzaldéhyde sont des aldéhydes principaux identifiés dans l'huile d'argane. L'hexanal, l'un des aldéhydes les plus abondants présents dans tous les échantillons de l'huile d'argane, a augmenté rapidement de 20 min de torréfaction pour arriver 31,9 µg/Kg à 35 min (Tableau 1), cet aldéhyde est due probablement à l'auto-oxydation de l'acide alpha-linolénique. Le nonanal augmente légèrement selon le temps de torréfaction. En ce qui concerne le benzaldéhyde, connu pour son goût amère et l'odeur de noisette [16], il est susceptible d'être un produit de

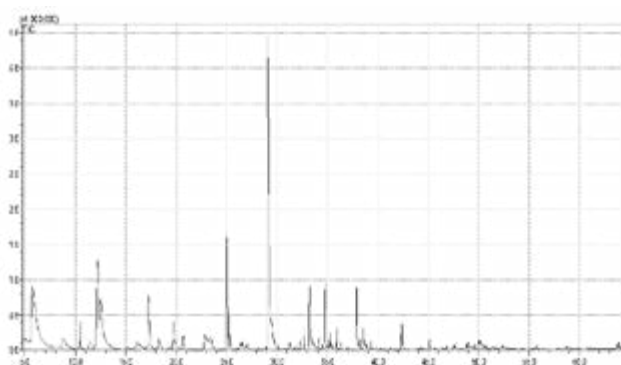


Figure 1 : Le chromatogramme des composés volatiles de l'huile d'argane non torréfié

dégradation de l'acide aminé phenylalamine la suite de la séquence dégradation de Strecker [17], sa concentration a également augmenté au bout de 20 minutes. Toutefois, la lenteur de la formation de benzaldéhyde, par rapport à l'hexanal ou nonanal, suggère un rôle modéré pour la dégradation de Strecker dans la formation volatile dans l'huile d'argane à 110°C.

Comme les aldéhydes, les cétones sont des produits secondaires d'oxydation des lipides [18]. L'acétoïne, le 2-heptanone et 2-undécanone sont les composés les plus abondants dans les échantillons de l'huile d'argane. Le niveau d'acétoïne, une cétone connu pour contribuer à l'arôme crémeux et onctueux, avec un pic au bout de 15 minutes de chauffage, puis a diminué pour atteindre sa valeur initiale à faible après 25 minutes. En ce qui concerne les deux autres cétones quantifiés, les niveaux de la 2-heptanone et 2-undécanone constamment et significativement augmenté après 20 minutes de

torréfaction.

Les acides jouent un rôle important dans le goût des aliments, ils sont des composés aromatiques, mais peuvent également servir de précurseurs de méthylcétones, des alcools, des lactones et des esters. En général, à longue chaîne d'acides gras (412 atomes de carbone) jouent un rôle mineur dans la saveur, en raison de leur seuil de perception relativement élevé [19].

Les acides valériques et hexanoïque possèdent une saveur de fromage et des animaux de basse-cour, respectivement. Alors que dans l'huile d'argane la concentration de l'acide butanoïque est resté inchangé sur une période de torréfaction de 35 minutes, le niveau de valérique, et les acides hexanoïque a commencé à augmenter de manière significative après 20 minutes. Cette augmentation est due au processus oxydatif de l'acide linoléique (Tableau1).

Les réactions d'estérification peuvent se produire entre de courte et moyenne chaîne des acides gras et les alcools. Parmi les esters et les lactones trouvés dans l'huile d'argane, l'éthyle 2-méthylbutanoate, iso-amyle, g-utyrolactone, et d-caprolactone sont faciles à quantifier. La concentration de ces quatre molécules a diminué au cours des dix premières minutes de chauffage, c'est due probablement à leur volatilité élevée. Après 20 minutes de la torréfaction, la concentration des esters et des lactones a commencé à augmenter. Cette aptitude est particulièrement plus importante pour les iso-amyle et g-butyrolactone. La concentration de derniers a diminué après 35 minutes de chauffage. L'éthyl 2-méthyl butanoate et d-caprolactone ont besoin d'une période de chauffage plus lente pour s'accumuler. En effet, la formation d'ester de lactone nécessite deux étapes: d'abord, la formation d'alcool, puis son estérification par un acide. Par conséquent, leur teneur élevée dans l'huile d'argane, après 25 minutes de torréfaction des amandons, pourrait s'expliquer soit par leur formation à la propre chaleur induite ou par le retard initial pour produire l'alcool nécessaire et les dérivés de l'acide.

Vingt-deux alcools ont été identifiés dans la fraction volatile des échantillons de l'huile d'argane (Tableau 1). Ces composés peuvent être rapidement produits à partir d'aldéhydes dans les conditions de réduction forte, ou d'autres voies métaboliques, tels que le métabolisme du lactose et de catabolisme des acides aminés [15]. Les composés les plus abondants présents dans les échantillons de l'huile d'argane sont: méso 2,3-butanediol, le 2,3-butalenediol d, l et le 1-hexanol.

Parmi les alcools isolés dans l'huile d'argane, le

1-pentanol, le 1-heptanol, et le 1-octanol, trois alcools primaires connue de provenir de l'oxydation secondaire d'acide oléique ou linoléique par auto-oxydation[18], se sont les trois composés volatiles dont le contenu a augmenté sensiblement après 20 minutes.

Le 1-pentanol et le 2,3-butanediol d, l augmente significativement, cependant, le 1-hexanol a diminué de façon significative avec la température de torréfaction. En même parallèle, la concentration des aldéhydes correspondants a augmenté de manière significative, l'oxydation des alcools en aldéhydes correspondants est susceptible de se produire dans ces conditions. Taux d'alcool est resté stable pour les autres il n'ya pas d'influence de la torréfaction sur leur formation ou leur implication rapide dans les réactions ultérieures.

Le Limonène est le seul monoterpène quantifié dans des échantillons de l'huile d'argan, une légère baisse a été observée au cours de 25 min de chauffage, cela est due à sa volatilité.

Concernant la famille N-hétérocycliques, douze composés ont été identifiés dans l'huile d'argane, les plus abondants sont le 1-méthyl-1H-pyrrole, 2,6-diméthylpyrazine, 2-méthyl pyrazine pyrazine 2-éthyl-6-méthyl -; pyrazine triméthyl; 2-éthyl 3,5-diméthylpyrazine (Tableau 1). La formation de divers groupes de pyrazine a été signalée à la suite du traitement thermique à travers la réaction de Maillard avec des acides aminés et carbonyle aminés de sucres réducteurs [20-23].

Les résultats des études [24-26] ont montré que la plupart des pyrazines sont en corrélation avec les attributs sensoriels tels que torréfié, de noisette, boisé [27], les attributs recherchés pour décrire la qualité de l'huile d'argane [28].

Tous les pyrazines étudiées ont commencé à s'accumuler après 15 min de chauffage (Figure 2). Pour les pyrroles, un autre type de composés d'arôme suscitant la viande typique ou la saveur torréfiée, 20 minutes étaient nécessaires pour leur formation (Tableau 1). En effet, il a été montré que pour l'huile des graines de citrouille, une température de torréfaction supérieure à 100°C est nécessaire pour atteindre une production importante de composés N-hétérocycliques [27] alors que pour l'huile de graines de périlla, la température de torréfaction doit être supérieure à 150°C. Notre étude met en évidence que le moment optimal généralement admis de la torréfaction de 20-25 minutes pour les amandons d'argane [3], se qui correspond au temps nécessaire pour former ces composés spécifiques présentant les attributs de la saveur recherché.

Les Furanes sont généralement trouvés dans les produits

volatiles de graines oléagineuses [29]. Elles peuvent résulter de deux voies de formation: la peroxydation lipidique ou la dégradation des glucides.

Huit dérivés du furane ont été identifiés, le plus abondant 2-pentyl furane sont et le furfural (ou 2-Furaldéhyde). Le 2-pentyl furane est dérivé de la peroxydation lipidique [30]. Il est un composé important, car il possède des propriétés aromatiques [31]. 2-pentyl furane a commencé à s'accumuler après 25 minutes de torréfaction. Une fois de plus, la réduction de la concentration de 2-pentyl furane au cours des 20 premières minutes de chauffage résultats probables de sa forte volatilité. Niveau du furanméthanol et le furfurol, qui sont formées par la dégradation des hydrates de carbone [32], augmenté rapidement après 15 minutes et le furfural a atteint sa valeur maximale au bout de 35 min. Le furanéol qui ne pouvait pas être détecté dans les amandons frais est apparu au bout de 20 minutes de chauffage.

CONCLUSION

Les résultats de notre étude montrent clairement que le processus de torréfaction des amandons d'argane est une étape primordiale pour obtenir l'arôme du produit final. Plusieurs composés sont formés au cours de la torréfaction, notamment les composés de la peroxydation lipidique Strecker, la dégradation et de réaction de Maillard et l'autooxydation des acides gras. Puisque à 110 ° C, la cinétique de formation de ces composés est différente, il est raisonnable de penser que l'utilisation appropriée des temps de torréfaction devrait permettre à l'huile d'argane, dont des prestations de santé serait préservée, de présenter une variété de goût. Cette étude pourrait permettre de régler l'arôme d'huile d'argane et peut-être répondre à de nouveaux types de consommateurs.

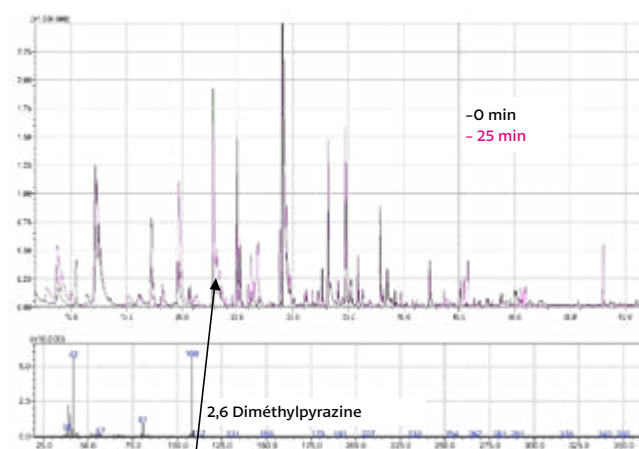


Figure2 : Formation des pyrazines au cours de a torréfaction

Table 1 : Concentration ($\mu\text{g/kg}$) des composés volatiles isolés de l'huile d'argane en fonction du temps de torréfaction

Concentration ($\mu\text{g/kg}$)	(<i>m/z</i>)	0 min	10 min	15 min	20 min	25 min	35 min	<i>p</i>
Aldéhydes								
Hexanal	56	3.95 $\pm$ 0.99 ^a	2.38 $\pm$ 0.79 ^a	2.06 $\pm$ 0.59 ^a	6.10 $\pm$ 1.96 ^a	20.11 $\pm$ 3.32 ^b	31.91 $\pm$ 12.53 ^c	***
Nonanal	57	0.85 $\pm$ 0.07 ^{ab}	0.23 $\pm$ 0.02 ^a	0.23 $\pm$ 0.02 ^a	0.58 $\pm$ 0.12 ^a	1.72 $\pm$ 0.48 ^b	2.94 $\pm$ 1.35 ^c	***
Benzaldehyde	105	0.51 $\pm$ 0.11 ^a	0.40 $\pm$ 0.04 ^a	0.48 $\pm$ 0.03 ^a	0.97 $\pm$ 0.19 ^{ab}	1.61 $\pm$ 0.50 ^{bc}	1.75 $\pm$ 0.86 ^c	***
Cétones								
2-heptanone	58	0.86 $\pm$ 0.40 ^a	0.96 $\pm$ 0.04 ^a	1.29 $\pm$ 0.17 ^a	4.41 $\pm$ 0.66 ^b	4.56 $\pm$ 0.64 ^b	6.42 $\pm$ 2.34 ^c	***
Acetoin	45	6.55 $\pm$ 1.12 ^{ab}	9.20 $\pm$ 2.28 ^b	14.07 $\pm$ 1.46 ^c	12.82 $\pm$ 2.30 ^c	6.42 $\pm$ 0.39 ^{ab}	6.51 $\pm$ 3.46 ^{ab}	***
2-undecanone	58	0.25 $\pm$ 0.02 ^a	0.18 $\pm$ 0.04 ^b	0.38 $\pm$ 0.18 ^a	1.91 $\pm$ 0.32 ^c	2.18 $\pm$ 0.39 ^{ab}	3.24 $\pm$ 1.49 ^{ab}	***
2-Cyclopentene-1,4-dione	96	0.14 $\pm$ 0.03 ^a	0.05 $\pm$ 0.00 ^a	0.09 $\pm$ 0.01 ^a	0.88 $\pm$ 0.14 ^a	0.74 $\pm$ 0.18 ^a	2.80 $\pm$ 1.16 ^b	***
3,5-Dihydroxy-6-methyl-2,3-dihydro-4H-pyran-4-one	144	NQ	NQ	NQ	0.99 $\pm$ 0.24 ^a	3.41 $\pm$ 2.18 ^b	3.12 $\pm$ 1.79 ^b	**
Acides								
A. isobutyrique	73	0.53 $\pm$ 0.08	0.52 $\pm$ 0.06	0.52 $\pm$ 0.04	0.53 $\pm$ 0.05	0.57 $\pm$ 0.01	0.68 $\pm$ 0.36	ns
A. butanoïque	60	1.10 $\pm$ 0.10 ^{ab}	1.10 $\pm$ 0.18 ^{ab}	1.21 $\pm$ 0.01 ^{abc}	1.60 $\pm$ 0.18 ^{bcd}	1.94 $\pm$ 0.57 ^{cd}	2.01 $\pm$ 0.83 ^d	**
A. valérique	60	0.48 $\pm$ 0.01 ^a	0.48 $\pm$ 0.04 ^a	0.41 $\pm$ 0.01 ^a	2.01 $\pm$ 0.54 ^c	1.63 $\pm$ 0.60 ^{bc}	1.28 $\pm$ 0.53 ^b	***
A. hexanoïque	60	2.40 $\pm$ 0.19 ^a	1.96 $\pm$ 0.13 ^a	1.89 $\pm$ 0.13 ^a	7.29 $\pm$ 2.11 ^b	6.74 $\pm$ 2.51 ^b	6.84 $\pm$ 3.34 ^b	**
Esters								
Ethyl 2-méthylbutanoate	102	0.38 $\pm$ 0.05 ^c	0.24 $\pm$ 0.00 ^b	0.15 $\pm$ 0.02 ^a	0.18 $\pm$ 0.01 ^{ab}	0.20 $\pm$ 0.02 ^{ab}	0.17 $\pm$ 0.05 ^a	***
Acetate d'isoamyl	70	2.09 $\pm$ 1.01	1.79 $\pm$ 0.06	0.94 $\pm$ 0.57	1.57 $\pm$ 0.41	1.60 $\pm$ 0.14	1.06 $\pm$ 0.47	ns
Ethyl decanoate	88	0.03 $\pm$ 0.01	0.03 $\pm$ 0.01	0.04 $\pm$ 0.00	0.04 $\pm$ 0.02	0.07 $\pm$ 0.04	0.02 $\pm$ 0.01	ns
Lactones								
g-Méthyl-g butyrolactone	85	1.14 $\pm$ 0.27 ^{abc}	0.91 $\pm$ 0.08 ^{ab}	1.03 $\pm$ 0.06 ^{abc}	1.36 $\pm$ 0.15 ^{bc}	1.36 $\pm$ 0.25 ^{bc}	1.55 $\pm$ 0.61 ^c	*
g-Butyrolactone	86	2.08 $\pm$ 0.50 ^{ab}	1.53 $\pm$ 0.20 ^a	1.55 $\pm$ 0.04 ^a	3.20 $\pm$ 0.58 ^{bc}	3.74 $\pm$ 1.20 ^c	4.03 $\pm$ 1.77 ^c	**
d-Caprolactone	42	0.10 $\pm$ 0.01 ^a	0.13 $\pm$ 0.01 ^{ab}	0.14 $\pm$ 0.01 ^{ab}	0.29 $\pm$ 0.04 ^{bc}	0.43 $\pm$ 0.15 ^c	0.40 $\pm$ 0.19 ^c	***
Alcools								
Isobutanol	74	0.50 $\pm$ 0.05 ^b	0.62 $\pm$ 0.05 ^{bc}	0.71 $\pm$ 0.00 ^c	0.54 $\pm$ 0.05 ^b	0.28 $\pm$ 0.02 ^a	0.25 $\pm$ 0.05 ^a	***
3-Pentanol	59	ND	1.50 $\pm$ 0.06 ^c	0.88 $\pm$ 0.60 ^b	1.39 $\pm$ 0.17 ^c	0.90 $\pm$ 0.07 ^b	0.87 $\pm$ 0.19 ^b	***

3-Methy -2-butanol	45	NQ	1.55 ± 0.09 ^d	1.25 ± 0.05 ^c	1.45 ± 0.12 ^{cd}	0.95 ± 0.07 ^b	1.00 ± 0.24 ^b	***
1-Butanol	56	1.24 ± 0.09	1.27 ± 0.09	1.02 ± 0.02	1.56 ± 0.21	1.41 ± 0.05	1.65 ± 0.62	ns
2-methyl- 3-pentanol	59	0.20 ± 0.15	0.29 ± 0.02	0.26 ± 0.01	0.39 ± 0.05	0.29 ± 0.02	0.30 ± 0.10	ns
Isopentyl alcool	70	7.90 ± 1.09 ^b	8.45 ± 0.40 ^b	9.60 ± 0.08 ^b	8.01 ± 0.88 ^b	4.91 ± 0.22 ^a	4.82 ± 1.65 ^a	***
1-pentanol	70	2.99 ± 0.25 ^a	3.27 ± 0.17 ^a	3.10 ± 0.12 ^a	8.32 ± 0.98 ^b	8.30 ± 0.54 ^b	13.58 ± 4.34 ^c	***
2-heptanol	45	2.49 ± 0.25 ^b	1.48 ± 0.04 ^a	1.27 ± 0.15 ^a	1.42 ± 0.19 ^a	1.08 ± 0.11 ^a	1.29 ± 0.40 ^a	***
1-hexanol	56	25.98 ± 2.37	20.85 ± 1.09	21.65 ± 2.13	20.81 ± 2.66	19.53 ± 2.16	20.54 ± 6.18	ns
3-hexen-1-ol	82	0.22 ± 0.17 ^b	0.08 ± 0.00 ^b	0.07 ± 0.01 ^a	0.08 ± 0.01 ^a	0.07 ± 0.00 ^a	0.09 ± 0.03 ^a	ns
3-octanol	83	0.35 ± 0.01 ^c	0.24 ± 0.01 ^{ab}	0.16 ± 0.02 ^a	0.23 ± 0.02 ^{ab}	0.28 ± 0.04 ^{bc}	0.26 ± 0.09 ^b	**
2-octanol	45	0.69 ± 0.06 ^b	0.43 ± 0.01 ^a	0.49 ± 0.06 ^{ab}	0.58 ± 0.09 ^{ab}	0.59 ± 0.09 ^{ab}	0.69 ± 0.23 ^b	*
1-heptanol	70	0.54 ± 0.03 ^a	0.45 ± 0.00 ^a	0.48 ± 0.05 ^a	1.07 ± 0.13 ^b	1.70 ± 0.25 ^c	2.18 ± 0.73 ^c	***
6-methyl,5-hepten-2-ol	95	0.37 ± 0.03 ^b	0.23 ± 0.00 ^a	0.29 ± 0.03 ^{ab}	0.29 ± 0.04 ^{ab}	0.31 ± 0.04 ^{ab}	0.26 ± 0.09 ^a	*
2-hepten-1-ol	57	0.25 ± 0.06	0.24 ± 0.02	0.33 ± 0.02	0.21 ± 0.02	0.28 ± 0.09	0.22 ± 0.09	ns
2,3-butanediol d,l	45	36.98 ± 8.23	52.12 ± 9.34	53.38 ± 11.32	55.33 ± 24.54	60.80 ± 12.80	38.37 ± 21.43	ns
1-Octanol	56	0.55 ± 0.04 ^a	0.47 ± 0.02 ^a	0.70 ± 0.06 ^a	0.91 ± 0.14 ^{ab}	1.36 ± 0.25 ^{bc}	1.61 ± 0.66 ^c	***
2,3-butanediol meso	45	42.13 ± 16.29	51.07 ± 15.75	43.99 ± 11.63	42.36 ± 16.60	55.63 ± 14.15	39.72 ± 24.68	ns
1-Nonanol	70	NQ	0.26 ± 0.01	0.27 ± 0.15	0.25 ± 0.02	0.42 ± 0.12	1.08 ± 1.00	ns
benzyl alcohol	79	0.26 ± 0.03	0.20 ± 0.01	0.26 ± 0.01	0.28 ± 0.04	0.40 ± 0.10	0.36 ± 0.17	ns
phenyl ethyl alcohol	91	NQ	0.35 ± 0.18 ^a	0.85 ± 0.06 ^{ab}	0.85 ± 0.28 ^{ab}	1.25 ± 0.59 ^b	0.77 ± 0.29 ^{ab}	***
Diethylene Glycol ethyl ether (carbitol)	59	0.88 ± 0.19 ^{bc}	0.16 ± 0.01 ^a	0.26 ± 0.04 ^{ab}	0.68 ± 0.44 ^{ab}	1.39 ± 0.71 ^c	0.73 ± 0.36 ^{ab}	**

N-hétérocycles

1-Methyl -1H-pyrrole	81	69.31 ± 18.03 ^a	61.66 ± 2.21	89.10 ± 1.31 ^a	145.56 ± 9.63 ^b	72.45 ± 3.27 ^a	160.0 ± 65.6 ^b	***
2-Methyl pyrazine	94	3.23 ± 0.25 ^a	0.76 ± 0.06 ^a	7.37 ± 0.48 ^a	52.32 ± 6.41 ^b	134.69 ± 6.10 ^{ab}	158.2 ± 61.5 ^c	***
2,6-dimethyl-pyrazine	108	10.75 ± 2.62 ^{ab}	1.51 ± 0.13 ^a	17.71 ± 1.29 ^{ab}	106.7 ± 16.4 ^c	188.42 ± 15.87 ^{bc}	261.1 ± 110.3 ^d	***
2,3-dimethyl pyrazine	108	0.15 ± 0.02 ^a	0.03 ± 0.00 ^a	0.47 ± 0.05 ^a	2.69 ± 0.39 ^b	1.85 ± 0.20 ^{ab}	8.81 ± 3.06 ^c	***
2-ethyl,5-methyl pyrazine	121	1.84 ± 0.47 ^a	0.06 ± 0.00 ^a	1.42 ± 0.16 ^a	5.45 ± 0.64 ^a	4.94 ± 0.86 ^a	23.44 ± 8.67 ^b	***
Pyrazine, 2-ethyl-6-methyl-	121	-	0.05 ± 0.08 ^a	2.93 ± 0.15 ^a	15.17 ± 2.05 ^b	15.41 ± 2.68 ^b	42.50 ± 16.86 ^c	***
trimethyl pyrazine	122	1.06 ± 0.20 ^a	0.20 ± 0.01 ^a	3.39 ± 0.31 ^{ab}	14.34 ± 1.94 ^c	13.01 ± 1.59 ^b	39.82 ± 14.60 ^d	***

2-ethyl 3,5-dimethylpyrazine	135	0.59 ± 0.05 ^a	0.15 ± 0.01 ^a	3.56 ± 0.31 ^{ab}	10.97 ± 1.57 ^{bc}	12.77 ± 1.73 ^c	30.56 ± 11.26 ^d	***
pyrrole	67	0.31 ± 0.02 ^a	0.27 ± 0.13 ^a	0.33 ± 0.02	3.12 ± 0.40 ^a	1.68 ± 0.11 ^a	12.60 ± 4.27 ^b	***
4(H)-Pyridine, N-acetyl-	80	0.24 ± 0.10	0.04 ± 0.00 ^a	0.28 ± 0.02 ^a	2.64 ± 0.31 ^a	2.38 ± 0.51 ^a	8.80 ± 3.77 ^b	***
2acetylpyrrole	94	0.58 ± 0.11 ^{ab}	0.21 ± 0.02 ^a	0.45 ± 0.02 ^{ab}	0.93 ± 0.12 ^{ab}	1.70 ± 0.82 ^b	2.96 ± 1.61 ^c	**
1H-Pyrrole-2-carboxaldehyde	95	0.27 ± 0.03 ^a	0.03 ± 0.00 ^a	0.08 ± 0.00 ^a	0.42 ± 0.08	0.59 ± 0.25 ^a	2.61 ± 1.46 ^b	***
Furanes								
2-pentyl furane	81	9.43 ± 1.02 ^a	4.90 ± 0.35 ^a	6.44 ± 0.85 ^a	10.97 ± 1.16 ^a	13.52 ± 2.44 ^{ab}	20.73 ± 13.10 ^b	*
Furfural	96	2.35 ± 0.23 ^a	0.18 ± 0.31 ^a	1.08 ± 0.08 ^a	19.28 ± 2.93 ^a	12.95 ± 2.05 ^a	84.95 ± 33.81 ^b	***
Acétate de Furfuryl	140	NQ	0.01 ± 0.00 ^a	0.01 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.00 ^a	0.02 ± 0.01 ^a	0.19 ± 0.07 ^b	***
2(3H)-dihydro-5-methyl-5-vinyl-Furanone	111	0.09 ± 0.01 ^{ab}	0.06 ± 0.00 ^a	0.07 ± 0.01 ^a	0.08 ± 0.01 ^a	0.08 ± 0.02 ^a	0.12 ± 0.03 ^c	**
2-Furanméthanol		0.03 ± 0.05 ^a	0.83 ± 0.10 ^a	1.08 ± 0.04 ^a	2.83 ± 0.26 ^b	2.9 ± 0.51 ^b	14.49 ± 5.99 ^c	***
(5-Methyl-2-furyl) méthanol	112	0.15 ± 0.08 ^a	0.06 ± 0.01 ^a	0.09 ± 0.01 ^a	0.18 ± 0.02 ^a	0.16 ± 0.02 ^a	0.64 ± 0.24 ^b	***
2(5H)-Furanone	84	NQ	0.12 ± 0.02 ^a	0.18 ± 0.01 ^a	0.66 ± 0.02 ^{ab}	0.90 ± 0.36 ^b	1.98 ± 0.94 ^c	***
Furaneol	128	NQ	NQ	NQ	1.25 ± 0.10 ^a	1.92 ± 1.15 ^a	4.13 ± 2.25 ^b	***
Terpènes								
Limonène	93	1.15 ± 0.12 ^b	0.53 ± 0.03 ^a	0.50 ± 0.07 ^a	0.76 ± 0.12 ^a	0.80 ± 0.03 ^a	0.55 ± 0.35 ^b	**

NQ : Non quantifié ; ND: Non détecté

Lettres différentes dans une même ligne indiquent des différences significatives (p <0,05) et analysés par test de Duncan

Les résultats sont exprimés en valeur moyenne (µg / kg d'huile torréfiée ± écart-type) en triple. *: P <0,05; **: p <0,01; ***: p <0,001

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Charrouf Z, Guillaume D. (1999) Ethnoeconomical, ethnomedical, and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) Skeels: A review. Journal of Ethnopharmacology, 67, 7-14.
- El Monfalouti H, Guillaume D, Denhez C, Charrouf Z. (2010) Therapeutic potential of argan oil-A review. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 62, 1669-1675.
- Charrouf Z, Guillaume D. (2008) Argan oil, Functional Food, and the Sustainable Development of the Argan Forest. Natural Product Communications, 3, 283-288.
- Harhar H, Gharby S, Kartah B, El Monfalouti H, Guillaume D, Charrouf Z. (2011) Influence of argan kernel roasting-time on virgin argan oil composition and oxidative stability. Plants Food for Human Nutrition, 66, 163-168.
- Charrouf Z. El Halima H, Mallia S, Licitra G, Guillaume D. (2006) Influence of roasting and seed collection on argan oil odorant composition. Natural Product Communications, 1, 399-404
- Angerosa F (2002). Influence of volatile compounds on virgin olive oil quality evaluated by analytical approaches and sensor panels. European Journal of Lipid Science and Technology, 104, 639-660.
- Harhar H, Gharby S, Kartah B, El Monfalouti H, Charrouf Z, Guillaume D. (2010) Long argan fruit drying time is detrimental for argan oil quality. Natural Product Communications, 5, 1799-1802.

8. Koehler PE, Odell GV. (1970). Factors affecting the formation of pyrazine compounds in sugar-amine reactions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 18, 895-898.
9. Maga JA. (1982) Pyrazines in foods: an update. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 16, 1-48.
10. Shibamoto T, Akiyama T, Sakaguchi M, Enomoto Y, Massuda A. (1979) A study of pyrazine formation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 27, 1027-1031.
12. Baccouri O, Bendini A, Cerretani L, Guerfel M, Baccouri B, Lercker G, Zarrouk M, Daoud Ben Miled D (2008). Comparative study on volatile compounds from Tunisian and Sicilian monovarietal virgin olive oils. *Food Chemistry*, 111, 322-328.
13. Frankel EN. (1980) Lipid oxidation. *Progress in Lipid Research*, 19, 1-22.
14. Rizzi GP (2008). The Strecker degradation of amino acids: newer avenues for flavor formation. *Food Reviews International*, 24, 416-435.
15. Molimard, P., & Spinnler, H. E. (1996). Review: Compounds involved in the flavour of surface mold-ripened cheeses: Origin and properties. *Journal of Dairy Science*, 79, 169-184.
16. Triqui, R., & Reineccius, G. A. (1995). Changes in flavour profiles with ripening of anchovy (*Engraulis encrasicolus*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 43, 1883-1889.
17. Adamiec J, Rössner J, Velisek J, Cejpek K, Savel J (2001). Minor Strecker degradation products of phenylalanine and phenylglycine. *European Food Research and Technology*, 212, 135-140.
18. Choe E, Min BD (2006). Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5, 169-186.
19. Preininger, M., Warmke, R., & Grosh, W. (1996), Identification of character impact flavour compounds of Swiss cheese by sensory studies of models. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 202, 30-34.
20. Davies, C. G. A., Wedzicha, B. L., & Gillard, C. (1997), Kinetic model of the glucose-glycine reaction. *Food Chemistry*, 3, 323-329.
21. Hofmann, T. (1998), Studies on melanoidin-type colorants generated from the maillard reaction of protein-bound lysine and furan-2- carboxaldehyde-chemical characterization of a red coloured domaine. *Z. Lebensm Unters Forsch A*, 206, 206-251.
22. Hofmann, T., Munch, P., & Schieberle, P. (2000), Quantitative model studies on the formation of aroma-active aldehydes and acids by strecker-type reactions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 3761-3766.
23. Hofmann, T., & Schieberle, P. (2000), Formation of aroma-active strecker-aldehydes by direct oxidative degradation of amadori compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 4301- 4305.
24. Buchbauer, G., Boucek, B., & Nikiforov, A. (1998). On the aroma of Austrian pumpkin seed oil: correlation of analytical data with olfactory characteristics. *Ernährung/nutrition*, 22(6), 246-249.
25. Matsui, T., Guth, H., & Grosch, W. (1998), A comparative study of potent odorants in peanut, hazelnut, and pumpkin seed oils on the basis of aroma extract dilution analysis (AEDA) and gas chromatography olfactometry of headspace samples (GCOH). *Fett/Lipids*, 2, 51-56.
26. Nikiforov, A., Knapp, M., Buchbauer, G., & Jirovets, L. (1996). Zur Bestimmung der dominierenden Geruchskomponenten (character impact compounds) von steirischem Kürbiskernöl. *Ernährung/ Nutrition*, 20(12), 643-644.
27. Baker GL, Cornell JA, Gorbet DW, O'Keefe SF, Sims CA, Talcott ST. (2003). Determination of pyrazine and flavor variations in peanut genotypes during roasting. *Journal of Food Science*, 68, 394-400.
28. Matthäus B, Guillaume D, Gharby S, Haddad A, Harhar H, Charrouf Z (2010). Effect of processing on the quality of edible argan oil, *Food Chemistry*, 120, 426-432
29. Siegmund B, Murkovic M (2004). Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil (Part 2: volatile compounds). *Food Chemistry*, 84, 367-374.
30. Frankel EN (1982). Volatile lipid oxidation products. *Progress in Lipid Research*, 22, 1-33.
31. Tressl R., Rewicki D., (1999), Heat generated flavors and precursors. *Flavor Chemistry . Thirsty years of progress*, Teranishi R., Wick E.L. et Horstein I. (Ed), Kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York, Chapter 26, 305-325.
32. Maga JA (1979). Furans in foods. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 4, 39-115.

Cosmetic Argan Oil as efficient inhibitors for copper corrosion in phosphoric acid medium

Mounir F.^{1*}, El Issami S.², Bazzi L.H.³, Salghi R.⁴, Jbara O.⁵, Chihab Eddine A.² and Bazzi L.²

¹ Doctorante à la Faculté des Sciences d'Agadir. Morocco.*E-mail: mounirfatih@yahoo.fr

² Enseignants Chercheurs à la Faculté des Sciences d'Agadir. Morocco.*E-mail: l.bazzi@uiz.ac.ma

³ Responsable à l'Etablissement Autonome de Contrôle et de Coordination des Exportations Agadir. Morocco.

⁴ Enseignant Chercheur à l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Agadir, Morocco.

⁵ Enseignant Chercheur Université de Reims.

ABSTRACT

The effect of addition of Cosmetic Argan Oil (CAO) on the corrosion of copper in 2 M H₃PO₄ and NaCl 0.3 M has been studied by potentiodynamic polarisation and Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) measurements. The inhibition efficiency was found to increase with inhibitor content to attain 97% for CAO at 7g/L. Inhibition efficiency E (%) obtained from the various methods is in good agreement.

Keywords : Corrosion, Copper, Inhibition, Cosmetic Argan Oil.

INTRODUCTION

Copper is a material with excellent electrical and thermal conductivity and is often used in heating and cooling systems. Scale and corrosion products have a negative effect on heat transfer, and cause a decrease in the heating efficiency of the equipment, which accounts for the necessity of periodic descaling and cleaning of acidic pickling solutions (Scendo, 2005). The use of inhibitors is one of the most practical methods for protection against corrosion, especially in acidic media (Trabanelli, 1991). Large numbers of organic compounds were studied and are being studied to investigate their corrosion inhibition potential. All these studies reveal that organic compounds especially those with N, S and O showed significant inhibition efficiency (Zarrok et al, 2011– Hammouti et al 1998). But, unfortunately most of these compounds are not only expensive but also toxic to living beings. It is needless to point out the importance of cheap, safe inhibitors of corrosion. Plant extracts are environment friendly, bio-degradable, non-toxic, easily available and of potentially low cost. Most of the naturally occurring substances are safe and can be extracted by simple procedures. Recent literature is full of researches which test different extracts for corrosion inhibition applications. The examples are

numerous such as Argan Hulls (Afia et al, 2012) *Thymus capitatus* (El Ouariachi et al, 2011– Chetouani et al, 2004), *Fenugreek* (Bouyanzer et al, 2010), *Artemisia* (Mounir et al, 2012), *Hibiscus sabdariffa* (Emeka et Portug, 2008), *Oxandra asbeckii* (Lebrini et al, 2011), *Citrus paradise* (Olusegun et al, 2004) and *Anacyclus pyrethrum* L. (Selles et al, 2012).

In this work, the inhibitive action of cosmetic argan oil (CAO), as an inexpensive, eco-friendly, naturally occurring substance, on the corrosion of copper in 2 M H₃PO₄ solution containing 3.10⁻¹ M NaCl has been studied by electrochemical techniques potentiodynamic polarization and electrochemical impedance spectroscopy (EIS).

MATERIALS AND METHODS

Electrochemical tests

The current–voltage characteristics are recorded with a potentiostat PGZ100 piloted by Voltamaster soft-ware. The scan rate is 30 mV/min and the potential is ranged from cathodic to anodic potentials. Before recording each curve, the working electrode is maintained with its free potential of corrosion *E*_{corr} for 30 min. The polarisation curves are obtained from –800 mV/SCE to 500 mV/SCE. We used for all electrochemical tests

a cell with three electrodes and double wall thermostats (Tacussel Standard CEC/TH). Saturated calomel (SCE) and platinum electrodes are used as reference and auxiliary electrodes, respectively. The working electrode is in the form of a disc from pure copper of the surface 1 cm².

The electrochemical impedance spectroscopy (EIS) measurements are realised with the electrochemical system (Tacussel), which included a digital potentiostat model Voltalab PGZ100 computer at Ecorr after 30 min immersion in solution. After the determination of steady-state current at a corrosion potential, sine wave voltage (10 mV) peak to peak, at frequencies between 100 kHz and 10 mHz are superimposed on the rest

potential. Computer programs automatically controlled the measurements performed at rest potentials after 30 min of exposure at 298 K. The impedance diagrams are given in the Nyquist representation. Experiments are repeated three times to ensure the reproducibility.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Polarization curves

The cathodic and anodic polarization curves of the copper immersed in 2 M H₃PO₄ + 3.10⁻¹M NaCl in the presence and absence of at different concentrations at 298 K are presented in Fig. 1. Values of the associated electrochemical parameters are given in Table 1.

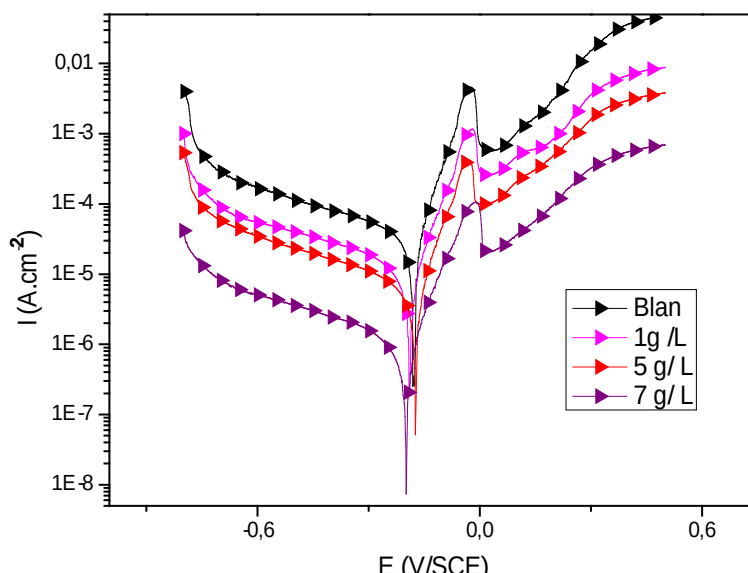


Figure 1. Cathodic and Anodic polarisation curves of copper in (2M H₃PO₄+ 3.10⁻¹M NaCl) in the presence of Cosmetic Argan oil at different concentrations.

Table 1. Electrochemical parameters of copper at various concentrations of COA in (2M H₃PO₄+ 0.3M NaCl) and the corresponding inhibition efficiency

	x (g/l)	E _{corr} (mV/SCE)	I _{corr} (μA/cm ²)	b _a (mV/dec)	b _c (mV/dec)	Ei (%)
(2M H ₃ PO ₄ +0.3 NaCl) +xM ACO	0	-177	36	68	-297	-
	1	-192	14	69	-487	61
	5	179	7	67	-486	81
	7	-195	2	69	-471	95

In this case, the inhibition efficiency is defined as follows: (1)

$$E_i(\%) = \frac{I_{\text{corr}} - I'_{\text{corr}}}{I_{\text{corr}}} \times 100$$

Where I_{corr} and I'_{corr} are the uninhibited and inhibited current density, respectively.

The examination of Fig. 1 and Table 1 reveals that the corrosion current (I_{corr}) decreased prominently and inhibition efficiency increased with inhibitor

measurements have been carried out at 298 K (Fig. 2). The impedance parameters derived from these investigations are mentioned in Table 2.

The inhibition efficiency determined by transfer resistance (ERT%) can be calculated by the following formula: (2)

$$E_{Rt} \% = \frac{(R_t - R_t^0)}{R_t} \times 100$$

Here R_t and R_t^0 are the charge transfer resistances

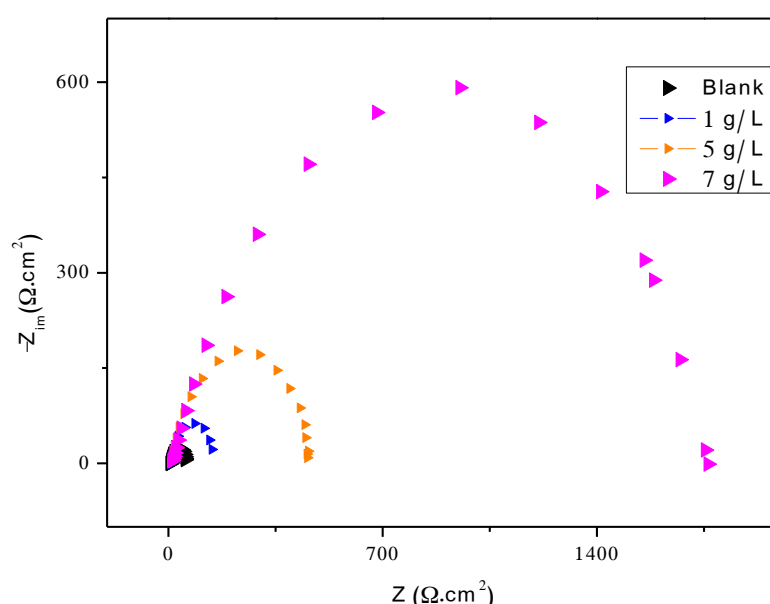


Figure 2. Nyquist diagrams for copper electrode in (2M H₃PO₄ + 0.3M NaCl) with and without CAO after 30 min of immersion at E_{corr} .

concentration. The presence of CAO does not remarkably shift the corrosion potential (E_{corr}) and hence, it can be said to be a mixed type inhibitor in (2M H₃PO₄ + 3.10-1M NaCl). We also remark that the cathodic current-potential curves give rise to parallel Tafel lines, which indicate that hydrogen evolution reaction is activation controlled and that the addition of the CAO does not modify the mechanism of this process (Bammou et al, 2011). The inhibition efficiency reaches 95% at 7g/l of oil tested. Consequently, CAO is a good inhibitor.

2. Electrochemical impedance spectroscopy measurements

In order to get more information about the corrosion behaviour copper at various concentrations of CAO in (2M H₃PO₄ + 0.3M NaCl) and without CAO, electrochemical impedance spectroscopy (EIS)

in inhibited and uninhibited solutions respectively.

The values of the charge transfer resistance were calculated by subtracting the high frequency intersection from the low frequency intersection (Ouachikh et al, 2009). Double layer capacitance values C_{dl} were obtained at the frequency (f_{max}), at which the imaginary component of the Nyquist plot is maximum, and calculated using the following equation.

$$\text{with } \omega = 2\pi f_{\text{max}} \quad (3)$$

Table 2. Impedance parameters for corrosion of copper in (2M H₃PO₄ + 3.10-1 M NaCl) at various concentrations of CAO.

It is worth noting that the presence of inhibitors does not alter the profile of impedance diagrams which are almost semi-circular (Fig.2), indicating a charge transfer process mainly controls the corrosion of copper.

Deviations of perfect circular shape are often referred to the frequency dispersion of interfacial impedance. This anomalous phenomenon may be attributed to the inhomogeneity of the electrode surface arising from surface roughness or interfacial phenomena (Shih et Mansfeld, 1989 - Martinez et Metikos-Hukovic, 2003).

In Table 4, the capacitance value C_{dl} in the case of blank is about $49 \mu F/cm^2$ and decreased to attain $8 \mu F/cm^2$ at 7 g/L of CAO (Table 4). The decrease of the capacitance can be explained by a reduction of the active metal surface, which is probably due to the species adsorption or to the development of compounds on the surface (Bouklah et al, 2006). The homogeneous evolution of the inhibition efficiency, calculated from impedance spectra at free potential in the presence of CAO at various concentrations, is presented. This inhibition efficiency increases when the inhibitor concentrations increase. Inhibition efficiency values exceed 97 % at 7 g/L of CAO. This confirms the results obtained by potentiodynamic test.

CONCLUSION

From the above results and discussion, the following conclusions are drawn:

- Cosmetic Argan Oil. acts as a good inhibitor for the corrosion of copper in 2M H_3PO_4 + 0.3M NaCl.
- The inhibition efficiency of CAO increases with the concentration to attain a maximum value 97 % at 7g/L.
- CAO is a mixed inhibitor and its molecules block both the anodic and cathodic sites of the metal surface.
- The results obtained from polarization and EIS are in reasonably good agreement.

REFERENCES

- Afia L, Salghi R , Bazzi El, Zarrouk A, Hammouti B, Bouri M, Zarrouk H, Bazzi L, Bammou L, Res. Chem. Intermed.; DOI 10.1007/s11164-012-0496-y (2012).
- Bammou L, Mihit M, Salghi R, Bouyanzer A, Al-Deyab SS, Bazzi L, Hammouti B. Int. J. Electrochem. Sci., 6 (2011) 1454 – 1467.
- Barouni K, Bazzi L, Salghi R, Mihit M, Hammouti B, Albourine A, El Issami S, Mater. Lett. 62(2008) 3325.
- Bouklah M, Hammouti B, Lagrenee M, BentissF. Corrosion Science 48 (2006) 2831.
- Bouyanzer A, Hammouti B, Majidi L, Haloui B, Port. Electrochim. Acta. 28 (2010) 165.
- Chetouani A, Hammouti B, Bull. Electrochem. 20(2004)343.
- El Issami S, Bazzi L, Hilali M, Salghi R and Kertit S, Ann. Chim. Sci. Mat. 27 (2002) 63.
- El Issami S, Bazzi L, Mihit M, Hammouti B, Kertit S , Ait Addi E, Salghi R, Pig. Res. Tech. 36 (2007) 161.
- El Issami S, Bazzi L, Mihit M, Hilali M, Salghi R, Ait Addi El. J. Phys. IV., 123 (2005) 307.
- El Ouariachi El M, Paolini J, Bouyanzer A, Tomi P, Hammouti B, Salghi R,
- Emeka E, Portug. Electrochim. Acta. 26 (2008) 303.
- Hammouti B, Salghi R, Kertit S, J. Electrochem. Soc. India. 47 (1998) 31.
- Lebrini M, Robert F, Lecante A, Roos C, Corros. Sci. 53 (2011) 687.
- Majidi L, Costa J, Med J. Plants. Res. 5(2011) 5773.
- Martinez S, Metikos-Hukovic M, J.Appl. Electrochem. 33(2003)1137
- Mihit M, Bazzi L, Salghi R, Hammouti B, El Issami S, Ait Addi E, ISJAE 6262 (2008) 173.
- Mihit M, El Issami S, Bouklah M, Bazzi L, Hammouti B, Ait Addi E, Salghi R, Kertit S, Appl. Surf. Sci. 252(2006) 2389.
- Mihit M, Laarej K, Abou El Makarim H, Bazzi L, Salghi R, Hammouti B, Arab. J. Chem. 3 (2010) 55.
- Mihit M, Salghi R, El Issami S, Bazzi L, Hammouti B, Ait Addi El, Kertit S, Pig. Res. Tech. 35(2006) 151.
- Mounir F, El Issami S, Bazzi Lh, Salghi R, Bammou L, Bazzi L, Chihab Eddine A & Jbara O, IJRRAS 13 (2) 2012.
- Olusegun AK, Oforka NC and Ebenso E E, J. Corros. Sci. Eng. 8 (2004) 1.
- Ouachikh O, Bouyanzer A, Bouklah M, Desjobert J-M, Costa J, Hammouti B, Majidi L, Surface Review and Letters, 16 (2009) 49.
- Salghi R, Bazzi L, Hammouti B, Kertit S, Bull. Electrochem. 16 (2000) 272.
- Scendo M. Corrosion Science 47 (2005) 1738–1749
- Selles C, Benali O, Tabti B, Larabi L, Harek Y, Mater J. Environ. Sci. 3 (1) (2012) 206-219.
- Shih H, Mansfeld H, Corrosion Science 29(1989)1235.
- Trabanelli G, Corrosion 47 (1991) 410.
- Zarrook H, Oudda H, Zarrouk A, Salghi R, Hammouti B, Bouachrine M, Der Pharm Chem. 3 (2011) 576.

Quality criteria for edible argan oil - Results from a market survey

Matthäus B. , Brühl L.

Max Rubner-Institut, Federal Research Institute for Nutrition and Food, Working Group Lipid Research, Schützenberg 12; D-32756 Detmold (Germany)

ABSTRACT

When talking about the quality of edible oils four different aspects are important: sensory perception, identity, oxidative state and contaminants. Most crucial is the sensory quality of edible argan oil with sometimes unacceptable sensory attributes like fusty or Roquefort cheese. Since edible argan oil belongs to the high-price products adulteration with other cheaper oils is conceivable. Parameters for a clear evidence of pure edible argan oil are the tocopherol composition with γ -tocopherol as predominant compound, the phytosterol composition with spinasterol and 7-stigmasternol (schottenol) as very unique phytosterols, the appearance of higher amounts of squalene and the triacylglycerol composition.

Most of the oils from the market had no problem with the oxidative state, the oxidative stability measured by Rancimat test was found between 4.6 h and 10.2 h. The smoke point of the investigated oils ranged from 155 °C to 184°C, which is comparable to other cold pressed oils.

Most of the samples had mineral oil contents below 50 mg/kg, but five samples showed values between 100 mg/kg and 600 mg/kg. The content of benzo[a]pyrene was clear below 2.0 μ g/kg for all samples.

Keywords : *argan oil, quality, identity, oxidative state, sensory evaluation*

INTRODUCTION

Today cold pressed edible argan oil belongs to the high-price segment in western European countries with prices between 50 and 140 Euro/liter and it plays an important role in the upscale kitchen. Therefore it is very important to ensure the quality of the oil regarding sensory quality, identity, oxidative state and contaminants. The more interesting the oil becomes outside of Morocco the more important is a comprehensive and effective quality assurance system with the above mentioned facets.

When talking about quality it is important to know that according to the definition of the International Organisation for Standardization (ISO) quality are the whole characteristic features of a product which are related to the suitability and fulfillment of defined or provided demands. That means limits for characteristic features have to be defined and quality describes the state of a product or how a product should be.

For the world-wide market it is important that argan oil fulfill the quality requirements defined by the European legislation or different standards like the Codex Alimentarius (Codex Alimentarius, 1993).

In the European legislation the Regulation (EC) No 178/2002 (Regulation (EC) Nr 178/2002) is laying down the general principles and requirements of food law. The main objective of this regulation is to preserve the consumer from risks to health and deceptions. Thus, one fundamental definition is given in Article 14 that food shall not be placed on the market if it is unsafe and that food shall be deemed to be unsafe if it is considered to be injurious to health or unfit for human consumption. The assessment whether any food is unfit for human consumption depends on its intended use, the occurrence of contaminants, but also on contamination by putrefactive, deterioration or decomposition.

Another important point for the consumer is identity of the oil. If the consumer pays a high price for the product he wants to be sure that it is really pure, high-quality argan oil without any adulteration.

These quality requirements comprise physical and chemical parameters giving indications for the identity of the oil or the state of the raw materials and the storage conditions, sensory quality and the absence of contaminants such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), pesticides or mineral oils.

Sensory quality

Cold pressed edible oils are defined by the characteristic smell and taste for the seed or fruit from which it comes. That is the main difference to the refined oils. For the consumer the sensory characteristics of cold pressed oils are important for the buying decision. Therefore the producer of cold pressed oils has the duty to produce cold pressed edible oils with typical taste and smell and without any sensory defect. Another point is that the loss of quality of cold pressed oils is directly correlated with the sensory evaluation of the product.

Typical for high-quality cold pressed argan oil is the appearance of the sensory attributes roasty and nutty. The attribute nutty is resulting from the argan fruit, while the attribute roasty is developed during the roasting process. Every deviation from this sensory impression is caused by improper raw material (fusty, musty, Roquefort cheese) unsuitable processing during roasting (burnt) or inappropriate storage conditions of the oil (rancid).

In a market survey with 17 oils from the Swiss and German market the sensory quality seems to be the major problem of cold pressed argan oil. Almost all oils had at least one sensory defect. In some cases only the roasting process was carried out too intensive resulting in a burnt taste and smell, while in most of the oils the attributes fusty or Roquefort cheese were perceivable making the oils extremely unpleasant (figure 1). From other investigations it is known that the type of production has a remarkable influence on the sensory quality of argan oil during storage (Matthäus et al., 2010). While argan oil produced by a screw press from gently roasted seeds provides still a nutty and roasty taste and smell even after 20 weeks of storage, oils produced manually or from unroasted seeds had lost their typical aroma very fast and changed to negative attributes like fusty or Roquefort cheese.

Identity

Adulteration of cold pressed argan oil may be very attractive because any replacement with low-price oils results in an optimization of the profit. For the most important edible oils on the market the Codex alimentarius (Codes Alimentarius, 1993), but also national standards such as the German Guideline for Edible Fats and Oils (Leitsätze, 2011) present the fatty acid, tocopherol and sterol composition for the evaluation of the identity. The composition of edible argan oil is not listed in these standards but in literature some information is available [Maurin et al., 1992; Dubois et al., 2007; Matthäus et al., 2010]. Maurin et

al. (1992) also provide some information about the triacylglycerol composition of argan oil.

While the fatty acid composition of cold pressed argan oil gives only few information about the identity of the oil the tocopherol composition with nearly 90 % gamma-tocopherol as well as the sterol composition with the presence of α -spinasterol and 7-stigmastenol (schottenol) is very specific making the detection of adulteration easy. The quality of the raw material used for the extraction of the oil has a strong influence on the tocopherol content. No significant difference in the total amount of tocopherols was found for oil obtained from roasted or unroasted seeds either obtained by screw pressing or traditional extraction. Only the total amount of tocopherols in oil obtained from goat-digested kernels was significant lower (Matthäus et al., 2010). Instead of 457.1 mg/kg only 335.3 mg/kg were found.

Additionally the triacylglycerol composition is a very stable characteristic feature for the confirmation of the identity of pure argan oil. According to the fatty acid composition the triacylglycerol composition was dominated by POO, PLO, OOO, OLO and LLO. In admixtures it is possible to reproduce the fatty acid composition but difficult to meet the typical composition of the triacylglycerols.

Oxidative state

One of the major reasons for the deterioration of edible oils is lipid oxidation (Jacobsen, 1999), which often results in a strong decrease of the sensory quality of the oil due to the formation of strong aroma active compounds.

An important parameter to evaluate the oxidative state of edible oils is the totox value calculated as sum of twice the peroxide value and once the anisidine value. With this parameter it is possible to consider the primary oxidation products such as hydroperoxides or radicals from the beginning of the autoxidation process and the anisidine value (AnV) recording the secondary oxidation products especially 2-alkenals, 2,4-dienals and saturated aldehydes resulting from the degradation of the primary products. In the industry a limit of 10 is used for the AnV as a rough characteristic feature for good refined oils (Rossell, 1989). However, Rossell (1989) suggested also a totox value below 10 for good quality edible oils with the explanation that only in few cases primary and secondary reaction products are high at the same time. In the same context Frankel (Frankel, 2005) explained that good quality oil should have a totox value of less than 4. The German Guidelines for

Edible Fats and Oils gives a limit for cold-pressed oils with a totox value of less than 20 (Leitsätze, 2011).

Figure 2 shows the peroxide, anisidine and totox values of the investigated oils together with the suggested limits for the totox value from different publications. Only sample 17 exceeded the totox value suggested by the German Guidelines for Edible Fats and Oils while all other samples were significantly below this value. Most of the oils even keep the value of 10 presented by Rossell (1989) and some of the oils were remarkable below the limit defined by Frankel (2005). That shows that most of the oils from the market had no problem with the oxidative state.

The measurement of the oxidative stability by the Rancimat test at 120°C is a dynamic method giving some rough information about the shelf life of the oil. The oxidative stability of the edible argan oils was found in a wide range between 4.6 h and 10.2 h. In most cases oils with a high totox value which should correspond to a worse oxidative state had lower oxidative stability. The shelf-life decreases logarithmically with increasing temperature and every 10°C increase in storage temperature results in a halving of the shelf-life. With this prediction which has some limitations because of the accelerated conditions of the measurement the calculated shelf-life of the investigated argan oils was between 196 days (sample 15) and 435 days (sample 3). From this it can be concluded that a best-before date of no longer than one year seems to be appropriate for high-quality cold-pressed argan oil. A longer definition of the best-before date bears the risk that the oxidative state of the oil becomes bad before the date.

In earlier investigation argan oil obtained from roasted seeds by screw pressing had an average oxidative stability in the Rancimat test of 9.3 h at 120°C, while oil from unroasted seeds, roasted seeds traditional extracted and roasted seeds goat-digested showed mean values of 6.0 h, 8.7 h and 8.0 h (Matthäus et al., 2010). One reason for a better oxidative stability could be that antioxidant active compounds become better extractable after the roasting process or that Maillard-reaction products with an antioxidant potential are formed resulting in a better stability.

The smoke point refers to that temperature at which under defined conditions clearly visible smoke is coming out of the oil. This smoke mainly consists of free fatty acids and other volatile compounds evaporating from the oil when their concentration is high enough to permit their aggregation to colloidal sized particles. A good negative correlation between the content of free

fatty acids and the smoke point can be found. Thus a high smoke point and a corresponding low content of free fatty acids indicates a better quality of the argan oil resulting from the use of better quality raw material. The smoke point of the investigated oils ranged from 155 °C to 184°C, which is comparable to other cold pressed oils. The content of free fatty acids was found between 0.2 g/100g and 1.2 g/100 g which was in good agreement with the limits according to the Codex Alimentarius and the German Guidelines for Edible Fats and Oils with 2.0 g/100 g indicating the use of good quality raw material for the production of the oils.

Contaminants

In the present investigation mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) and benzo[a]pyrene were investigated. While in most of the oils MOSH contents below the level of 50 mg/kg set by the European Union for sunflower oil from the Ukraine were found, five samples show values between 100 mg/kg and 600 mg/kg indicating that an external source for these compounds is possible.

Benzo[a]pyrene is the leading substance for the evaluation of PAHs with a maximum level of 2.0 µg/kg ((EC) No 835/2011 (Regulation (EC) No 835/2011). Today the European Food Safety Authority (EFSA) recommends that at least four PAH (benzo[a]pyrene, benzo[a]anthracene, chrysene and benzo[b]fluoranthene) should be taken in to consideration for the assessment of PAH in food (EFSA, 2008). All the samples were clear below the limit with the highest value at 0.3 µg/kg and most of the values below 0.2 µg/kg. From this it can be concluded that the argan oils had no problem with benzo[a]pyrene although sometimes additionally to the indirect heating of the roasting facility by gas a direct heating by wood or waste is still in use.

CONCLUSION

For the further success of argan oil at the international market a constant high quality is important considering the different aspects of sensory quality, identity, oxidative state and contaminants. From the present results it can be concluded that especially the sensory quality needs some further improvement. The occurrence of attributes like fusty or Roquefort cheese but also burnt, in individual cases, resulting from the choice of improper raw material can endanger the whole success.

The identity of argan oil can easily be ensured by systematically monitoring of the tocopherol, sterol and triacylglycerols composition. From the results of

the oxidative stability and the oxidative state arise the recommendation to use only one year as labelled shelf-life for cold-pressed argan oil.

Only some oils had a problem with unusual high contents of mineral oils which may result from external sources.

REFERENCES

- Codex Alimentarius. 1993. Fats, oils and related products, 2nd ed. Rome Codex Standard for named Vegetable Oils Codex-STAN 210, Vol. 8. [Amended 2003, 2005].
- Dubois V, Breton S, Linder M, Fanni J, Parmentier M, 2007. Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. Eur. J. Lipid Sci. Technol.109: 710-732.
- EFSA. 2008. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. (Question N° EFSA-Q-2007-136). Adopted on 9 June 2008.
- Frankel EN, 2005. Stability methods, In E. Frankel. Lipid oxidation (pp. 165-186). Dundee, The Oily Press.
- Jacobsen C, 1999. Sensory impact of lipid oxidation in complex food systems. Fett/Lipid, 12: 484-492.
- Leitsätze für Speisefette und-öle vom 3. November 2011. (BANz. Nr. 181 vom 01.12.2011, pp. 4256).
- Matthäus B, Guillaume D, Gharby S, Haddad A, Harhar H, Charrouf Z, 2010. Effect of processing on the quality of edible argan oil. Food Chem.120: 426-432.
- Maurin R, Fellat-Zarrouck K, Ksir M, 1992. Positional analysis and determination of triacylglycerol structure of *Argania spinosa* seed oil. J. Amer. Oil Chem. Soc.6: 141-145.
- Rossell JB, 1989. Measurement of rancidity. In J. C. Allen & R. J. Hamilton (Eds.), *Rancidity in foods*, (pp. 23-52). London and New York, Elsevier Applied Science.
- Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety. ABl. L 31 vom 1.2.2002, S. 1-24.
- Regulation (EC) No 835/2011 of 19 August 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for polycyclic aromatic hydrocarbons in foodstuffs.

Women's Argan Oil Cooperatives in Morocco

Westre Skog B.

Argane Care, Norway - E-mail : benedict.e.w.s@gmail.com

ABSTRACT

Numerous of women's argan oil cooperatives have been established in Morocco the past decade providing employment opportunities for women inhabiting the argan forest area. While females in the Moroccan paid workforce is generally lower compared to those of males, these women have for the first time started working outside the household. This article is based on the results of master's thesis research done in Morocco in 2012. It gives insight to Amazigh women employed at argan oil cooperatives in Morocco, their experiences and changes work has brought them and their immediate families.

INTRODUCTION

The first ever argan oil cooperative (1 Cooperative Amal, located in Tamanar, 70 km. south of Essouira) was established in Morocco 1998 and spurred economic development in the region. Since that, others too have been inspired by the success of the cooperative model and today there exists over hundred argan oil cooperatives in the many communities situated within the argan forest. Common of all the cooperatives is that they employ only women. Most of these women have accepted their first-ever paid job outside the household. It is the women who have historically been making argan oil for centuries and are the gatekeepers to this old tradition. Since the establishment of the first women's argan oil cooperative, argan oil has received great recognition on the world's cosmetic and culinary markets for its high quality properties backed up by scientific research. It is known to many simply just as "liquid gold".

The thesis research done in Morocco in 2013 sought to investigate the socio-cultural and socio-economic aspect of women's argan oil cooperatives and specifically looked at the changes in women's lives post cooperative employment. Three cooperatives were chosen to base research on, all located in geographically different areas and with different backgrounds such as the year of establishment and levels of success. Time was spent with the women employed at all the cooperatives, helping them peel the dried fruit flesh off the nuts, cracking the nuts open and getting to know women. Despite the obvious language barriers

between the researcher and the employees, the women were overwhelmingly open and friendly. Most of the women employed at the cooperatives are illiterate and live humble, non-materialistic lives. Although parts of the argan oil production have been mechanized at the cooperatives, such as the extraction of the oil from the kernels, most of the labor is still done manually by the women. It generally takes around two to three full days of work to get enough kernels to produce one liter of oil (2 Interviews with cooperatives Tafyoucht, Tighanimine and Targante, March 7-April 26, 2013.). The main research question behind the thesis was as followed :

How has employment at argan oil cooperatives enhanced Moroccan women's capabilities, overall empowerment and what sort of social changes have ensued as a result ?

In order to answer the central thesis question three sub-questions was further formulated to give an in-depth oversight to the changes that may have occurred on an individual, group and community level. They were as followed :

What is the history of the argan oil cooperatives that informs this research, how are they run, and what do they directly offer in terms of economic and social benefits to the women?

How has every-day life changed for the women and their immediate family and what do the women think of the future of the argan oil cooperatives?

How has employment changed how the women

perceive themselves in terms of self-esteem levels and increased capabilities?

These questions ought to investigate if the women's cooperative-model really was as

2 Interviews with cooperatives Tafyoucht, Tighanimine and Targante, March 7-April 26, 2013.

successful as commonly described in news articles and other literature on the topic and to

hear directly from the women's own experiences.

THE ARGAN TREE

The argan tree [*Argania Spinosa* (L.)] is endemic to Morocco and has existed for thousands of years even surviving the last ice age. Its long roots serve as prevention to desertification and are a food and water source for several other plants and species (Charrouf & Guillaume, 2009). The leaves of the tree also provide shade for other plants and animals. The argan forest, stretching from north of Essaouria down south close to the Guelmim area and the desert, is today protected as a UNESCO biosphere reserve. The forest is threatened by extinction due to its rapidly increasing deforestation. Goats and camels, animals who love to graze the tree, are no longer allowed to do so and it has become illegal to cut the tree. Unfortunately, goats and camels are still commonly eating from the trees, destroying its branches and overgrazing the argan fruit.



Figure 1 : Geographic area of the argan forest.
Source : www.argania.org

ARGAN OIL

Although argan oil had been studied before, it was not until the late eighties and early nineties the argan tree was thoroughly investigated. Dr. Zoubida Charrouf, a chemist from Morocco, discovered the incredible components of the fruit that grows on the argan tree during tests in laboratories in France [See figure 2]. Dr. Charrouf discovered that not only is the oil that comes from the fruit medicinal and good for the heart, it also serves as a moisturizer for the skin, being able to treat scarring, acne and psoriasis amongst other things (IDRC, n.d.). Today, argan oil is sold worldwide, being one of the most expensive cosmetic and edible oils in the world. In the edible version, the almond shaped kernels of the argan fruit goes through a slight roasting process before the oil is extracted to create an extinct rich and nutty flavor (Morse, 2003). The cosmetic version is non-roasted and commonly sold as a miracle hair product and as an anti-wrinkle serum, a definite source of youth. Argan oil has become extremely popular on the international market, much to the benefit of the argan oil women's cooperatives.

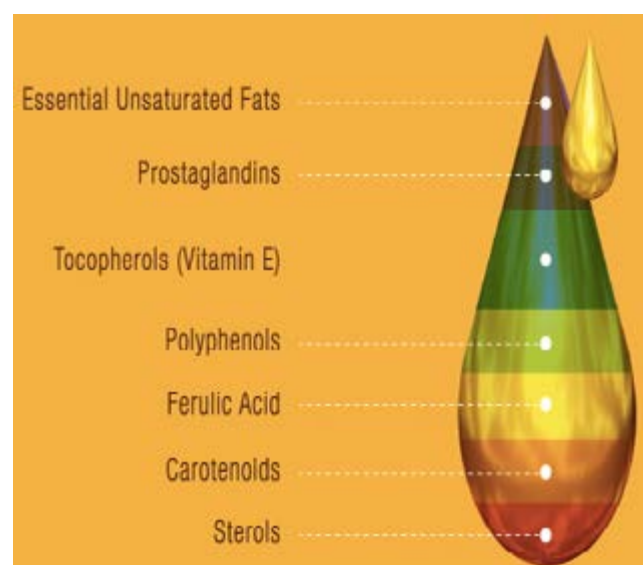


Figure 2 : Argan oil components. Source: Argania.
La maison de l'arganier.

HOW OIL IS MADE

The making of the oil is a tedious process [See figure 3]. First, locals, both men and women, pick the fruit that has fallen off the tree. This is usually done between May and August. When the fruit from the tree is collected it is left drying in the sun before its peel is removed. Inside the peel exists a hard nut that is cracked open between two rocks. This is done by hand and requires

a special technique as the nut is about sixteen times harder compared to a hazelnut (IDRC, n.d.). Inside the nuts are almond shaped kernels, usually one to three kernels, that gets crunched to the point oil gets extracted. Machines commonly do the last part of the process today. However, it usually takes more than two days to make just one liter of oil, not including the fruit picking and drying processes.



Figure 3 : From tree to oil
1: Argan Tree. 2: Dried fruit. 3: Argan nuts and kernels.
4: Argan oil. Source : Author.

THEORY

Female empowerment and human capabilities is of great relevance to the research conducted and is an overarching theme throughout the thesis. In the theoretical literature of these concepts, various approaches to the topic exist. Special focus was applied to Naila Kabeer's Empowerment Approach and Martha C. Nussbaum's Capabilities Approach. The research did not aim to measure empowerment levels or human capabilities, mostly because they are hard to measure and did not add any value to the research questions asked. Empowerment is an ongoing process and, along with capabilities, should be measured individually from woman to woman if measured at all (Mosedale, 2003). Rather, the study focused on changes in power and capabilities. The chosen theories were helpful to conceptualize the social changes that women employed at argan oil cooperatives have experienced post employment. Kabeer and Nussbaum's theories have several similarities between them and they greatly complemented each other for the purpose of the research. Although Nussbaum does not talk specifically about empowerment, the Capabilities Approach does have a strong sense of empowerment to it. Both

theories are approaches to human development beyond markets and economy (Keleher, 2007). Both theorists emphasize choice and the freedom to choose.

METHODOLOGY

In order to investigate the social impact employment at argan oil cooperatives have had on women, in particular to their self-esteem and capabilities, methods of a qualitative nature such as in-depth and semi-structured interviews, as well as participant observation and interviews with key people and experts in the field were chosen. The reasons chosen to focus on qualitative research over quantitative were due to a wish to create trustworthy relationships with the women interviewed and the interpreters. The trust which developed over several visits to the cooperatives during a period of four months allowed to eventually ask personal questions and to receive open, in-depth and authentic answers from the women which might otherwise not have occurred had a more quantitative approach been taken. This method permitted to understand the women beyond their life at the cooperative, allowing to bring their answers into the greater context of their social, cultural and political environment. An in-depth look at how similar or different the three cooperatives chosen for research were administrated, what kind of struggles the women and the cooperatives were facing, how they could be improved and what the argan oil cooperatives could be like in the future. The decision to talk to the



Figure 4 Location of the three cooperatives were interviews were conducted. Source: Author.

women directly through interviews would best satisfy this curiosity. The three cooperatives chosen to conduct the research were picked because of their differences in location, size and age [see figure 4]. This allowed to study three different geographical, social and cultural areas of the argan forest, all with their own merits and challenges. During time in the field much time was spent doing hands-on work with the women, getting to know them through small-talk, and eventually earning their trust. Through this trust-building process, the close relationships that ensued made the interviews a lot more authentic than had they been conducted upon the first meeting. Introductions to the women working in the cooperatives were made by either the president or someone else in the administration. Special bonds were developed through interpreters who spoke Tamazight who were present most of the time at the cooperatives. The interpreters were included in the hands-on-work strategy so the women could be comfortable and get to know everyone involved with this research. On top of the main qualitative research methods, small surveys were conducted among women at two of the cooperatives to assure an understanding of the daily lives of the women.

FINDINGS

The research found that the women, in general, are very appreciative of the opportunity that has been given to them to generate an income. Although their salary is not high, they feel empowered by the liberty they now have to spend self-made money. "Having an income gives me greater independence as I do not have to rely on my husband for everything", states one of the respondents³. "I have 100 % freedom to spend the money as I like, I worked hard for it and no one can take that away from me"(Ibid), another respondent says. The research sought to find evidence that the women have had an increase in self-esteem since they got employed. An overwhelming majority of the women confirmed that they had. "I am now able to leave the house with more liberty, because my husband is now used to me leaving for work"⁵, says another respondent. "When we are working all of us women sit together: We talk about our problems and about events in our daily lives such as marriages and the prices at the souk [local market]"⁶, says another respondent. "We take breaks and have tea, we sing and dance together, we are like sisters", continues another woman⁷.

Without any exception of the around sixty women interviewed during the fieldwork, they all said that they had made new friendships at the cooperative. It became evident that the social impact of argan oil

cooperatives has been almost equally important as the economic impact. The women are now able to share their problems with other women, realizing that they share many of the same issues, being able to support, give advice and create a sense of solidarity between them. Many women said that employment had given them a stronger personality, now being more confident and not so shy, they are now finding it easier to express themselves and voice their opinions especially within the household.



Figure 5 : Women cracking nuts.

Source : Author.

The research further sought to find out if female employment at the argan oil cooperatives had any spread effects in society in particular on the women's children. The respondents were asked if their income had helped finance school fees such as books and clothing. Some of the women said yes, but the majority of the children were able to go to elementary school independent of their mother's income since there is no school tuition. During the fieldwork, evidence was found that the real issue in these village communities is the lack of secondary schools. "Many of the children, in particular girls, quit school around the age of twelve as there is no secondary schools in the area"¹⁰. Many girls with great potential go from being bright students to stay at home helping out around the house before they get married when they are older¹¹.

DISCUSSION

Several of the cooperatives have offered educational programs, usually literacy programs aiming to teach the women basic Arabic. However, when speaking to the women the majority of them said the programs

had not been of particular significance to them as they feel 'too old to learn'¹² and that they quickly forget what they have been taught. However, the women had desires to learn, everything from Arabic, the teachings of the Quran to basic mathematics. The main reasons for wanting to learn is so the women can be able to communicate with fellow Moroccans who do not speak the Amazigh language, and to be able to help their children with homework. The problem is however, that they simply do not have time to attend classes and do homework because of their long work hours and responsibilities at home.

Although the establishment of women's argan oil cooperatives has been highly successful in many aspects, there are still issues that need to be dealt with in order to ensure the quality, success and longevity of argan oil production and the empowerment of Amazigh women. First, during the many travels around the country during the fieldwork, several different argan oil cooperatives were visited. During these visits evidence was found that some cooperatives only exist by the name, meaning they are empty buildings created by businessmen that seek to take advantage of the tax breaks the government provide cooperatives with and do not employ women. These 'ghost cooperatives' are obviously not to the benefit of the women and makes it harder for potential real cooperatives to establish in the same neighborhoods. Second, there are cooperatives that are poorly administrated, not including the women in decision making processes and not giving women a fair compensation for their work. One of the cooperatives where much time was spent at is what one would label a 'model cooperative'. The cooperative is the only cooperative that is Fairtrade certified¹². Fairtrade provides insurance that the women get fairly compensated for their work. The cooperative is also regularly audited by Fairtrade employees to ensure the quality of production and that the workers get paid for their work¹³. Third, argan oil production, being incredibly labor intensive, prevents women from producing big quantities in a short amount of time. This reduces the amount of sales and potential big orders from international companies, and thus, resulting in lower salaries. The women only get paid when the cooperative has sold enough oil to compensate the women for their work. This can sometimes take up to four months.

CONCLUSION

There have been incredible changes in argan oil production ever since the opening of the very first argan oil women's cooperative in the late ninety-nineties. The

continuing growth in demand on the international market has allowed cooperatives to open and to further expand. Women are still being employed, new machines are being purchased and literacy programs are established. The Amazigh women of Morocco, the gate keepers of the centuries old tradition of making argan oil, are finding themselves employed with their first ever job. The income they generate has increased the women's intra-household bargaining power, changing the traditional dynamics in the Amazigh household where the husband commonly has full control over finances. In general, the women interviewed during the field work claim they have had an increase in self-esteem and feel stronger and more empowered since becoming employed. They have created strong friendships and a sense of camaraderie between them. They discuss problems and issues with each other, give advice and get advice when they need it. Many of the cooperatives have offered literacy programs at some point of their establishment and where most of the women have participated. Unfortunately, most of the women confessed that they had not benefitted much from the programs as they found it difficult to learn on top of all their other chores. As nothing else in the world, most of the cooperatives are not perfect. There is definitely room for improvement in the structure of the cooperatives, but at the end of the day, the women that are employed are satisfied with the opportunity that is given to them to leave the house, generate an income, and participate in the household economy. If we can only keep the goats and camels away, then this incredible tree can continue to grow leafs of empowerment.

REFERENCES

- Alpert, R. (2007). Women in Morocco: Participation in the workforce as an avenue of social mobility. Tel Aviv: Moshe Dayan Center for Middle Eastern and African Studies, Tel Aviv University.
- Boussaid, Mohamed (2011). Arganeraie Biosphere Reserve, Morocco, and the role of women's cooperatives in Biosphere Reserves in the Mountains of the World Celebrating 40 years of UNESCO's MAB Programme: an Austrian contribution. Austrian MAB Committee (Ed.): Austrian Academy of Sciences Press, Vienna 2011.
- Charrouf, Z., & Guillaume, D. (2009). Sustainable Development in Northern Africa: The Argan Forest Case. Sustainability, 1, 4, 1012-1022.
- Charrouf, Z., Harhar, H., Gharby, S., & Guillaume, D. (July 01, 2008). Enhancing the value of argan oil is

the best mean to sustain the argan grove economy and biodiversity, so far. Ocl- Oleagineux Corps Gras Lipides, 15, 4, 269-271 Fairtrade (n.d.). What is Fairtrade? Retrieved from <http://www.fairtrade.net/whatisfairtrade.html>

Kabeer, N. (January 01, 1999). Resources, Agency, Achievements: Reflections on the Measurement of Women's Empowerment. Development and Change, 30, 3.)

Lybbert, T., Aboudrare, A., Chaloud, D., Nash, M., & Magnan, N. (2011). Booming markets for Moroccan argan oil appear to benefit some rural households while threatening the endemic argan forest. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108, 34, 13963-13968.

Lybbert, T. J., Magnan, N., & Aboudrare, A. (August 01, 2010). Household and local forest impacts of Morocco's argan oil bonanza. Environment and Development Economics, 15, 4, 439-464.

Lybbert, T., Barret, C. & Narijsse, H. (2004). Does Resource Commercialization Induce Local Conservation? A Cautionary Tale From Southwestern Morocco. Society & Natural Resources, 17, 5, 413-430.

Morse, K. (2003). Argan oil: A moroccan flavor rediscovered. Gastronomica, 3(4), 68- 70. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=afh&AN=12466843&site=ehost-live> The International Development Research Center (IDRC), n.d. Who Can Apply. Retrieved from <http://www.idrc.ca/EN/Funding/WhoCanApply/Pages/ResearcherDetails.aspx?ProfileID=83>.

Système coopératif en arganeraie : de la genèse vers la professionnalisation

Azenfar A.¹ & Mahfoudi M.²

¹Directeur de l'Office du Développement de la Coopération. 13, Rue DayetAoua, BP 1297, Agdal - Rabat - Maroc. Email : aazenfar@gmail.com

²Délégué régional de l'Office du Développement de la Coopération à Agadir. Av Hassan 1er Imm AmalSouss, BP 532 Agadir-Maroc. Email : agadir@odco.gov.ma

RESUME

Les coopératives d'argane représentent l'un des leviers de développement local grâce à leur dynamisme et leur ouverture sur les partenaires nationaux et internationaux. En effet, les coutumes de solidarité ancrées au sein de la population de la région, la dynamique de la société civile et le système d'utilisation collective des ressources naturelles ont contribué à la genèse et au développement du système coopératif et particulièrement autour de l'arganier. Depuis les premières créations, plusieurs intervenants nationaux et internationaux appuient ce système par conviction de son rôle inéluctable comme levier de développement local et de lutte contre la pauvreté au profil essentiellement de femmes rurales. Ainsi, l'effectif des coopératives d'argane a enregistré une dynamique impressionnante depuis 1996 pour atteindre actuellement 245 coopératives dédiées à la valorisation des produits d'arganier. L'aventure avait commencé par la sensibilisation, construction et équipement des locaux, formation, techniques d'emballage, participation aux salons... L'inscription dans un engagement de qualité s'est concrétisée après l'adoption, en 2008, de la loi relative aux signes distinctifs d'origine et de qualité des denrées alimentaires et des produits agricoles et halieutiques et la déposition de l'Indication Géographique de l'huile d'argane.

Mots clés : *arganeraie, coopérative, partenariat, professionnalisation, indication géographique.*

ABSTRACT

Argan cooperatives represent one of the levers of local development through their dynamism and openness on national and international partners. Indeed, the customs of solidarity rooted in the population of the region, the dynamics of civil society and the system of collective use of natural resources have contributed to the genesis and the development of cooperative systems, and particularly around the argan tree. Since the first creations, several national and international stakeholders support this system by conviction of its inevitable role as a lever for local development and the fight against poverty essentially for rural women. So, the number of argan cooperatives registered an impressive dynamism since 1996 to reach, currently, 245 cooperatives dedicated to the recovery of argan products. The adventure began with awareness, construction and office equipment, training, technical packaging, participation in trade fairs... Entry in a quality commitment has emerged after the adoption in 2008 of the Law on distinctive signs of origin and quality of food and agricultural and fishery products and the testimony of the Geographical Indication of argan oil.

Keywords : *Arganeraie, cooperative, partnerships, professionalization, geographical indication*

INTRODUCTION

Les coopératives constituent l'un des trois piliers de l'économie sociale et solidaire. Elles représentent un outil adéquat et efficace pour le développement humain

à travers la lutte contre la pauvreté et l'exclusion, l'offre d'opportunités d'auto-emploi, la valorisation des potentialités locales et la mise en valeur des richesses culturelles.

A travers le monde, le nombre de coopératives et l'intérêt qui leur est accordé ne cessent d'augmenter surtout avec la crise économique et les limites du système classique d'économie de marché.

Le Maroc ne fait pas exception à cette tendance mondiale et le nombre de coopératives a presque triplé durant la dernière décennie avec élargissement des domaines couverts et diversité de la population touchée dont les jeunes diplômés. Les coopératives d'argane, malgré leur jeune âge, représentent la locomotive du système coopératif grâce à leur dynamisme et aux appuis des différents partenaires nationaux et internationaux. En effet, le processus a démarré pendant les années 90 avec la sensibilisation pour l'organisation en coopératives, l'appui à la création, la construction et l'équipement des locaux, le renforcement des compétences, la constitution d'unions... Elles se sont, par la suite, professionnalisées avec l'adoption de véritables techniques de marketing et l'engagement dans un système de qualité.

Ainsi, après la présentation de quelques indicateurs de l'importance du système coopératif au niveau international, on analysera les statistiques actuelles des coopératives au niveau national : évolution, répartition, part des coopératives féminines et celles des jeunes diplômés. Le présent article s'attardera plus sur les coopératives d'argane: genèse, évolution, conditionnalités de réussite, difficultés et projection future vers la professionnalisation via l'agrégation et l'adoption de système de qualité.

LES COOPERATIVES A TRAVERS LE MONDE

L'importance de l'économie sociale et solidaire en général et du secteur coopératif en particulier suscite l'intérêt de la communauté internationale comme solution alternative pour le développement local et la lutte contre la pauvreté. Ainsi :

- Les coopératives comptent 1 milliard de membres dans le monde (Alliance Coopérative Internationale, 2013) ;
 - L'exemple de l'Inde où les besoins de consommation de 67% des ménages en milieu rural sont satisfaits par des coopératives (Alliance Coopérative Internationale, 2013) ;
 - 2012 a été déclarée Année Internationale des Coopératives. Plusieurs manifestations ont été tenues dans différentes régions du monde pour sensibiliser la communauté internationale de l'importance de ce secteur et pousser les gouvernements à s'engager pour préparer les conditions favorables à son développement.
- Deux signes forts de cette mobilisation :

- Le Secrétaire Général des Nations Unies, Ban Ki-moon avait souligné dans son intervention à l'occasion de la célébration de l'année internationale «Les coopératives rappellent à la communauté internationale qu'il est possible d'allier la viabilité économique à la responsabilité sociale» ;

- La résolution 56/114 des Nations Unies (résolution adoptée par l'Assemblée générale le 19 décembre 2001) demande instamment aux gouvernements et autres autorités compétentes d'utiliser et de développer tout le potentiel et la contribution des coopératives à la réalisation des objectifs de développement social, notamment l'élimination de la pauvreté, la création du plein emploi, d'un emploi productif et la valorisation de l'intégration sociale (Alliance Coopérative Internationale, 2013).

LES COOPERATIVES AU MAROC

Au Maroc, les coopératives totalisent 11.680 jusqu'à fin octobre 2013 regroupant 435.889 coopérateurs (ODCO, 2013).

Le taux de pénétration par rapport à la population active a été évalué en 2010 à 3,1% (Ministère délégué Chargé des Affaires Economiques et Générales, 2010).

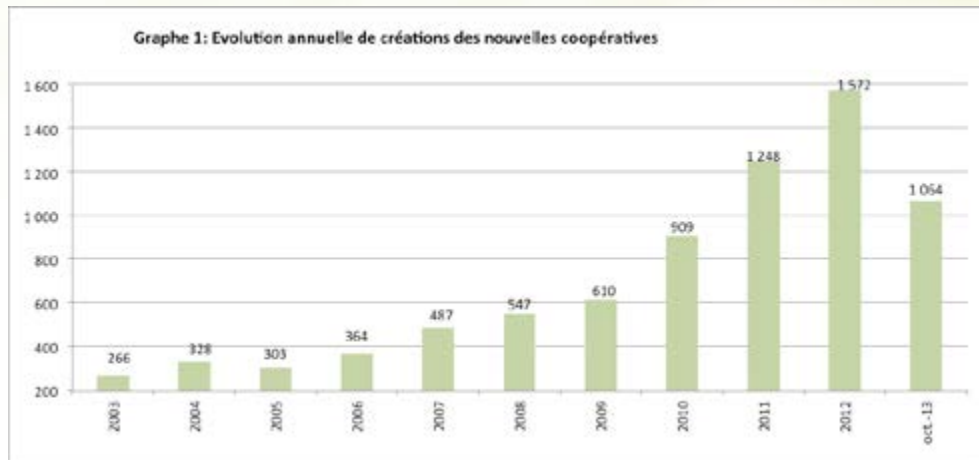
Le rythme de création des coopératives a nettement progressé depuis 2005, date de lancement de l'Initiative Nationale de Développement Humain, avec une moyenne annuelle dépassant 1000 nouvelles coopératives durant les trois dernières années. En effet, 60 % des coopératives datent de moins de 10 ans.

Le rythme de création des coopératives est illustré dans le graphe ci-dessous.

La répartition géographique de ces coopératives relève une généralisation du système coopératif au niveau des 16 régions du Maroc avec 11% au niveau de la région de Souss Massa Draa qui arrive en tête suivie de celle de Tanger Tetouan avec 9%.

Les coopératives agricoles, au nombre de 7.768, dominent celles des autres secteurs (66,5%) suivies des coopératives d'artisanat avec 14% (1.636 coopératives) et en troisième lieu celles d'habitat avec 9,4%.

Les coopératives féminines représentent 14,5% de l'effectif total des coopératives (1.694 coopératives regroupant 31.129 coopératrices) dont 40% dans le secteur d'artisanat et 35% en agriculture. La région de Souss Massa Draa s'accapare la majorité de ces coopératives féminines avec 18,2%.



La création des coopératives des jeunes diplômés enregistre une croissance notable pour atteindre (en fin octobre 2013) 324 coopératives (3.599 coopérateurs) dont 18,2% au niveau de la région de l'Oriental. 46,3% de ces coopératives s'activent dans le secteur de l'agriculture.

La contribution du secteur coopératif à la création de la richesse a été évaluée à 1,6% du PIB national 2010 (Ministère délégué Chargé des Affaires Economiques et Générales, 2010).

LES COOPERATIVES D'ARGANE

Outre l'endémisme de l'arganier au sud ouest marocain, son écosystème est caractérisé par sa richesse et la diversité des biens et services qu'ils procurent.

Cet écosystème contribue à 7,3% du PIB régional (Bencheikroun, 2011). Les potentialités fourragères et les fruits représentent les principaux biens tangibles de l'arganeraie en plus d'autres biens et services telle la conservation de la biodiversité et la lutte contre la désertification...

La demande croissante des produits issus des fruits d'arganier notamment l'huile a engendré le développement d'un marché sous plusieurs formes : vendeurs individuels, industriels et coopératives. Tandis qu'avant, la grande partie de la production des femmes rurales de cette matière était destinée à la consommation domestique, au moment où le reste était vendu par le biais des intermédiaires qui exploitaient le travail des milliers de femmes.

L'apparition des premières coopératives d'argane n'est, au fait, qu'une consolidation :

- des coutumes ancestrales de solidarité ancrées au sein de la population de la région ;

- des modes d'utilisation collective des ressources naturelles ;
- de la relation de la femme rurale avec l'exploitation des ressources naturelles et particulièrement de l'arganier ;
- du savoir-faire cumulé et transmis de génération en génération de collecte et de ramassage des fruits d'argane et d'extraction d'huile.

1. Evolution/ accompagnement / contraintes

La 1ère coopérative féminine de production d'huile d'argane au Maroc a été créée en 1996 à Essaouira grâce à l'appui de l'ambassade de Grande Bretagne, le centre de Recherche pour le développement international (Ottawa, Québec) et le comité d'Entraide Internationale.

Dans la région de Souss Massa Draa, la 1ère coopérative féminine de production d'huile d'argane a été créée le 10 Mars 1998 à Sidi Ifni en collaboration avec l'ODCO, OXFAM-Québec, l'ambassade du Canada et l'Association Ait Baamrane.

La création des coopératives s'est dynamisée dans le cadre du projet de Conservation et de Développement d'Arganeraie (coopération Maroc-allemande) 1995-2002 par la vulgarisation des techniques de production et d'extraction d'huile d'argane et la commercialisation.

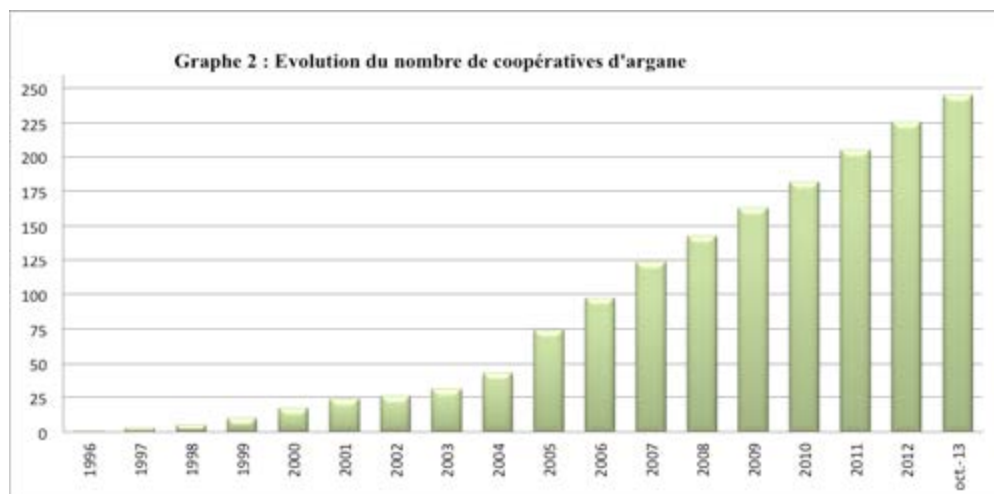
Dans ce cadre, la première Union des Coopératives des Femmes de l'Arganeraie (UCFA) a été constituée le 8 Avril 1999 par 5 coopératives. Le nombre des coopératives avait atteint 10 en fin 1999. La réussite et le succès enregistrés par ces expériences pilotes et les efforts conjoints des différents partenaires a favorisé la multiplication rapide du nombre des coopératives (voir rythme de création sur le graphe ci-dessous).

L'appui de la population à s'organiser en coopératives a continué par les départements ministériels concernés,

les associations de développement local, le réseau des associations de la réserve de biosphère arganeraie, les agences de développement, la coopération internationale (Union Européenne, Allemande, Canadienne, Anglaise...).

Cet appui a, en effet, combiné renforcement des

- Faible niveau d'instruction des gestionnaires de certaines coopératives ;
- Faible structuration des coopératives en unions (3 unions uniquement regroupant une trentaine de coopératives) ;
- Atomisation du marché.



compétences et financement d'actions concrètes et l'impact était visible. Il a concerné :

- Campagnes de sensibilisation ;
- Sessions de formation ;
- Accompagnement des nouvelles coopératives : préparation des dossiers, montage de projets ;
- Subventions et dons (financiers techniques) ;
- Construction des sièges des coopératives ;
- Acquisition du matériel de production et d'emballage ;
- Fonds de roulement de démarrage ;
- Études (de marchés, de qualité ...).

Le nombre des coopératives d'Argane a, ainsi, atteint 245 (regroupant 6534 adhérents) jusqu'à fin octobre 2013 dont 93% féminines. 70% de ces coopératives sont installées au niveau de la région Souss Massa Draa, 22% au niveau de la région de Tensift El Haouz et 6% dans la région de Guelmim Smara. La création d'une coopérative à Berkane en 2003 rappelle la curiosité naturelle d'existence de quelques pieds d'arganier dans cette zone.

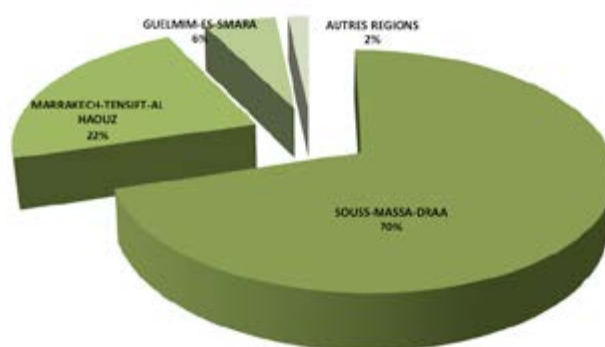
Cependant, derrière ce succès, un nombre d'obstacles demeure poser, dont principalement :

- Forte pression exercée sur la matière première ;
- Absence de stratégie commerciale ;

2. Unions

Malheureusement la dynamique de création des coopératives n'a pas été accompagnée par leur regroupement en structures plus solides pour faire face aux différentes contraintes rencontrées essentiellement au niveau de la commercialisation.

Graphe 3 : Répartition des coopératives d'argane par région



En effet, les rares structures d'agrégation recensées sont :

- 3 unions regroupant 39 coopératives ;
- 4 groupements d'intérêt économique regroupant 24 coopératives ;
- Association Nationale des coopératives d'argane (60 coopératives) ;
- Association Marocaine de l'Indication Géographique de l'Huile d'Argane.

L'avenir du secteur passe, inéluctablement, par l'intégration globale et l'agrégation avec une utilisation rationnelle de la ressource. La mise en place de la Fédération Interprofessionnelle Marocaine de la Filière d'Argane (FIMARGANE) en 2011 regroupant les coopératives, les industriels et les commerçants représentent l'une des initiatives à encourager ...

3. Labellisation

Depuis 2008, la loi 25-06 (juin 2008) relative aux signes distinctifs d'origine et de qualité des denrées alimentaires et des produits agricoles et halieutiques, promulguée par le dahir n°1-08-56 du 23 mai 2008 (sur proposition du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime) constitue un tournant important de la valorisation des produits de terroir qui permet leur reconnaissance et leur protection.

Cette loi a permis de répondre au souci de renforcer le positionnement de l'Huile d'Argane sur le marché mondial, de lutter contre toute usurpation commerciale du nom d'Argane, de structurer la filière, de garder la valeur ajoutée dans la région de production pour les populations locales, d'apporter aux consommateurs des garanties sur l'origine, la traçabilité, la qualité et l'équité et enfin d'attribuer la dénomination ARGANE uniquement aux produits issus de la zone géographique respectant le cahier des charges Indication Géographique Protégée.

Depuis l'entrée en vigueur de la Loi 25-06, le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche maritime marocain a reconnu plusieurs Signes Distinctifs d'Origine de Qualité dont :

- Argane : Indication Géographique déposée par l'Association Marocaine de l'Indication Géographique de l'Huile d'Argane dans la région de Sous Massa Drâa. Ainsi, 24 coopératives d'Argane ont été certifiées IGP dont 17 au niveau de la région de Souss Massa Draa et 7 au niveau de la région de Tansift El Haouz (NORMACERT, 2013).

→ Un effort important de l'ensemble des partenaires doit se focaliser sur le diagnostic des coopératives non encore certifiées pour établir des plans de redressement afin de se conformer aux conditions exigées par le cahier de charges.

CONCLUSION

Le niveau atteint par les coopératives d'argane est le fruit du dynamisme de la population locale et des efforts d'accompagnement par différents partenaires nationaux et internationaux.

Néanmoins, plusieurs défis sont à relever au niveau de l'organisation de la filière depuis l'exploitation rationnelle de la matière première jusqu'à la commercialisation. Le regroupement de ces coopératives dans des structures plus solides et leur inscription dans des systèmes de qualité sont les entrées vers la professionnalisation de ce secteur dans l'objectif de faire de ces coopératives de véritables entreprises à durabilité et à autonomie assurées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alliance Coopérative Internationale, 2013 : Plan d'action pour une décennie des coopératives.
- Bencheikroun F., 2011 : Evaluation des biens et services de l'écosystème arganeraie. 1ère Edition du Congrès International de l'Arganier - décembre 2011.
- ODCO, 2013 : Statistiques des coopératives au Maroc.
- Ministère délégué Chargé des Affaires Economiques et Générales, 2010 : Stratégie Nationale de l'Economie Sociale et Solidaire 2010 – 2020.
- NORMACERT, 2013 : Coopératives d'argane certifiées IGP.

Contribution à l'analyse coûts-bénéfices d'un projet de transformation d'argane en environnement stochastique dans la préfecture Agadir Ida Outanane.

Bekkali H. Z.¹ et Benabdellah M.²

¹Ingénieur Agroéconomiste, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Email : (zouhir.bekkali@gmail.com)

²Enseignant Chercheur à Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Département des Sciences Humaines, B.P. 6202 Rabat Instituts, Maroc. Email : (m_benabdellah2@yahoo.fr).

RESUME

Au Maroc, l'arganeraie représente une valeur de solidarité qui est ancrée dans les traditions et coutumes des populations locales. Par ailleurs, les organisations de l'économie sociale, notamment les coopératives ont rapidement pris du terrain dans plusieurs domaines en particulier dans la filière de l'argan. Cette étude se propose au niveau des coopératives d'huile d'argan qui sont soit : adhérees au UCFA³ et Union Tifaout Nougadir ou bien au niveau de GIE⁴ «Targanine», ainsi que des coopératives qui n'appartiennent à aucun groupement. Les questions abordées dans cette étude se posent comme suit: Est-ce que le projet du groupement des coopératives constitue un moyen de réduction de la pauvreté? Y a-t-il une équité entre GIE⁴ «Targanine» et l'UCFA en ce qui concerne le revenu des femmes adhérentes dans ces groupements? Cette étude montre que les coopératives qui ont bénéficié d'un encadrement et d'un soutien des organismes nationaux et internationaux et qui sont organisées comme GIE⁴ «Targanine» ou UCFA, Union Tifaout Nougadir arrivent à réaliser des chiffres d'affaire relativement importants par rapport aux coopératives qui n'appartiennent à aucun groupement ; en raison de l'amélioration des techniques et des conditions d'extraction et des pratiques d'emballage et d'étiquetage. L'étude a montré que les critères du groupement et niveau de technologie ont un effet significatif sur le prix de vente et la production d'huile d'argan. L'analyse coûts-bénéfices sur le projet GIE⁴ «Targanine» nous a indiqué que le taux d'actualisation a une influence négative sur la VAN⁵ et le TRI⁶, et que le prix d'afach⁷ a une influence positive sur ces indicateurs. L'analyse multivoie a permis d'avoir la combinaison entre le taux d'actualisation et le taux d'inflation et le prix d'afach comme la combinaison la plus influente sur ces indicateurs.

Mots clés : Arganeraie, Économie sociale, Coopérative Féminines d'Argane, Analyse Coûts-Bénéfices, Valeur Actuelle Nette et le Taux de Rentabilité Interne.

³UCFA : Union des Coopératives Féminines d'Argane ; ⁴GIE : Groupement d'Intérêt Economique ; ⁵VAN : Valeur Actuelle Net

⁶TRI : Taux de Rentabilité Interne ; ⁷Afich : c'est le nom du fruit d'arganier.

ABSTRACT

In Morocco, the argan is a value of solidarity, it is anchored in the traditions and customs of the local populations. Otherwise the organizations of the social economy, including cooperatives, have quickly taken ground in several areas including the argan. In this context, this study is concerns to the argan oil cooperatives, which are adhered to the women's cooperative union or economic interest groups, and cooperatives that do not belong to any group. The issues addressed in this study arise as follows: Does the project group of cooperatives as a means of poverty reduction? Will he equity between GIE group and Women's Cooperative Union regarding income women members in these groups? We note that cooperatives which have received coaching and supports of national and international organizations which are organized in groups of economic interest or in the women's cooperative union are able to achieve relatively high turnovers compared to cooperatives that do not belong to any group, because of improvement in techniques and the amelioration of the conditions of extraction and packaging and labeling practices. The study showed that the criteria grouping and technology had a significant effect on the selling price and the production of argan oil. The cost-benefit analysis applied for GIE group «Targanine» has indicate the discount rate to a negative influence on NPV and IRR, also

the price of aïach has a positive influence on these indicators. The multiway-analysis allowed having the combination between the discount rate and the inflation rate and also the price of aïach as the most influential combination of these indicators.

Keywords : *Argan, Social economy, Women's Argan Cooperative, Cost-Benefit Analysis, Net Present Value and Internal Rate of Return.*

INTRODUCTION

Au Maroc, l'arganeraie représente une valeur de solidarité qui est ancrée dans les traditions et coutumes des populations locale. L'originalité de cet arganier a été soulignée par tous les voyageurs qui ont parcouru le sud-ouest du Maroc. En tant que ressource locale et naturelle, l'arganeraie assure aux populations une base d'activité économique et sociale intense. Elle constitue un réservoir foncier, et un lieu de collecte et de récolte de divers produits à savoir le bois, les feuilles et fruits de l'arbre (Benziane, 1995). L'arganeraie assure ainsi la subsistance de 3 millions de personnes dont 2.2 millions au milieu rural (Charrouf, 2007). Les différentes productions de l'arganeraie fournissent plus de 20 millions des journées de travail dont 7.5 millions de journées essentiellement féminines pour la seule extraction de l'huile d'argan (Charrouf, 2007).

Or, les organisations de l'économie sociale, notamment les coopératives ont rapidement pris du terrain dans plusieurs domaines tels que la fourniture des services sociaux de base, la lutte contre l'analphabétisme, la création et l'accompagnement de projets de développement, la promotion et l'intégration de la femme dans le tissu économique, etc. Partant du fait que 93% des coopératives d'argan sont des coopératives féminines (ODCO, 2011), et sachant que la situation générale de la femme marocaine ait enregistré des améliorations remarquables ces dernières années qui se traduit par une diminution des taux de pauvreté relative de 4% au milieu rural entre 2001 et 2007 (il a passé de 21,5% à 15,1%) et de 1,3% au milieu urbain (il a passé de 5,3% à 4%)⁸.

Par conséquent, les coopératives d'argan constituent aujourd'hui une grande importance dans le secteur coopératif national. Sur le plan numérique il y a 205 coopératives d'argan et 5676 adhérents (ODCO, 2011) opèrent dans la production d'huile d'argan et

ses dérivées en différents produits cosmétiques dont les coopératives féminines d'argan représentent 93 %. Sur le plan économique elles y occupent, en effet le 3ème rang à l'échelle nationale après les coopératives artisanales et agricoles avec un chiffre d'affaire 1 623 192 DH (11,4 %)⁹. C'est dans cette optique que cette étude se propose au niveau des coopératives d'huile d'argan qui sont soit : adhérentes au UCFA et Union Tifaout Nougadir ou bien au niveau de GIE «Targanine», ainsi que des coopératives qui n'appartiennent à aucun groupement. Les questions abordées dans cette étude se posent comme suit: Est-ce que le projet du groupement des coopératives constitue un moyen de réduction de la pauvreté ? Y a-t-il une équité entre GIE «Targanine» et l'UCFA en ce qui concerne le revenu des femmes adhérentes dans ces groupements?

MATERIELS ET METHODES

1. Choix de la zone d'étude

Ce travail a été effectué dans le cadre d'une collaboration entre l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II et l'Alliance pour la Recherche en Afrique du Nord (ARENA) de l'Université de Tsukuba (Japon). Sachant que la préfecture Agadir Ida-Outanane dispose des atouts et des potentialités en termes des ressources naturelles : un taux de boisement de 70% avec une forte dominance de l'arganier à hauteur de 54% (Préf, 2013). Aussi le secteur coopératif est bien développé dans cette préfecture avec 63 coopératives agricoles et 818 adhérents dont les coopératives d'argan représentent 56%.(Préf, 2013).

2. Champs de l'étude

(a) UCFA «Tissaliwine» : regroupe 22 coopératives féminines dont 3 coopératives féminines se situent dans la zone d'action Agadir Ida Outanane et qui font l'objet de cette étude avec 144 femmes adhérentes à savoir Tourtataine, Titar et Argan idaoumtat.

⁸Haut-Commissariat au Plan ; 2007.

⁹Source : Office de Développement de la Coopération ; 2013.

(b) **Union Des Coopératives «Tifaout Nougadir»:** regroupe 11 coopératives dont 6 coopératives se situent dans la préfecture Agadir Ida-Outanane avec 315 adhérentes ses coopératives sont Afoulki, Argana noumskroud, Tighanimine, Tagmat, Tassila, Tamounte.

(c) **GIE «Targanine» :** regroupe 6 coopératives de production d'huile d'argan dont 3 coopératives se situent dans la préfecture Agadir Ida-Outanane qui ont été l'objet de cette étude avec 146 femmes adhérentes à savoir Touderte, Tagmat et Tamainoute.

3. Démarche de réalisation de l'étude

La démarche adoptée pour la réalisation de cette étude repose sur deux volets:

Une étude bibliographique exhaustive concernant les sujets suivants: 1) l'arganier à travers la collecte des articles, des études et des rapports qui traitent l'arganier surtout dans l'aspect environnemental et socio-économique. 2) Economie sociale et solidaire au Maroc surtout l'axe des coopératives et son importance dans l'économie du pays. 3) l'Analyse coûts-bénéfices surtout dans le coté des projets agricoles.

Enquêtes sur le terrain :

des enquêtes réalisées auprès des coopératives d'huile d'argan qui exercent cette activité dans la préfecture Agadir Ida-Outanane selon un échantillonnage raisonné et stratifié (par groupement, zone géographique (Caïdat) et niveau de technologie). Cette préfecture contient 34 coopératives d'huile d'argan qui fonctionnent dans 12 communes rurales, les coopératives enquêtées sont 15 au total, soit un pourcentage de 44 %. (Tableau 1).

RESULTATS ET DISCUSSION

Il existe trois facteurs dans notre étude : les caïdats ayant trois niveaux (Amskroud, Imouzzerr et Tamri), le niveau de technologie ayant deux niveaux (Traditionnel et semi-mécanisé), et le groupement ayant trois niveaux (GIE «Targanine», Union et E¹⁰). L'exploitation des données doit reposer sur l'analyse de la variance à plusieurs facteurs, cependant l'inexistence des observations pour l'ensemble des niveaux rend la réalisation du test impossible. Pour simplifier, nous ferons recours à une ANOVA à un facteur. (Tableau2)

Tableau 1 : Liste des coopératives enquêtées

Identification des coopératives				Répartition par						
N°	Nom Coopératives	Date de création	Nbr adhérentes	Affiliation	Localisation	Affiliation		Niveau de technologie		
				GIE/Union	Commune	GIE	UCFA	Union Tifaout Nougadir	Traditionnel	Semi-mécanisé
1	Argane Idaoumtat	2000	64	Union	Tadart		X			X
2	Igi Issarass	2007	8	—	Imouzzerr					X
3	Tourtataine	2004	34	Union	Imouzzerr		X		X	
4	Afoulki	2000	80	Union	Idmine			X		X
5	Argana noumskroud	2012	89	Union	Amskroud			X	X	
6	Agerd	2007	38	—	Drargua				X	
7	Tighanimine	2006	60	Union	Drargua			X		X
8	Tifawat Ngbbourg	2012	28	—	Amskroud				X	
9	Toudert	2004	60	GIE	Imsouane	X				X
10	Titar	2006	46	Union	Tamri		X		X	
11	Tagmat	2001	60	GIE	Aziar	X				X
12	Tamainoute	2004	31	GIE	Drargua	X				X
13	Tirit	2012	38	—	Taghazout				X	
14	Tassila	2001	79	Union	Drargua			X	X	
15	Tamounte	2005	31	Union	Amskroud			X	X	
TOTAL						3	3	6	9	6

¹⁰ E : n'appartient à aucun groupement.

Tableau 2 : Résultats statistiques sur les coopératives d'huile d'argan

	Prix de vente d'huile d'argan	Production d'huile d'argan
Facteur (Caïdats)	F calculé = 0,23 < F critique = 3,88 -	F calculé = 0,12 < F critique = 3,88 -
Facteurs (groupement)	F calculé = 5,68 > F critique = 4,96 +	F calculé = 6,90 > F critique = 4,96 +

A l'issue de l'analyse des résultats obtenus par l'étude statistique, les points suivants ont été conclus :

- Le critère étudié caïdats, n'a pas d'effet significatif ni sur le prix de vente, ni sur la production d'huile d'argan ;
- Le critère étudié groupements a un effet significatif sur le prix de vente et la production d'huile d'argan ;
- Le critère étudié niveau de technologie a un effet significatif sur le prix de vente et la production d'huile d'argan ;
- La différence entre le nombre des adhérentes et les coopératives est dû essentiellement à la date de fonctionnement de chaque coopérative et aussi le type du groupement auquel elle appartient ;
- Il existe une grande diversité des coopératives, selon le nombre d'adhérentes et le degré de mécanisation, leur localisation etc. le manque de formation technique des femmes, ainsi que les fréquents problèmes de réglage et d'entretien des machines qui nécessite 2000 DH/année comme coût d'entretien d'après l'enquête avec la coopérative Tamainoute, cela limite l'amélioration des performances issues d'un procédé mécanique. Ce manque de performance va affecter négativement sur la rentabilité des coopératives.

Concernant l'analyse du risque du projet GIE «Targanine» qui est le deuxième objectif de cette étude. L'analyse en environnement déterministe a permis d'avoir un bénéfice net supplémentaire de 4 922 647 DH avec un taux d'actualisation de 10%, et un TRI de 16% par rapport à un coût d'opportunité de 10%. Ce qui justifie la rentabilité du projet.

Pour l'analyse en environnement probabiliste, elle nous a donné l'occasion d'analyser le risque associé à la variation des variables prises simultanément, une option qu'on ne peut pas effectuer en environnement déterministe. L'analyse de sensibilité de la VAN et du TRI a montré que le taux d'actualisation a une influence négative sur ces indicateurs et le prix d'achat a une influence positive sur ces indicateurs.

Quant à l'analyse multivoie elle montre les différentes combinaisons possibles qui affectent sur la VAN et le TRI, notamment la combinaison entre le taux d'actualisation et le taux d'inflation et le prix d'achat reste la combinaison la plus influente sur ces indicateurs.

CONCLUSION

Le modèle coopératif est certainement pertinent comme moyen d'intégration des femmes dans le développement, la lutte contre la pauvreté et l'amélioration de leur qualité de vie de façon durable. C'est pourquoi les coopératives d'huile d'argan peuvent être un facteur important du développement économique, social et humain dans la mesure où elles peuvent aider, d'une part au relèvement du niveau de vie des femmes adhérentes, et d'autre part comme un moyen de sauvegarder l'arganeraie à travers des programmes sensibilisation sur les meilleures pratiques de récolte, pour lutter contre la désertification qui est un défi environnemental qui menace l'arganeraie.

Les coopératives féminines ont pour but d'aider non seulement à améliorer les conditions de vie des populations mais aussi à préserver la biodiversité, même si la conjecture selon laquelle la coopérative sera à la base d'une protection de l'arganier ne s'est pas encore bien définie, car l'objectif des femmes qui y travaillent est avant tout de produire de l'huile pour gagner de l'argent et avoir un revenu pour soutenir leurs familles. Ceci rend la conservation et la valorisation de l'arganeraie difficile à réaliser.

Pour les coopératives qui ont des problèmes de commercialisation et de valorisation de leurs produits; le programme «MOURAFKA» lancé par Ministère des Affaires Générales et de la Gouvernance pour l'accompagnement des coopératives à travers l'organisation des marchés itinérants pour promouvoir les produits et faciliter leur accès aux marchés, va certainement limiter le problème de commercialisation. Aussi l'organisation de manifestations commerciales périodiques toute l'année, où les coopératives bénéficient de la gratuité de la place, des équipements d'exposition et de vente peut limiter ce problème.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Benabdellah, Majid , Yessef, Mohammed et Dehhaoui, Mohammed. 2012.Ecological and socio-economical values of the traditional Agdal practice for sustainable forage and seed production of the Argan ecosystems.
- Benzyane, Mohamed. 1995.Le rôle socio-économique et environnemental de l'arganier. Essaouira
- Campbell , Harry et Brown , Richard. 2003.Benefit-Cost Analysis- Financial and Economic Appraisal using Spreadsheets. Cambridge. pp. 3-4; 194-195.
- Charrouf, Zoubida. 2007.Valorisation des produits de l'arganier pour une gestion durable des zones. Rabat.
- Gittinger, J.Price. 1985.Analyse économique des projets agricoles. Paris : Economica.pp. 49-64; 75-90.
- ICRA. 2009.Analyse Coûts-Bénéfices - Concepts clés. pp. 1-6.
- MAGG, Dép ESS. 2012.Evaluation de l'expérience des coopératives agricoles. Rabat.
- ODCO. 2013.Statistique d'économie sociale. Rabat .
- ODCO. 2011.Statistiques des coopératives par secteur. Rabat.
- Préf, Agadir Ida Outanane. 2013.Etude monographique de la Préfecture d'Agadir Ida Outanane. Agadir.



Valorisation, Economie et commercialisation des produits de l'arganeraie

Communications affichées

Presuming the Probable Anti-inflammatory Mechanism of Arganins derivatives and Ursolic Acid : Plant Derived Pentacyclic Triterpenoids, Using MOE Molecular Docking and POM Virtual Screening

Ben Hadda T.^{1*}, Jawarkar R.², and Masand V.³

¹Laboratoire Chimie Matériaux, Faculté Sciences Oujda, UMP, 60000-Oujda, Morocco.

²Department of Pharmaceutical Chemistry, Sahyadri College of Pharmacy, India.

³Department of Chemistry, Vidya Bharati College, Amravati, Maharashtra 444602, India.

E-mail : taibi,ben,hadda@gmail.com

RESUME

Divers médicaments anti-inflammatoires non-stéroïdiens et les inhibiteurs COX-2 se lient électivement à la COX-2 et fournissent un soulagement des symptômes de la douleur et de l'inflammation. Cependant, ils n'ont pas une activité anti-thrombotique et donc conduisent à des passifs cardiovasculaires et rénales en dehors de l'irritation gastro-intestinale. Pour améliorer la situation, la recherche peut être axée sur des produits naturels originaires des plantes et qui pourraient offrir un soulagement de l'inflammation meilleur que celui des médicaments commerciaux utilisés actuellement. Comme une tentative pour identifier les suppléments naturels ayant une activité anti-inflammatoire, l'acide ursolique, un triterpénique pentacyclique a été étudiée contre les enzymes de la COX-2 en utilisant les analyses MOE. L'étude révèle que l'acide ursolique se lie à la COX-2 en raison des interactions de liaison hydrophobes et d'hydrogène. L'analyse fournit une idée substantielle sur les caractéristiques structurales responsables de son activité anti-inflammatoire et de fournir des lignes directrices pour des modifications supplémentaires dans le but d'améliorer l'activité et la sélectivité du ciblage des médicaments conçus enzyme COX-2. Donc, cette étude offre un bon modèle pour les dérivés de glucosylés d'Arginines 1-7.

Mots clés : *Argania spinosa L, MOE docking, le dépistage POM, Acide ursolique, Arginines, inhibiteurs COX-2, anti-inflammatoires, médicaments cardiovasculaires.*

ABSTRACT

Diverse Non-steroidal anti-inflammatory drugs and COX-2 inhibitors selectively binds to COX-2 and provide relief from the symptoms of pain and inflammation. However, they lack anti-thrombotic activity and hence lead to cardiovascular and renal liabilities apart from gastrointestinal irritation. To ameliorate the situation, the search can be focused on plant originated natural products that could offer better relief from inflammation than currently used commercial drugs. As an attempt to identify such natural alternates with anti-inflammatory activity, Ursolic acid, a pentacyclic triterpenoid was studied against human COX-2 enzymes using MOE. The study reveals that Ursolic acid binds to COX-2 due to hydrophobic and hydrogen bonding interactions. The analyses provides substantial idea about the structural features responsible for its anti-inflammatory activity and provide guidelines for further modifications, with the aim of improving the activity and selectivity of designed drugs targeting COX-2 enzyme. So this study offers a good model for deglycosylated Arginines 1-7.

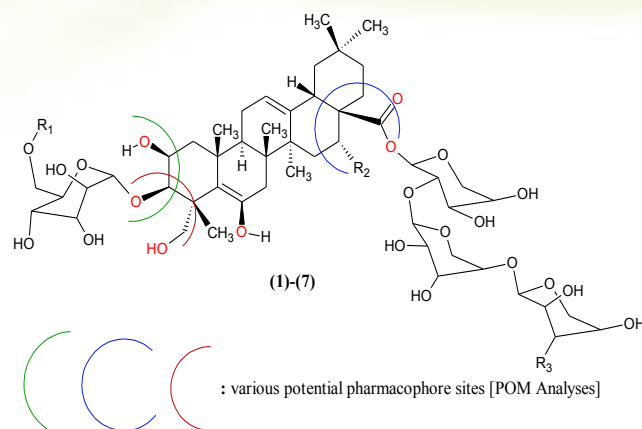
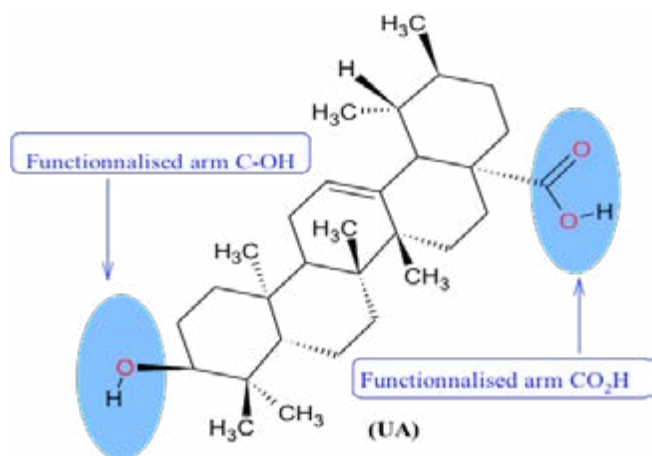
Keywords : *Argania spinosa L, MOE docking, POM screening, Ursolic acid, Arginines, COX-2 inhibitors, anti-inflammatory, cardiovascular drugs.*

INTRODUCTION

Triterpenoids exist widely in nature and are used for medicinal purposes in many Asian countries. Ursolic acid, a pentacyclic triterpenoid found in rosemary, possesses anticancer and anti-inflammatory effects (Huang et al., 1994). It inhibits PMA-induced inflammation and tumor promotion in mouse skin (Huang et al., 1994).

Molecular docking of ligands with target proteins are routinely and extensively used to reduce cost and time of drug discovery. The Carboxylic acid in ursolic acid is interacting with Asn-104, and OH group is showing same with Thr-561 therefore these two groups are responsible for tight binding with COX-2. To add further the two methyl groups are enhancing the interaction with COX-2 because of their hydrophobic nature and peculiar arrangement. The shape of Ursolic acid matches excellent with the receptor pocket thus ursolic acid has best fit in the COX-2. The Ursolic acid, a pentacyclic triterpenoid was docked deeply within the binding pocket region forming interaction with binding site residues of COX-2 (Fig. 1).

Some false positives and false negatives were observed but considering the limitations of the available docking program, even the best software can't mimic the natural environment in the cell therefore the results are encouraging. The Ursolic acid may be considered as novel inhibitors of COX-2 and as promising lead-compounds for developing new anti-inflammatory drugs (Manikrao et al., 2011).



Compounds	Name	R ¹	R ²	R ³
1	Arganine A	Glc	OH	Rha
2	Arganine B	Glc	OH	Api
3	Arganine C	H	OH	Rha
4	Arganine D	Glc	H	Rha
5	Arganine E	Glc	H	Api
6	Misaponine A	H	H	Rha
7	Arganine F	H	H	Api

Fig. 1. Structure of Ursolic acid (UA) and Arganines 1-7.

MATERIAL AND METHODS

2.1. MOE and POM Analyses

MOE and Petra/Osiris/Molinspiration analysis (POM) are two of the well-known approaches that has been used regularly to produce the two dimensional models to identify, and to indicate the type of pharmacophore site that affect biological activity with a change in the chemical substitution (Alafeefy et al., 2012; Sheikhet al., 2011; Parvez et al., 2010; Chohan et al., 2010). These pharmacophore sites are not only the key structural features for the ligand-receptor interaction, but may also play an important role in the topology of the receptor. The Arganines 1-7 analogues and Ursolic acid are a family of natural and/or synthetic compounds with different pharmacological activities, one of which is anti-inflammatory activity. Hence to find out the structural features responsible for the Inflammation inhibitory activity, we have carried out POM analysis of Ursolic acid and deglycosylated arganines 1-7 analogues.

RESULTS AND DISCUSSION

The structures of the Saponins derivatives, Ursolic acid and the biological activities data were obtained from literature (Guillaume and Charrouf, 2005). Three-dimensional structure building and all modeling were performed using the ACD free program package on a personal computer equipped with a Pentium IV processor. Toxicity risks, physico-chemical evaluation and pharmacomolecular properties calculations were done with Molinspiration and Osiris freeware programs.

Molecular docking of ligands with target proteins reveals that ursolic acid binds reversibly with the receptor. The Carboxylic acid in ursolic acid is interacting with Asn-104, and -OH group is behaving similarly with Thr-561, therefore, these two groups are responsible for tight binding with COX-2 (Fig. 2). To add further the two methyl groups are enhancing the interaction with COX-2 because of their hydrophobic nature and peculiar spatial arrangement. The shape of Ursolic acid matches excellent with the receptor pocket, thereby, ursolic acid has best fit in the COX-2. The Ursolic acid, a pentacyclic triterpenoid was docked deeply within the binding pocket region forming interaction with binding site residues of COX-2. Some false positives and false negatives were observed but considering the limitations of the available docking program, even the best software can not mimic the natural environment in the cell therefore the results are encouraging.

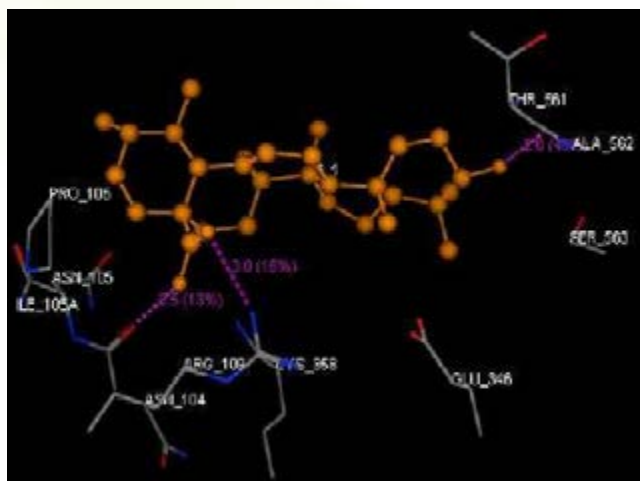


Fig. 2. Docking of Ursolic acid (UA).

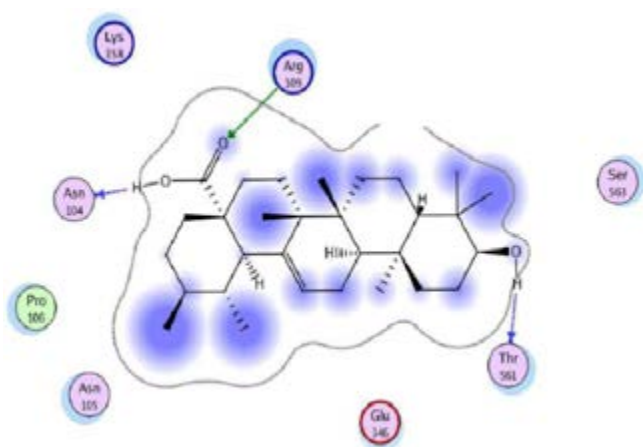
The Ursolic acid may be considered as novel inhibitors of COX-2 and as promising lead-compounds for developing new anti-inflammatory drugs based on skeleton of Arginines 1-7.

CONCLUSION

Within the constraints of the available docking program, the results are encouraging. The analysis sheds light on the structural features that steer the anti-inflammatory activity of ursolic acid. POM analyses are very interesting and show that Ursolic acid is not toxic but it lacks water solubility. In general, the Ursolic acid may be considered as novel inhibitors of COX-2 and as promising lead-compounds for developing new anti-inflammatory drugs based on skeleton of Arginines 1-7.

REFERENCES

- Alafeefy AM, Alqasoumi SI, Ashour AE, Masand V, Hadda TB, Mohamed MA, 2012. Quinazoline-tyrphostin as a new class of antitumor agents, molecular properties prediction, synthesis and biological testing, *European Journal of Medicinal Chemistry*, 53:133–140.
- Chohan ZH, Yousoufi MH, Jarrahpour A, Hadda TB, 2010. Identification of antibacterial and antifungal pharmacophore sites for potent bacteria and fungi inhibition: Indolenyl sulfonamide derivatives. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 45:1189–1199.
- Guillaume D, Charrouf Z, 2005. Saponines et métabolites secondaires de l'arganier (*Argania spinosa*). *Cahiers Agricultures* 14:509-510.



Huang MT, Ho CT, Wang ZY, Ferraro T, Lou YR, Stauber K, Ma W, Georgiadis C, Laskin JD, Conney AH, 1994. Inhibition of skin tumorigenesis by rosemary and its constituents carnosol and ursolic acid. *Cancer Res*, 54:701-708.

Manikrao AM, Khatale PN, Jawarkar RD, Vyas JV, Mahajan DT, Masand VH, Hadda TB, 2011. Presuming the Probable Anti-inflammatory Mechanism of Ursolic Acid: a plant derived pentacyclic triterpenoid, using molecular docking. *J Comput Method Mol Design*, 1:9-13.

Parvez A, Meshram J, Tiwari V, Sheikh J, Dongre R, Youssoufi MH, Hadda TB, 2010. Pharmacophores Modeling in Terms of Prediction of Theoretical Physicochemical Properties and Verification by Experimental Correlations of Novel Coumarin Derivatives Produced Via Betti's Protocol. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 45:4370-4378.

Sheikh J, Parvez A, Ingle VH, Juneja, Dongre R, Chohan ZH, Youssoufi MH, Hadda TB (2011) *European Journal of Medicinal Chemistry*, 46, 1390.

Étude comparative de deux huiles d'argan, *Argania spinosa* L. provenant de deux périmètres : Merkala et Targant (Tindouf)

Aci L.¹, Saidi F.²

¹ Doctorante en Écologie Forestière, Université Ziane Achour, Djelfa

² Professeur Université Saàd Dahlab, Blida. louizaaci@yahoo.fr

Laboratoire Ressources Naturelles, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algérie.

RESUME

Notre travail est une étude comparative de l'huile d'argan extraite à partir de graines d'*Argania spinosa* L. provenant de deux périmètres de la wilaya de Tindouf : Merkala et Targant. Dans ce but, nous avons mis en valeur ses différentes propriétés phytochimiques à intérêt thérapeutique par la mise en place de plusieurs analyses. Ainsi une étude sur la composition en acides gras par CPG a révélé une teneur en acides gras insaturé de 78.33% pour l'huile du périmètre de Merkala, et 78.88% pour celle de Targant. La teneur en acides gras saturés était quant à elle de l'ordre de 21% pour les deux échantillons.

Nous avons également déterminé la teneur en α -tocophérol des deux huiles par HPLC. Cette dernière a révélé des teneurs en α -tocophérol plus élevées dans l'huile en provenance de Targant que celle de Merkala. Les teneurs étaient de 18.95mg/100gr pour Targant et 14mg/100g pour Merkala, soit un pourcentage respectif de 3.79% et 2.80%. Une évaluation de l'activité anti-oxydante par la méthode du DPPH a été réalisée, et s'est avérée positive puisque, le pouvoir inhibiteur pour les deux échantillons d'huile des graines de Merkala et Targant était respectivement de 72.45% et 82.48%.

Ainsi, nous pouvons en déduire que l'huile d'argan du périmètre de Targant est plus riche en α -tocophérol mais aussi présente une meilleure activité anti-oxydante que celle de Merkala.

Mot clés : *Argania spinosa* L., Merkala, Targant, acides gras, α -tocophérol, activité antioxydante.

ABSTRACT

Our work is a comparative study between Argan Oil with drawn from seeds of *Argania spinosa* L. belonging to two regions of Tindouf: Merkala and Targant. Aiming to this, we have valorised its different phyto-chemical characteristics having therapy interests by placing different analyses.

Then, a study of fat acids composition by CPG has shown the existence of the rate 78.33% of non-saturated fat acids in Merkala region Oil and 78.88% in Targant one. The composition of saturated fat acids is about 21% for both samples.

We also determinate the content of α -tocopherol in the two oils by HPLC. This study shows that it is higher in oil belonging to Targant than in oil belonging to Markala: 18.95 mg/100g for Targant and 14mg/100g for Merkala or a respective percentage of 3.79% and 2.80%. An evaluation of Antioxidant activity has been realized by DPPH method, it appears that it was positive. The Inhibitor power for the two oil samples in Merkala and Targant is about 72.45% and 82.48%.

Therefore, we can deduce that Argan oil in Targant region is wealthy of α -tocopherol, but it presents also a best antioxidant activity than that belonging to Merkala.

Keywords: *Argania spinosa* L., Merkala, Targant, Fat acids, α -tocopherol, antioxidant activity.

INTRODUCTION

De par sa situation géographique et sa grande surface, l'Algérie est un pays doté d'une richesse végétale spontanée qui fait de lui un remarquable laboratoire naturel.

L'arganier (*Argania spinosa* L. ou *Argania sideroxylon*, Skeels, Roem et Schult) appartient à la famille essentiellement tropicale des Sapotaceae. C'est une espèce endémique Algéro-marocaine. En effet, l'arganier est le seul représentant du genre *Argania*. L'espèce la plus voisine est *Sideroxylon marmulano* Banks qui pousse sur l'île Madère et au Cap Vert.

C'est un arbre intéressant, non seulement par ses caractéristiques écologiques, puisqu'il pousse sur les

sols salés, mais aussi pour son potentiel économique et la valeur de ses produits. L'huile d'argan est recherchée par les industries pharmaceutique et alimentaire alors que son feuillage constitue un fourrage. Ces qualités ont fait de l'Arganier un arbre apprécié pour les reboisements à vocation agro-industrielle en zone aride et semi-aride. C'est ainsi qu'il a été introduit en Tunisie, en Israël, en Afrique du Sud, en Australie, en Floride et dans d'autres régions du globe (Nouaim et Chaussod, 1993).

En Algérie, cette espèce est méconnue encore et il y a beaucoup à faire. En effet, c'est dans une optique de valorisation des sous produits de cette espèce que le présent travail a été réalisé. C'est une étude comparative qui consiste à extraire de l'huile d'argan à partir de

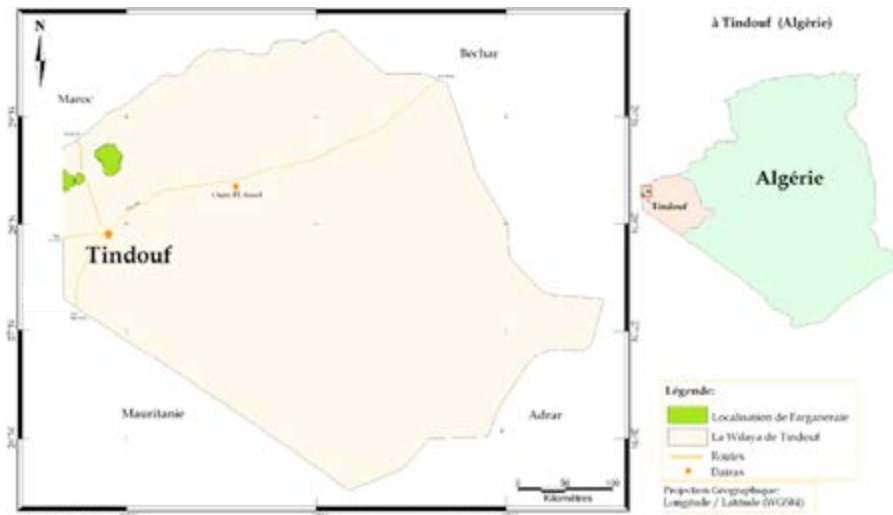


Figure O1 : aire de répartition d'*Argania spinosa* L. à Tindouf (Kechairi, 2009).

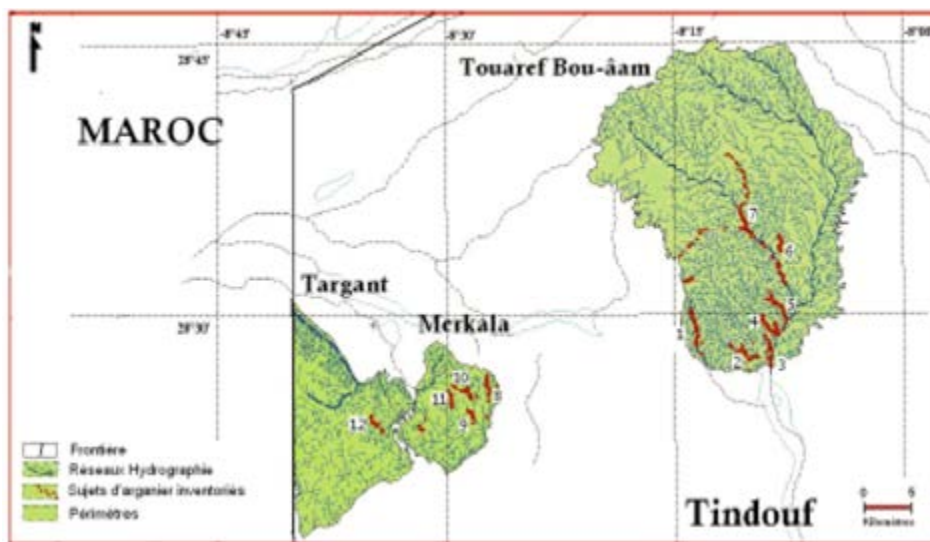


Figure O2 : répartition des stations d'arganier inventorié (Kechairi, 2009).

graines récoltées au niveau de deux régions « Merkala et Targant » dans la wilaya de Tindouf, et comparer la composition biochimique en acides gras, et l'activité antioxydante de l'huile.

MATERIEL ET METHODES

Matériel Végétal

L'étude a été effectuée sur des graines récoltées au mois de septembre 2010 dans la wilaya de Tindouf (fig. 01), au niveau des deux périmètres: Merkala et Targant (fig. 02).

METHODES D'ETUDE

Extraction de l'huile d'argan

Après concassage des graines, séparation, séchage et broyage des amandes, nous avons extrait l'huile d'argan à l'aide d'un soxhlet. Le solvant utilisé est le n-Hexane. En termes d'extraction d'huile, l'hexane est le solvant organique apolaire qui assure un meilleur rendement que l'éther de pétrole ou encore l'acétone.

Analyses des acides gras par chromatographie

L'analyse des acides gras a été réalisée par Chromatographie Phase Gazeuse.

Détermination de la composition des esters méthyliques d'acides gras (AFNOR ISO 5509) :

Le corps gras est estérifié en présence de méthanol. Les esters méthyliques d'acides gras sont séparés sur une colonne polaire et sont élevés en fonction de leur poids moléculaire. La surface correspondant à chacun d'eux est calculée et rapportée à la surface totale des différents acides gras pour obtenir un pourcentage.

Détermination de la teneur en α -tocophérols

La détermination de la teneur en vitamine E « α -tocophérol » a été réalisé par HPLC.

Principe de l'HPLC «Chromatographie Liquide à Haute Performance »

Il s'agit d'une chromatographie de partage qui est fondée sur la différence de solubilité des substances à séparer dans deux liquides parfaitement miscibles. Un des liquides est retenu sur un support inerte et constitue la phase fixe (stationnaire). L'autre liquide en déplacement, constitue la phase mobile « l'éluant » (Kamoun, 1993).

Détermination du pouvoir anti-oxydant

La méthode utilisée pour cette analyse est celle du DPPH. Ce dernier représente un radical libre, de couleur initiale bleu-violet, qui vire vers le jaune lorsque l'électron célibataire s'apparie avec l'antioxydant,

cette décoloration est représentative de la capacité des antioxydants à piéger ce radical libre indépendamment de toute activité enzymatique.(Molyneux, 2004).

Ainsi, cette technique permet de prouver le pouvoir antiradicalaire de nos huiles.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Analyse des acides gras par CPG

L'huile d'argan renferme essentiellement des triglycérides qui sont des esters de glycérol et d'acide gras (Mountasser et Elhaddek, 1999). Les profils



Figure 03 : profil chromatographique représentant la composition en acides gras de l'huile d'Argania spinosa L. du périmètre de Targant.

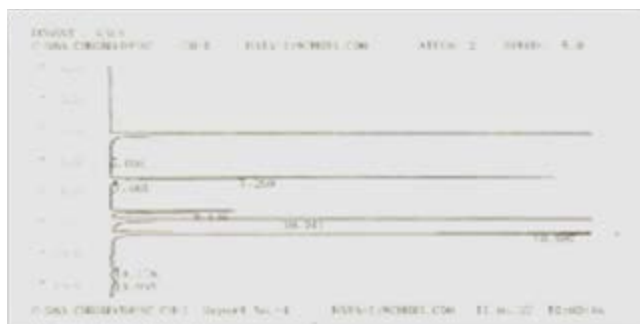


Figure 04 : profil Chromatographique représentant la composition en acide gras de l'huile d'Argania spinosa L. du périmètre de Merkala.

chromatographiques en Figures 03 et 04 représentent les résultats obtenus.

La composition des esters méthyliques des acides gras analysés par CPG est représentée dans le Tableau 01.

L'étude de la composition en acides gras de l'huile d'argan, des deux périmètres, montre que ceux-ci sont à plus de 70% de type oléique linoléique avec des taux respectifs pour Targant et Merkala de 78.33% et 78.88%.

Concernant les acides gras saturés, ils représentent un taux de 21,67% pour l'huile provenant du périmètre de

Echantillons	TARGANT	MERKALA
Acides gras	%	%
Acide Margarique C17:0	-----	-----
Acide Palmitique C16:0	14.65	14.10
Acide Palmitoléique C16:1	0.22	0.28
Acide Stéarique C18:0	5.13	6.25
Acide Oléique C18:1	49.59	47.82
Acide Linoléique C18:2	28.73	31.05
Acide Linolénique C18:3	1.63	0.48
Acide Arachidique C20:0	Trace	Trace

Tableau O1 : composition en acide gras de l'huile d'*Argania spinosa* L.

Targant, et 21,12% pour l'huile provenant du périmètre de Merkala. Cette analyse révèle la prédominance de l'acide palmitique et stéarique, ces résultats sont confirmés par les travaux de Charrouf et Guillaume (1999), Khallouki (2003) et Khallouki et al., (2003).

Sur le point physicochimique, on constate que l'huile d'argan des deux provenances est essentiellement constituée d'acides gras de chaîne moyenne C16 et C18 ce qui confère à l'huile une viscosité et une bonne fluidité (Flanzy, 1978). De plus, la présence de l'acide linoléique en teneurs largement supérieur à 2% dans nos huiles, nous permet de les classer parmi les huiles végétales d'assaisonnement non siccatives (Bruneton, 1987).

L'absence de l'acide érucique C22 :1 dans les deux échantillons d'huile fait de cette huile d'argan, une huile comestible non toxique. Par ailleurs, les variations observées dans la composition des acides gras de l'huile d'argan peuvent être attribuées à différents facteurs, notamment la provenance géographique des échantillons (Maurin et al., 1992). En effet, Maurin et al. (1989) ont noté que le taux d'acide palmitique augmente quand on passe de la plaine vers les hauts plateaux. Le taux d'acide oléique enregistre une augmentation avec la pluviométrie et celui d'acide linoléique s'accroît avec l'altitude.

Sur le plan diététique, on remarque que l'huile d'argan est composée essentiellement d'acides gras insaturés et donc ne présente aucun problème de digestion et d'assimilation par l'organisme humain (Rahmani, 2005). L'acide oléique, dont les propriétés encourageantes pour le traitement du cancer du sein ont été récemment suggérées (Menendez et al., 2005), représente près de 48% des acides gras analysés dans les échantillons d'huile testés.

2. Détermination de la teneur en α -Tocophérol pour les deux échantillons d'huile d'*Argania spinosa* L.

Les huiles végétales sont les principales sources en vitamine E. Cette dernière est la plus importante des antioxydants naturels car, en plus d'assurer une bonne conservation de l'huile en s'opposant aux phénomènes oxydatifs des acides gras, elle présente un avantage pharmacologique primordial en piégeant les radicaux libres oxygénés lors des phénomènes d'oxydoréduction (Radi, 2003 et Bruneton, 1999).

Les résultats de la détermination des teneurs en α -tocophérol par HPLC pour l'huile d'*Argania spinosa* L. des deux périmètres, Targant et Merkala sont regroupés dans le Tableau 02.

Tableau O2 : détermination des teneurs en α -tocophérol dans l'huile d'*Argania spinosa* L.

Huile d'Argan	Targant	Merkala
Teneur α -tocophérol (%)	3.79%	2.80%
Teneur α -tocophérol (mg/100g d'huile)	18.95mg/100g	14mg/100g

Références	α -tocophérol mg/kg d'huile d' <i>Argania spinosa</i> L. (mg/100g d'huile)
Khallouki et al., 2003	35
Radi, 2003	44
SNIMA, 2003 (NM 08. 5. 090)	14.4 à 38.4

La teneur en Vitamine E sous forme d' α -tocophérol dans l'huile d'*Argania spinosa* L. de Targant et Merkala, est de 3.79% et 2.80% respectivement, soit une concentration correspondant à 18.95mg/100g pour Targant et 14mg/100g pour Merkala. Ces résultats sont confirmés par la norme NM 08. 5. 090 qui a fixé un intervalle allant de 14.4 à 38.4mg/100g.

Selon Khallouki et al. (2003), et Radi, (2003), le dosage de la α -tocophérol a donné des résultats qui s'estiment respectivement à 35 et 44mg/100g d'huile. Ces résultats sont relativement plus élevés que ceux obtenus sur les échantillons de Targant et Merkala. Cela peut s'expliquer par l'effet néfaste du stockage sur la conservation de l'huile. Selon Belcadi et al, (1994), une diminution de 50% des teneurs en α -tocophérol est observée après 30 jours de conservation.

En comparant la teneur en α -tocophérol au niveau de l'huile d'argan étudiée avec d'autres huiles comestibles, on constate qu'elle est faiblement présente par rapport à l'huile d'olive, 190mg/100g d'huile, ou encore l'huile de tournesol 532mg/100g (Khallouki, 2003). La présence de γ tocophérol (gamma tocophérol) en quantité plus importante que l'alpha tocophérol dans l'huile d'argan peut expliquer cette faible teneur, puisque Charrouf et Guillaume (2007) ont démontré que l'huile d'argan

le pourcentage de réduction du DPPH (pouvoir inhibiteur). Ce pouvoir a atteint sa valeur maximale (72.45% pour Merkala et 82.48% pour Targant) à la concentration 1.66mg/ml. La valeur de l'EC50 correspondant est de l'ordre de 0.443 et 0.377 respectivement.

Des études effectuées par Khaldi (2007) montrent que le pouvoir réducteur du DPPH a atteint les 67.58%, et un

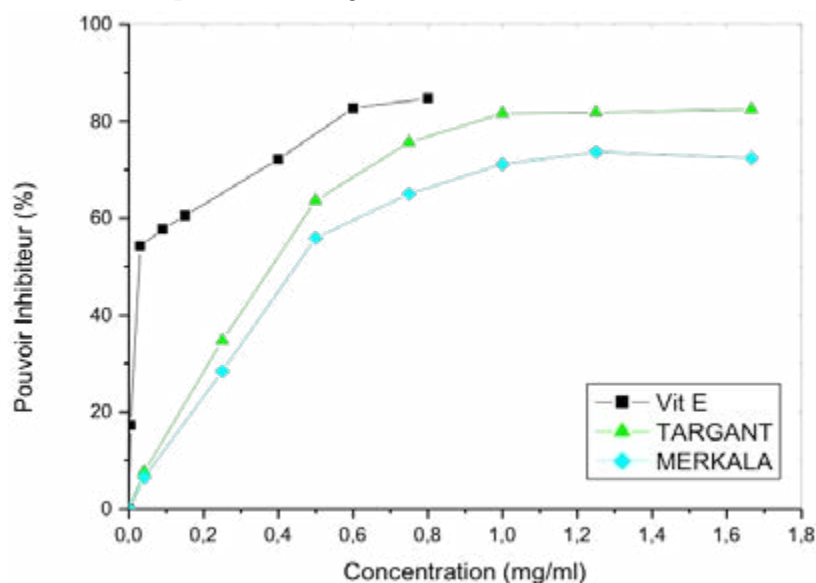


Figure 05 : pouvoir inhibiteur des huiles d'*Argania spinosa* L. des périmètres de Targant et Merkala et celui de la Vitamine E.

contenait des taux élevés de γ -tocophérol, le tocophérol le plus protecteur contre les radicaux libres.

Avec les polyphénols rencontrés dans l'huile d'argan à l'état de traces, les tocophérols participent sans aucun doute à la conservation de l'huile d'argan et de ses propriétés antioxydantes.

3. Pouvoir antioxydant de l'huile d'*Argania spinosa* L.

Les résultats de l'analyse montrent que l'addition de l'huile d'*Argania spinosa* L. à une solution de DPPH induit une diminution de son absorbance initiale suite à un virage de coloration.

A partir de la variation du pouvoir inhibiteur, et du pourcentage de réduction du DPPH en fonction de la concentration de l'huile (Fig. 05), nous pouvons déterminer graphiquement l'EC50 qui est défini comme la concentration de l'antioxydant nécessaire pour réduire ou inhiber 50% du DPPH.

Nous constatons que l'augmentation de la concentration de nos deux huiles varie proportionnellement avec

l'EC50 de 0.907mg/ml. Une analyse sur les polyphénols du tourteau a été réalisée par le même auteur, et a ainsi obtenu un pouvoir inhibiteur de 97.59% et un EC50 égale à 1.52mg/ml. Ces résultats sont intéressants du fait que les polyphénols du tourteau ont un pouvoir antioxydant beaucoup plus important que celui de l'huile d'argan.

La vitamine E a atteint un taux de 84% à la concentration 0.8mg/ml, soit à 50% de la concentration de nos huiles. Nous pouvons en déduire que la vitamine E est beaucoup plus antioxydante que nos échantillons, puisqu'elle présente un EC50 égale à 0.0028.

Nous avons également comparé le pouvoir inhibiteur (Fig. 06) et l'EC50 de nos échantillons (Fig. 07) provenant de Merkala et Targant avec des antioxydants synthétiques (BHA et BHT) et naturels (Vitamine C).

Comme la courbe nous le montre, la vitamine E est l'antioxydant qui présente le meilleur pouvoir inhibiteur par rapport ou trois autres, c'est-à-dire, BHT, BHA, et Vit C. Egalement, nous remarquons que la Vitamine C

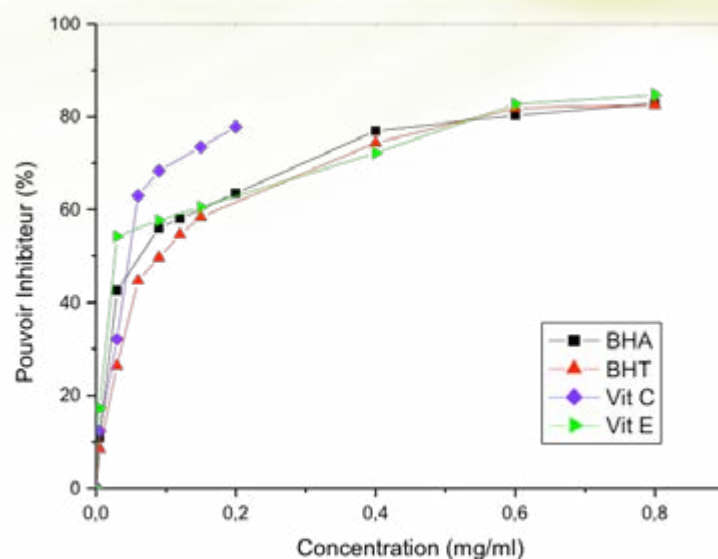


Figure 06 : pouvoir inhibiteur des antioxydants naturels et de synthèse.

a, elle aussi, un très bon pouvoir inhibiteur, puisque ce dernier, même légèrement, dépasse celui de la BHT et la BHA.

Afin de déterminer le composé le plus antioxydant, le Tableau 03 représente l'ensemble des Concentrations Efficaces pouvant capté 50% des radicaux libres (EC₅₀) des échantillons étudiés, à savoir l'huile d'*Argania spinosa* L. des deux périmètres Targant et Merkala, ainsi que le BHT, BHA, Vit E, et la Vit C.

En ce qui concerne l'évaluation du pouvoir antioxydant

de l'huile d'*Argania spinosa* L. du périmètre de Targant et Merkala, on constate que la diminution de l'absorbance ne peut être expliquée que par la présence de composés au niveau de l'huile ayant un pouvoir antioxydant. En effet, il s'agit de donneurs d'hydrogène notamment des polyphénols (présents en quantité moindre (Charrouf, 2002), et des tocophérols (déjà quantifiés dans l'huile).

Ces substances sont capables de réduire le DPPH de sa forme radicalaire, en une forme non radicalaire. Ce DPPH qui passe de la première forme à la seconde

Antioxydant	BHT	BHA	Vit C	Vit E	Merkala	Targant
EC ₅₀	0.092	0.064	0.046	0.028	0.443	0.377

Tableau03 : concentration Efficace inhibant 50% des radicaux libres.

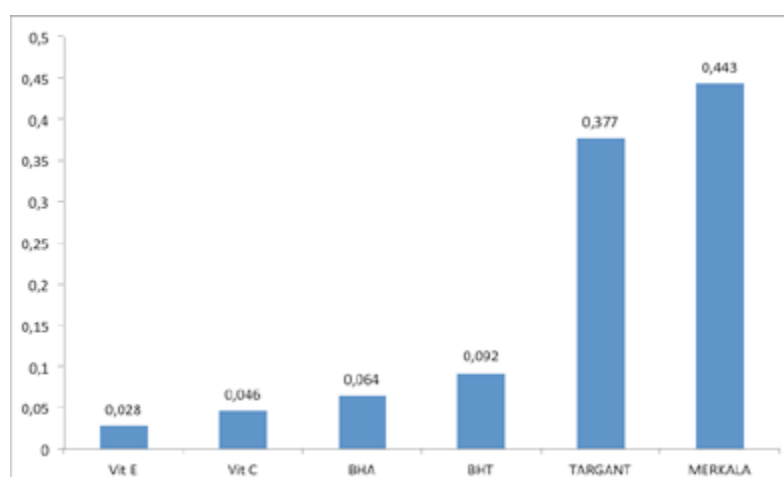


Figure07 : concentration Efficace 50 (EC₅₀).

induit un abaissement de l'absorbance (Lee et al., 2004).

Cette dernière, engendre l'augmentation du pouvoir inhibiteur (I%) et ainsi, la diminution de l'EC50. C'est-à-dire, que plus l'EC50 d'un composé est faible, plus ce dernier est antioxydant.

En effet, la figure 07 montre les différentes EC50 des composés étudiés (Huiles de Merkala et Targant, Vit E, Vit C, BHT et BHA). Par ces résultats, nous pouvons en déduire que parmi les huiles étudiées, celle du périmètre de Targant est beaucoup plus antioxydante que celle de Merkala (EC50 égale à 0.337 contre 0.433), mais leur pouvoir antioxydant est bien plus faible que celui des antioxydants naturels (Vit E et Vit C) mais également, des antioxydants de synthèse (BHT et BHA). Néanmoins, la présence d'un pouvoir antioxydant plus important dans l'huile de Targant par rapport à celle de Merkala, peut être expliquée par les teneurs en α -tocophérol étudiées précédemment, et qui étaient plus élevées dans l'échantillon de Targant (3.79%) contre 2.80% pour Merkala.

Selon Drissi et al, 2004, une étude sur les propriétés hypolipémiantes et antioxydantes de l'huile d'*Argania spinosa* L. a montré que la consommation habituelle de cette huile a fait diminué significativement le taux plasmatique (humains) des LDL (Low-Density-Lipoprotein). D'après ces mêmes auteurs, cet abaissement est, non seulement dû à la composition en acide gras insaturés, mais également à la présence de composés en quantité infime appartenant à la fraction insaponifiable, à savoir les tocophérols, les stérols mais aussi les polyphénols, présents à l'état de trace, mais donc le pouvoir antioxydant est mentionné dans plusieurs études (Massela et al., 2001 ; Caruso et al., 1999).

L'étude in-vitro de l'effet des tocophérols sur le degré de peroxydation des LDL (formation de lipoperoxydes), qui est considérée comme l'étape clé du développement de l'athérosclérose, a révélé l'existence d'une corrélation positive entre l'augmentation des tocophérols et la diminution de la formation des lipoperoxydes (Drissi et al, 2004 ; Berrougui et al., 2005).

CONCLUSION

L'arganier et les produits qui en dérivent ne sont pas valorisés comme ils devraient l'être. Notre étude a été réalisée afin de contribuer à la valorisation nutritionnelle de son amande. Le présent travail a pour objectif une étude comparative de l'huile d'argan, extraite à partir de graines récoltées dans deux périmètres de la wilaya de Tindouf à savoir Targant et Merkala. Cette

comparaison s'est faite par rapport à la composition en acides gras de l'huile, sa teneur en α -tocophérol et enfin, son pouvoir antioxydant justifiant son utilisation en phytothérapie.

Les résultats obtenus révèlent et prouvent toute l'importance de cette huile tant sur le plan économique que diététique puisqu'elle présente des caractéristiques biochimiques essentielles à la santé humaine. Ainsi, et dans le cadre de la préservation des ressources phytogénétiques, il serait indispensable d'évaluer la diversité génétique de cette espèce pour mieux la connaître d'une part, et d'autre part, pour une meilleure utilisation et préservation.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Afnor, 1984. Méthode d'analyse des corps gras, graines oléagineuses, produits dérivés. Collection A.F.N.O.R. France. 455p
- Belcadi R, 1994. Etude des variations du système antioxydant cellulaire en fonction de l'âge et de l'apport alimentaire d'acides gras polyinsaturés, chez le rat. Influence particulière de l'ingestion de l'huile d'argan. Thèse 3ème cycle. Univ. Ibnou Zohr. Agadir ;
- Berrougui H, Cloutier M, Khalil A, 2005. Ageing and cardiovascular diseases, implication of HDL and Paraoxonase-1 in the reverse cholesterol transport. Leiden International Medical Student Congress April 7-9, 2005. Amsterdam, Netherlands.
- Bruneton J, 1999. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème édition. Tec & Toc. Paris. 1120p.
- Bruneton J, 1999. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 3ème ed. Tec & Toc., Paris. 1120 p.
- Caruso D, Berra B, Giavarini F, Cortesi N, Fedeli E, Galli G, 1999. Effect of virgin olive oil phenolic compounds on in vitro oxidation of human low density lipoproteins. Nutr Metab Cardiovasc Dis, N° 3. Juin. Pp.102.
- Charrouf Z et Guillaume D, 1999. Ethnoeconomical, Ethnomedical and phytochemical study of *Argania spinosa* L. Journal of ethnopharmacologie. Pp.9, 55
- Charrouf Z et Guillaume D, 2007. L'huile d'argan une production devenue adulte. Les technologies de laboratoire N° 06, septembre-octobre. Pp. 4-7.
- Charrouf Z, 2002. L'huile d'argan, une prodigieuse vitalité née au bord du désert. Esperance medicale. T9. N°87. P2.

- Drissi A, Girona J, Cherki M, Godas G, Derouiche A, El Messal M, Saile R, Kettani A, Sola R, Masana L, Adlouni A, 2004. Evidence of hypolipidemic and antioxidant properties of argan oil derived from the argan tree (*Argania spinosa*). Clinical Nutrition, 23, 1159-1166.
- Flanzy J, 1978. Colloque image de chimie p 73-77. Élément de phytochimie et de pharmacognosie. Ed TEC et DOC Lavoisier, Paris.
- Kamoun P, 1993. Atlas e poche des méthodes d'analyse. Flammarion médecine sciences. Association Française de Normalisation (AFNOR) 1978. NF T60-234 ;
- Kechairi R, 2009. Contribution à l'étude écologique de l'arganier *Argania spinosa* L. Skeel. dans la région de Tindouf (Algérie). mémoire de magister en écologie et environnement. USTHB. 75p.
- Khaldi D, 2007. Etude chimique et nutritive d'*Argania spinosa*, Mémoire de Magister, UABB Tlemcen.
- Khallouki F, 2003. Composition of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, sterols, and phenolic compound should confer valuable cancer chemopreventive effects. Eur J cancer prev. vol 12. N°1. P 65, 75.
- Khallouki F, Younos C, Soulimani R, Oster T, Charrouf Z, Spieglehader B, Btash H, Owen R W, 2003. Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profil of fatty acids, squalene, sterols, and tocopherols and phenolic antioxydants should confer valuable cancer chem.-preventive effects. Eur. Journal Cancer prev. 12:67-75
- Lee J H, Koo N S, Min D B, 2004. Reactive oxygen species, aging and antioxydative neutraceuticals. Comprhensiv review in food Science and food Safety, 3, 20-33.
- Masella R, Giovannini C, Vari R, Di Benedetto R, Coni E et Volpe R, 2001. Effect of dietary virgin olive oil phenols on low density lipoprotein oxidation in hyperlipidemic patients. Lipids, 36: 1195-202.
- Maurin R, 1992. L'huile d'argan *Argania spinosa* L. sapotacées. Revue française des corps gras. N°5-6. Pp. 139,145.
- Maurin R, Fellat-Zerrouk K, Kirs M, 1989. Huile d'argan, *Argania spinosa* L. au Maroc, Triglycéride. Actes de congrès. Euro-lipid. Angers ; 1 : 151-8.
- Menendez J A, Vellon L, Colomer R, Lupu R, 2005. Oleic acid, the main monounsaturated fatty acid of olive oil, suppresses Her-2/neu (erb B-2) expression and synergistically enhances the growth inhibitory effects of trastuzumab (Herceptin TM) in breast cancer cells with Her-2/neu-oncogen amplification. Ann. Onc. 16. Pp. 359-371.
- Molyneux P, 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. Songklanakarin; Journal of Sciences and Technologies, 26 (2): 211-219.
- Mountasser A et El Hadek, 1999. Optimisation des facteurs influençant l'extraction de l'huile d'argan par presse. OCL. Vol. 06, n° 03. pp 273-279.
- Nouaim R et Chaussod R, 1993. L'arganier *Argania spinosa* L., le flamboyant bulletin de liaison des membres du réseau, arbres tropicaux N°21 septembre 1993.
- Radi N, 2003. L'arganier, arbre du sud-ouest Marocain, en péril, à protéger : Thèse pour l'obtention du Doctorat d'état en Pharmacie. Pp 59. Université de Nantes.
- Rahmani M, 2005. Composition chimique de l'huile vierge. Cahier Agricultures Vol 14, n°5, Septembre-Octobre 2005. p 461-465.

Qualité hédonique de l'huile d'Argane alimentaire : Effet du procédé de fabrication et de l'information sur l'origine

Djeffal F., Zahar M. et Demnati D.

Département des Sciences Alimentaires et Nutritionnelles, Filière des IAA,

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, MAROC. E-mail : m.zahar@iav.ac.ma

RESUME

L'objectif du présent travail a été l'étude de l'effet du procédé de fabrication de l'huile d'Argane alimentaire et de l'information relative à son procédé d'élaboration et son origine sur sa notation hédonique. Un lot de cinq échantillons d'huiles a été utilisé (2 huiles traditionnelles et 2 huiles par procédé semi-mécanisé de 4 coopératives différentes, et une huile traditionnelle du Souk). Un panel de 80 consommateurs a été employé. Dans un premier temps, l'évaluation a porté sur des échantillons codés. Dans un deuxième temps, la même série d'échantillons a été présentée avec information. La notation des échantillons par le panel a été faite sur une échelle hédonique de 11 cases; l'extrémité gauche correspond à «je n'aime pas du tout» et une note de 0, et l'extrémité droite à «j'aime beaucoup» et une note de 10.

Dans l'essai avec échantillons codés, le facteur «type de procédé» n'a pas eu d'effet significatif sur la notation hédonique des huiles, cependant, un effet significatif ($p < 0,05$) du facteur «produit» a été observé et l'huile Trad-Souk a été la plus aimée. L'information sur le procédé de fabrication et l'origine des huiles a affecté significativement leur notation hédonique; les huiles traditionnelles des coopératives féminines ont été les plus cotées.

Mots clés : Huile d'Argane alimentaire, procédé de fabrication, test consommateur, qualité hédonique.

ABSTRACT

The objective of the present work was to investigate the effect of production mode of edible Argan oil and type and origin information on its hedonic grading. Five oil samples (2 traditional oils and 2 oils produced by the semi-mechanical process from different cooperatives, and one traditional oil from a souk) were used. A panel of eighty consumers scored the oils for their overall liking using a category hedonic scale of 11 boxes anchored at the ends ("dislike extremely" and a grade of 0, "like extremely" and a grade of 10).

No significant effect of "process type" on overall liking of oils was observed, however the parameter "product" had a significant effect ($p < 0.05$) and the traditional oil purchased from the souk had the highest score. Information on the process type and origin of oils affected significantly their hedonic grading; traditional oils from women cooperatives had the highest scores.

Keywords : Edible Argan oil, production process, consumer study, hedonic quality.

INTRODUCTION

L'huile d'Argane alimentaire peut être produite par la technique traditionnelle ou le procédé semi-mécanisé. La technique traditionnelle représente le procédé le plus usuel pratiqué par la population locale (Chriqi et al., 2003) et plusieurs coopératives féminines. Elle est plus lente et donne un faible rendement en huile et une huile avec une durée de vie plus courte (Charrouf and Guillaume, 1999). Le

procédé semi-mécanisé utilise une torréfaction dans des torréfacteurs en inox, une extraction de l'huile par pressage mécanique et une filtration de l'huile décantée dans des filtres à pression. Ce procédé semi-mécanisé permet de réduire la durée d'extraction, d'augmenter le rendement et d'obtenir une huile de qualité plus régulière (Charrouf et Guillaume, 1999). L'effet du type du procédé de fabrication sur la composition et la qualité de l'huile d'Argane

alimentaire a fait l'objet de plusieurs travaux scientifiques. Hilali et al. (2005) ont trouvé que la composition chimique (profil en acide gras, antioxydants, pigments, etc.) des huiles issues des deux procédés est similaire. Matthus et al. (2010) ont trouvé que l'huile traditionnelle est moins stable durant le stockage que celle produite par le procédé semi-mécanique. Ces auteurs n'ont trouvé aucun changement dans les caractéristiques organoleptiques dans l'huile obtenue par presse mécanique après 20 semaines de stockage à 20°C; en revanche, l'huile obtenue par extraction traditionnelle a montré des défauts sensoriels après seulement 12 semaines de stockage. La caractérisation sensorielle des odorants actifs des huiles issues des 2 procédés par CPG/SM/Olfactométrie (Zahar et al., 2011) a montré des profils aromatiques similaires mais l'huile obtenue par procédé semi-mécanisé a montré des teneurs plus élevées en pyrazines, aldéhydes et cétones. Par contre, l'huile traditionnelle a montré plus de senteurs «fruité» et «sucre brûlé/caramel» que l'huile du procédé semi-mécanisé.

L'objectif du présent travail est (1) d'étudier l'effet du type de procédé de fabrication de l'huile d'Argane alimentaire (traditionnel vs. Semi-mécanisé), et (2) de déterminer l'effet de l'information relative au procédé de fabrication et origine de l'huile d'Argane sur son évaluation hédonique.

MATERIEL ET METHODES

1. Echantillons d'huile d'Argane alimentaire

Un lot de cinq échantillons d'huile d'Argane alimentaire, trois huiles traditionnelles et deux huiles fabriquées par le procédé semi-mécanique, a été utilisé pour la réalisation de cette étude. Deux parmi les trois échantillons traditionnels « Trad-1 » et « Trad-2 » ont été achetés directement des coopératives féminines de la région d'Agadir.

Le troisième échantillon de l'huile traditionnelle « Trad-Souk » a été acheté du Souk El Had d'Agadir. Cette huile a été préparée sur demande pour pouvoir assister à toutes les étapes, de la torréfaction jusqu'à la séparation de l'huile.

Les 2 huiles préparées par procédé semi-mécanisée « S-M » ont été produites par deux autres coopératives.

Les échantillons d'huile d'Argane ont été conservés à l'abri de la lumière et du soleil afin de préserver leur qualité organoleptique durant toute la durée de l'étude.

2. Panel de consommateurs :

Le panel utilisé dans cette étude a été composé de 80 personnes parmi les étudiants, techniciens et personnel de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat. Le groupe de dégustateurs a été segmenté à priori en deux sous-groupes de 40 sujets chacun. Le premier sous-groupe (S-G1) est constitué de consommateurs réguliers d'huile d'Argane et originaires de la région d'Arganier (Agadir, Taroudant et Essaouira). Le deuxième sous groupe (S-G 2) est constitué de sujets consommateurs occasionnels d'huile d'Argane et non originaires de la région de l'Arganier.

3. Evaluation hédonique des huiles d'Argane :

Les cinq huiles d'Argane alimentaire ont été évaluées par chaque membre du panel en deux essais durant la même séance de dégustation. Dans le premier essai, les échantillons évalués étaient codés par des nombres à 3 chiffres. Dans le deuxième essai, les échantillons ont été présentés avec l'information sur le type du procédé de fabrication de l'huile (Trad vs. S-M) et son origine (coopérative, souk). La présentation des échantillons dans chacun des essais a été monadique et suivant un carré latin ; chaque dégustateur a eu le même ordre de présentation pour les 2 essais entre lesquels une durée de 15 min a été accordée à chaque sujet pour lui permettre de se reposer.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Essai avec échantillons codés :

Les notes moyennes accordées par le panel de consommateurs sur une échelle de notation hédonique de 0 à 10 sont donnés dans le Tableau 1. Ces résultats montrent un effet «produit» significatif ($p < 0,05$) entre les huiles, cependant, l'effet « type de procédé » n'est pas significatif ($p > 0,05$). L'huile d'Argane achetée du souk d'Agadir a été la plus préférée par le panel et l'huile S-M 2 a été la moins préférée.

La figure 1 montre les moyennes des notations attribuées par les 2 sous-groupes constituant le panel d'évaluation. Le sous-groupe1 (consommateurs originaires de la région de l'arganier) a été plus discriminatif vis-à-vis des huiles analysées, des différences significatives entre les huiles ont été notées. Cependant, le sous-groupe 2 (non originaire de la région de l'arganier et consommateurs occasionnels de l'huile d'Argane) n'a pas montré de différence significative dans la notation des huiles. Ceci montre l'importance des habitudes alimentaires

Tableau 1 : Notes moyennes accordées par le panel de consommateurs pour les huiles d'Argane alimentaire sur une échelle de notation hédonique de 0 à 10.

Huiles d'Argane	Trad-Souk	Trad-1	Trad-2	S-M1	S-M2
Moyennes*	5,90a**	5,03b	5,30a	5,78a	4,91b
Ecart-type	2,29	2,64	2,26	2,62	2,63

* Chaque valeur est la moyenne de quatre vingt notes.

** Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes à $\alpha = 5\%$.

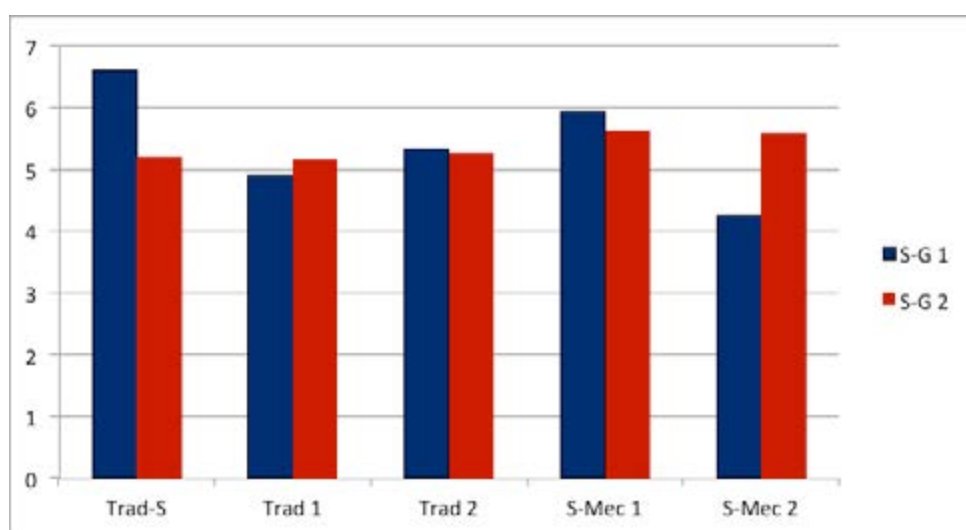


Figure 1 : Notes moyennes attribuées par chacun des sous-groupes aux huiles d'Argane alimentaires sur une échelle hédonique de 0 à 10.

dans l'évaluation hédonique des huiles d'Argane alimentaire.

2. Essai avec information sur le procédé et l'origine de l'huile

Les résultats de l'essai d'évaluation des échantillons d'huile d'Argane alimentaire avec information sur le type du procédé de fabrication et l'origine de l'huile sont donnés dans la Figure 2. Ces résultats montrent que l'information sur l'huile a affectée significativement la notation hédonique des huiles d'Argane. Les huiles traditionnelles des coopératives féminines ont été les plus préférées, les huiles produites par le procédé semi-mécanisé ont été les moins cotées.

CONCLUSION

Un effet non significatif du facteur «type de procédé» sur la qualité hédonique des huiles d'Argane

alimentaire a été observé. En revanche, un effet significatif du facteur «produit» a été remarqué. Dans l'essai avec échantillons codés, l'huile traditionnelle achetée du Souk a été la plus préférée. Le sous-groupe originaire de la région de l'arganier a été plus discriminant vis-à-vis de la qualité hédonique des huiles que le sous-groupe non originaire de la région de l'arganier.

L'information sur le type du procédé et l'origine des huiles a affecté d'une façon significative leur notation hédonique par le panel et les huiles traditionnelles des coopératives féminines ont été les plus cotées.

Les résultats de cette étude montrent l'importance des habitudes alimentaires et de l'information sur le produit sur les préférences des consommateurs.

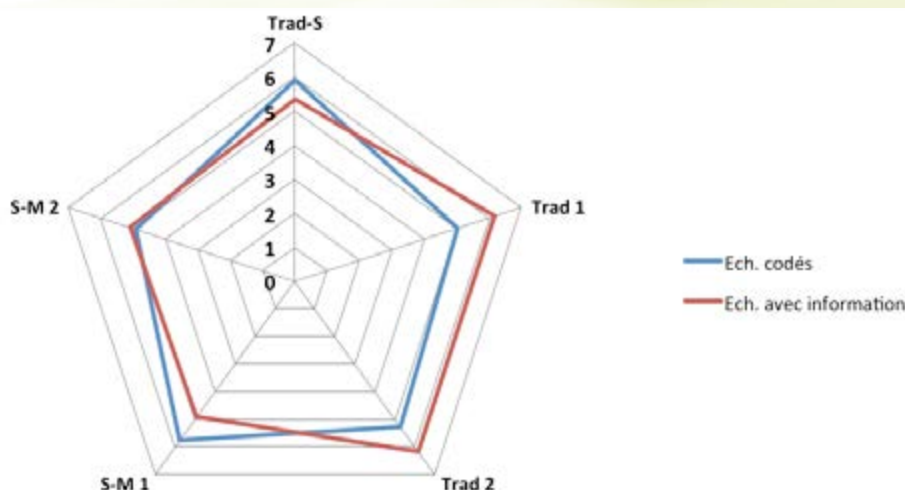


Figure 2 : Effet de l'information relative au procédé de fabrication et origine sur la notation hédonique des huiles d'Argane alimentaire

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- Charrouf Z, Guillaume D, 1999. Ethnoeconomical, ethnomedical, and phytochemical study of *Argania spinosa* (L.) Skeels. J. Ethnopharmacol. 67: 7-14.
- 2- Chriqi A, Ballouk A, Houjjaji A, Adnan A, Bacha L, Addebous R, 2003. L'Huile d'Argan : un produit de terroir. Quelle stratégie pour sa valorisation ? Terre et Vie, N° 70, Juillet.
- 3- NF ISO 4121, 2004. Analyse sensorielle: lignes directrices pour l'utilisation d'échelles de réponses quantitatives.
- 4- Hilali M; Charrouf Z, Soulhi A, Hachimi L, Guillaume D, 2005. Influence of origin and extraction method on argan oil physico-chemical characteristics and composition. J. Agric. Food Chem. 53 (6): 2081-2087.
- 5- Matthauss B.; Guillaume D, Gharby S, Haddad A, Harhar H, Charrouf Z, 2010. Effect of processing on the quality of edible Argan oil. Food Chem. 120 : 426-423.
- 6- Zahar M, Reineccius G, Schirle-Keller J-P, 2011. Argan oil aroma: effect of kernels roasting and oil extraction process. Actes du Premier Congrès International de l'Arganier, Agadir 15 - 17 Décembre, 223-234.

Caractérisation et valorisation des coques des noix d'arganier

El Khomri M. , Lacherai A., El Messaoudi N.

Laboratoire de Biotechnologie et Valorisation des Ressources Naturelles

Université ibn Zohr. Faculté des Sciences. BP 8106, 80000 Agadir Maroc

mohammed.elkhomri@edu.uiz.ac.ma, a.lacherai@uiz.ac.ma

RESUME

Dans cette étude nous avons tenté de caractériser et valoriser en tant qu'adsorbant un matériau agro ressource en l'occurrence les coquilles de noix d'arganier (CNAr). Nous avons déterminé, dans un premier temps, sa masse volumique apparente ($\rho_{app} = 0.732 \text{ kg/L}$), sa masse volumique absolue ($\rho_{abs} = 1.293 \text{ Kg/L}$), ainsi que son taux d'humidité ($Th = 9.52\%$). Ledit matériau est ensuite analysé thermiquement par l'analyse thermogravimétrique (ATG) et différentielle (ATD). La faculté d'adsorption de notre matériau est testée en utilisant le Bleu de méthylène (BM), colorant largement utilisé dans l'industrie de textiles. Nous avons ainsi étudié l'effet de différents paramètres influençant l'adsorption tels que: le temps de contact, la masse d'adsorbant, le pH de la solution, la température, ainsi que la concentration en polluant. Enfin l'étude cinétique d'adsorption de BM sur CNAr a montré que cette dernière suit une cinétique de deuxième ordre.

Mots clés : *Arganier - Adsorption - Pollution - Bleu de méthylène - Traitement des eaux - ATG - ATD*

ABSTRACT

In this study we attempted to characterize and valorize shells argan nuts (SNAr) as an material adsorbent. We determined apparent density ($\rho_{app} = 0.732 \text{ kg / L}$), absolute density ($\rho_{abs} = 1.293 \text{ Kg / L}$) and humidity ($Th = 9.52\%$) of (SNAr). The material is then thermally analyzed by thermogravimetric analysis (TGA) and differential (TAD). The adsorption ability of this material is tested using the methylene blue (MB), dye widely used in textile industry. We have studied the effect of various parameters influencing the adsorption such as the contact time, the mass of adsorbent, the pH of the solution, the temperature and the concentration of pollutant. Finally, the kinetic study of adsorption of (MB) onto (SNAr) showed that it follows a second order.

Keywords : *Argan - Adsorption - Pollution - Methylene blue - Water treatment - TGA - TDA.*

INTRODUCTION

Les polluants sont susceptibles d'interagir par adsorption sur divers substrats naturels d'origine minérale, animale ou végétale (l'argile, la laine, le bois, les déchets céréales les noyaux d'olives...) (Elbariji, 2007). Cette propriété a permis d'utiliser le phénomène d'adsorption dans de larges domaines de séparation (l'extraction, l'épuration, la dépollution, etc.). Mais, la demande croissante des adsorbants utilisés dans les procédés de protection de l'environnement a fait que leur coût devient de plus en plus cher ce qui suscite la recherche de nouveaux matériaux adsorbants moins coûteux, en particulier à partir de déchets végétaux. Dans cette optique, nous nous sommes intéressés à un matériau

d'origine naturelle en l'occurrence: les coquilles des noix d'arganier (CNAr) séchées et broyées finement, pour promouvoir d'une part une méthode simple, rentable et efficace capable de limiter la pollution engendrée par un colorant industriel : le bleu de méthylène, et d'autre part, une valorisation du matériau utilisé.

MATERIELS ET METHODES

Préparation de la solution polluante

Les solutions utilisées sont obtenues par dilution d'une solution mère. Cette dernière est préparée par dissolution d'une masse bien déterminée de la poudre de bleu de méthylène dans l'eau distillée.

Préparation d'adsorbant

Les coquilles de noix d'arganier (CNAr) utilisées sont issues de la récolte de l'année 2012 dans la région d'Agadir (sud du Maroc). Ces coquilles sont triées et broyées dans un broyeur « Retsch SM 100 ». Le broyat est tamisé et réparti en plusieurs fractions selon le diamètre des grains.

Méthode d'analyse

La détermination de la concentration résiduelle du colorant est effectuée en utilisant un Spectrophotomètre Ultraviolet-Visible à double faisceau "UV-2300" à la longueur d'onde 661nm déterminée auparavant.

La quantité adsorbée est déterminée par la relation suivante :

$$(1) \quad Q_{ads} = \frac{(C_0 - C_{eq})}{m} * V$$

- Q_{ads} : Quantité adsorbée (mg/g).
- C_0 : Concentration initiale (mg/l).
- C_{eq} : Concentration à l'équilibre (mg/l).
- M : Masse d'adsorbant (m)
- V : Volume de la solution (l)

Le rendement est donné par la relation suivante :

$$(2) \quad R(\%) = \frac{(C_0 - C_{eq})}{C_0} * 100$$

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Caractérisation physico chimique d'adsorbant

Le matériau étudié est caractérisé en déterminant sa masse volumique apparente ($\rho_{app} = 0.732 \text{ kg/L}$), sa masse volumique absolue ($\rho_{abs} = 1.293 \text{ Kg/L}$), ainsi que son taux d'humidité ($Th = 9.52\%$). Le dit matériau est aussi analysé par la thermogravimétrie (ATG) et la thermo différentielle (ATD) (Figure 1).

L'analyse de la courbe ATG montre que la décomposition thermique des CNAr est caractérisée par un phénomène endothermique de déshydratation au voisinage de 100°C avec une perte d'environ 8% en masse, aussi un phénomène exothermique de décarbonation (de 250°C jusqu'à 595°C) avec une perte en masse supérieure à 90%.

Etude de quelques paramètres influençant l'adsorption

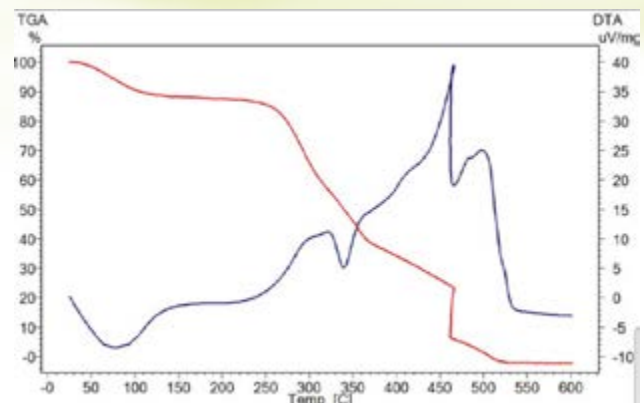


Figure 1. Les courbes ATD (rouge) et ATG (Bleu) du CNAr.

Effet de temps de contact

L'analyse des résultats obtenus montre que la quantité adsorbée augmente avec le temps d'agitation pour atteindre un palier qui traduit l'équilibre d'adsorption-désorption. Cet équilibre est atteint dès les 5 premières minutes avec une capacité d'adsorption ($Q_{ads} = 1.58 \text{ mg/g}$). La cinétique d'adsorption est initialement très rapide. Ce qui peut être expliqué par la disponibilité des sites actifs sur la surface de différents adsorbants. Ensuite elle devient plus lente jusqu'à atteindre l'équilibre après l'occupation de la majorité de sites par les ions de BM (Seip et al, 1986, Locke et al, 1997).

Nous choisissons dans la suite de travail un temps de contact d'une heure qui paraît suffisant pour atteindre l'équilibre.

Effet de granulométrie du broyat de l'adsorbant

L'analyse granulométrie du broyat de l'adsorbant montre qu'il est formé principalement de particules de diamètre comprise entre $500\mu\text{m}$ et 1mm .

Les résultats de l'étude de l'effet de diamètre des grains du broyat de l'adsorbant sur la quantité adsorbée du polluant le rendement d'adsorption sont représentés dans le tableau 1.

d(mm)	Q(mg/g)	%
0,315	1,89	88,65
0,1	2,10	98,52
0,08	2,10	98,66
0,05	2,12	99,45

Tableau 1: La quantité de BM adsorbée et le rendement de l'adsorption sur le broyat de CNAr en fonction de diamètre des grains. $m=4\text{g}$, $t=1\text{h}$, $C_i=128\text{mg/L}$, $T=22^\circ\text{C}$, $V=50\text{mL}$.

L'analyse de ces résultats montre que les meilleurs rendements sont obtenus pour les diamètres les plus faibles. Cela peut être expliqué par l'augmentation de la surface spécifique avec la finesse des grains.

Effet de masse d'adsorbant

Cette étude consiste à déterminer la masse optimale d'adsorbant que nous pouvons utiliser dans la suite de notre travail. Elle est réalisée en ajoutant des masses variables d'adsorbant à des solutions de BM de concentration massique $C_m = 128 \text{ mg/L}$ tout en gardant le volume de la solution fixé à 50 mL et la température à $T=24\pm 1^\circ\text{C}$. Les résultats obtenus montrent que le rendement d'adsorption de BM augmente avec la masse d'adsorbant mise en suspension dans la solution. La stabilisation est atteinte pour des valeurs proches de 4 g. Ainsi, cette masse paraît suffisante pour éliminer presque 100% de ce colorant. Elle sera donc utilisée dans la suite de ce travail.

Effet de concentration d'adsorbant

Dans le but d'étudier l'effet de la concentration de polluant sur l'adsorption des solutions de BM de différentes concentrations de 25 à 450 mg/L ont été préparées. A ces solutions nous avons ajouté 4g d'adsorbant et maintenu l'agitation pendant 1h à une température de $24\pm 1^\circ\text{C}$. Les résultats obtenus montrent une forte augmentation de la quantité adsorbée de BM avec la concentration jusqu'à de 250 mg/L et au-delà cette augmentation devient modérée.

Effet de température

Pour étudier l'effet de la température sur l'adsorption les mélanges sont soumis à une agitation magnétique pendant une heure à différentes températures (25 à

45°C). Les résultats obtenus montrent que dans le domaine de températures considérées ce paramètre a une faible influence sur l'adsorption.

Effet de pH

Il est judicieux de connaître l'efficacité d'adsorption à différents pH. Dans ce contexte nous avons étudié l'influence de ce paramètre sur l'adsorption du BM sur les CNAr. Cette étude est réalisée en ajustant le pH de la solution initiale, par ajout des gouttes de la soude NaOH (0.1N) et de l'acide nitrique HNO₃ (0.1N), avant la mise en contact avec l'adsorbant.

En analysant les résultats obtenus nous pouvons remarquer qu'une augmentation du pH a un effet positif sur l'adsorption. L'augmentation de la quantité adsorbée du B.M avec le pH peut être expliquée par le fait que l'ajout des cations H⁺ pour baisser le pH, entraîne la neutralisation de la charge négative du matériau, ce qui défavorise l'adsorption du BM cationique en milieu très acide. Par contre, quand le pH augmente il y a une diminution des cations H⁺, donc la charge de coquille est nettement négative ce qui favorise l'adsorption du BM.

Etude de la cinétique d'adsorption

50 ml d'une solution de concentration 128 mg/l en bleu de méthylène sont mises en contact avec 4g d'adsorbant dans différentes fioles. Les mélanges sont agités à une température $T=22\pm 1^\circ\text{C}$ pendant des temps bien déterminés. Les échantillons sont filtrés avec un filtre seringue. Les filtrats sont ensuite analysés par spectrophotométrie UV/visible. L'analyse des résultats obtenus montre que la réaction d'adsorption de BM sur CNAr suit une loi de 2ème ordre (figure 2b).

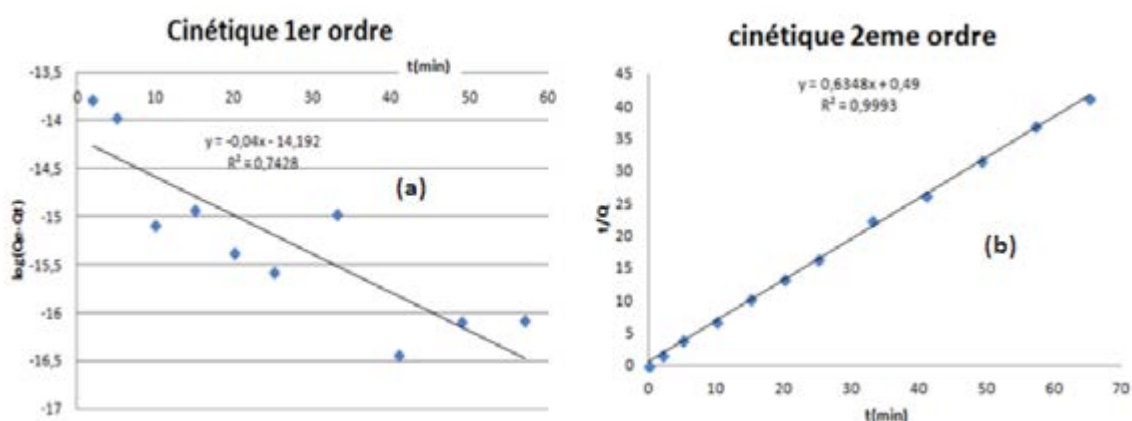


Figure 1 Modélisation de la cinétique d'adsorption de BM sur CNAr (a):1er ordre, (b): 2ème ordre

CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons étudié un matériau agroressource en l'occurrence: les coquilles de noix d'arganier CNAr, pour promouvoir d'une part une méthode simple rentable et efficace, capable de limiter la pollution engendrée par un colorant industriel: le bleu de méthylène (BM), et d'autre part, caractériser et valoriser le dit matériau.

L'étude expérimentale que nous avons menée comporte 3 aspects principaux :

- ***Caractérisation physico chimique***

Dans cette étude nous avons essayé de caractériser les CNAr broyé en déterminant sa granulométrie, sa masse volumique apparente, sa masse volumique absolue, et son taux d'humidité. Aussi nous avons réalisé une analyse thermique ATD et ATG.

- ***L'étude des paramètres influençant l'adsorption***

Dans cette étude nous avons étudié l'effet de quelques paramètres influençant l'adsorption a savoir : la granulométrie d'adsorbant, le temps d'agitation, la température, et l'effet de concentration.

- ***L'étude de la cinétique***

L'analyse des résultats obtenus montre que la réaction d'adsorption de BM sur les CNAr suit une loi de 2ème ordre

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Elbariji. S, 2007, Traitement et valorisation des matériaux cellulosiques naturels. Application à l'extraction des métaux lourds et des colorants industriels, Thèse de Doctorat Faculté des Sciences Agadir.

Locke M.A., Gaston L.A., Zablotowicz R.M. , 1997, J. Agric. Food Chem., 45: 286-293.

Seip H.M., Alstad J., Carlberg G.E., Martinser K., Skaane R. 1986 , Sci. Total. Environ., 50: 87-101.

Analyse de la filière Arganier dans la zone de Souss-Massa

Elame F.¹, Erraoui L.²

¹Institut National de la Recherche Agronomique, Agadir

²Université Ibn Zohr, Agadir

RESUME

Dans le contexte actuel de la mondialisation et de l'expansion des marchés structurés, le renforcement et la globalisation des chaînes valeurs ont entraîné de nouvelles contraintes pour les producteurs, notamment, les petits producteurs. Le présent travail vise dans un premier temps, la description de l'évolution de la chaîne de valeur 'Arganier' au Maroc et son développement. Ce développement ne va pas sans conséquence, non seulement sur le comportement d'une catégorie de consommateur, mais également sur les fournisseurs situés en amont de la filière. Vu le rôle vecteur que peut jouer la grande distribution sur une filière donnée. Nous avons constaté qu'elle peut avoir un effet restructurant du secteur en général et le petit producteur en particulier. En effet, celle-ci est obligée de répondre à ses exigences et d'entretenir des relations commerciales bien définies basées sur un contrat ou un cahier de charge très précis qui nécessite une technologie, des ressources humaines et financières. D'autre part, les possibilités d'intégration des producteurs de l'huile d'Argan apparaissent énormes à travers les coopératives du secteur artisanal, semi mécanisé, du secteur mécanisé et à travers aussi les unions des coopératives et groupements. La mise en valeur du secteur doit être menée dans le cadre d'une stratégie intégrée, qui permettra de garantir un développement sain du secteur en veillant en premier à une répartition équilibrée et équitable des valeurs ajoutées créer tout au long de la chaîne de valeur de la filière arganière.

Mots clés : Mondialisation, Marché, Arganier, chaîne de valeur, petit producteur, coopérative

ABSTRACT

In the current context of globalization and the expansion of structured markets, strengthening and globalization of markets have led to new constraints for producers and particularly the small ones. Firstly, this work gives a description of the evolution of the 'Argan' value chain in Morocco and shows their expansions and also analyzes the constraints to their development. This development has of course many consequences on the behavior of some consumers and also on suppliers at the upstream of the value chain. Given the role of the organized market, we found that it may have an impact on reforming the Argan sector business in general and small producers in particular. Indeed, it forces to meet its requirements and maintain well-defined business relationships based on a contract or a list of very specific criteria that requires technology, human and financial resources. On the other hand, the integration opportunities of Argan oil producers are very important, within artisanal sector cooperatives, semi mechanized and mechanized sector and also through the union of cooperatives 'GIE'. The Argan sector Development should be conducted through an integrated strategy that will ensure a strong development of the sector by ensuring an equitable distribution of the value added created throughout the value chain of Argan.

Keywords : Globalization, Market, Argan value chain, small farmer, cooperative

INTRODUCTION

Le présent travail de recherche, réalisé au niveau de la zone d'action du Souss-Massa, s'inscrit dans le cadre des orientations du plan Maroc vert pilier II qui vise l'accompagnement solidaire de la petite agriculture et favorise une meilleure productivité, une plus grande valorisation de la production, une pérennisation

du revenu agricole et une promotion des produits du terroir. En effet, la filière Arganier a créé une très grande dynamique au niveau de la zone et constitue une richesse pour la population locale. L'arganeraie présente un grand intérêt socio-économique car c'est un arbre à usages multiples et qui assure la subsistance de quelques 3 millions de personnes: le bois est utilisé comme combustible, les feuilles et les fruits constituent

un fourrage pour les caprins et les camelins et l'huile extraite de l'amande est utilisée en cosmétique et en alimentation humaine. Par ailleurs, L'arganeraie constitue un rempart biologique de lutte contre la désertification. Son écosystème assure la protection du sol contre l'érosion éolienne et contre le ruissellement favorisant ainsi l'alimentation en eau des nappes phréatiques.

MATERIELS ET METHODES

Un questionnaire filière a été établi. Ce questionnaire cible dans sa première partie l'amant de la filière, autrement dit les agriculteurs et les coopératives arganières. Le deuxième bloc de questions du questionnaire s'intéresse plus au conditionnement et à la commercialisation des sous-produits de l'arganier (Groupement, union, société privée).

Le choix des sites et des coopératives a été fait selon des critères précis afin de permettre une représentativité de tous les modes de production et de valorisation de l'arganier.

Des enquêtes ont été établies à cet effet auprès des agriculteurs, coopératives et Groupements d'intérêt économique. Ce diagnostic a permis de dégager les performances, les faiblesses, les opportunités et les menaces du secteur à travers une analyse SWOT. Dans cette première partie, nous allons se limiter à la commercialisation des produits de l'arganier.

La grande majorité de la production d'huile d'argan passe par le biais des coopératives féminines d'huile d'argan. Cette huile dont les vertus sont connues dans le monde entier obéit à des processus de production et des circuits de commercialisation bien identifiés. Ci-dessous un schéma qui représente le circuit de commercialisation de l'huile d'Argan.

RESULTATS

L'arganier est un arbre de grand intérêt socio-économique pour le Sud-Ouest marocain. Il joue un rôle important dans la vie rurale puisqu'il conditionne la plupart des activités agricoles et pastorales. L'arganier procure aux usagers un revenu non négligeable par ses

Faiblesses

- Organisations peu développées en matière de commercialisation et Concentration insuffisante
- Coût certification élevé
- Manque de dialogue entre les coopératives
- Développement des signes de qualité entraîne un encombrement du marché par juxtaposition et chevauchement.
- Vente direct faible suite à la non maîtrise du conditionnement, packaging
- Manque d'expérience vis-à-vis du marché international : exportation et ses formalités (marchés, lois, normes)

Forces

- L'Arganier est une espèce endémique du Maroc
- Produit de qualité IGP reconnue qui garde son origine géographique, son caractère typique et son identité pour le différencier.
- Mise en place des normes nationales reposant sur un cahier des charges exigeant et un contrôle rigoureux sur toute la chaîne.
- La zone du Souss a été reconnue comme la région par excellence de la production « bio » au Maroc.
- Création de Groupement pour renforcer le circuit de commercialisation

Opportunités

- La région du Souss abrite les seules forêts d'arganiers existants au monde.
- Demande croissante de l'huile d'argan en général (consommation)
- Récupération d'autres usages que l'emploi alimentaire
- Produit de haute valeur ajoutée et une demande croissante des produits bio sur Marché
- Renforcement du circuit de commercialisation par le développement du tourisme solidaire et du Commerce équitable
- Possibilité de bénéficier des contrats fournisseurs – acheteurs avec des termes bien définis.

Menaces

- Flambée des prix sur le marché mondial entraîne la recherche de produit de substitution
- Faible capacité d'adaptation du secteur agro-alimentaire aux crises commerciales
- Régression et dégradation de la forêt arganière en termes de superficie et de densité
- Manque/ faible collaboration entre les principaux acteurs concernées
- Libéralisation des marchés agricoles et plus forte concurrence sur le marché international.

productions d'huile, de fourrage et de bois, en plus des cultures sous-forêts. L'arganier offre du bois pour le chauffage, le charbon et sert également à fabriquer des ustensiles et outils pour usage familiaux ou agricoles. Une analyse des forces et des faiblesses a été établie et dont les résultats sont représentés au niveau du tableau ci-dessus. L'analyse de l'amont de la filière montre qu'il y a un grand manque à gagner au niveau du maillon de la chaîne d'approvisionnement en fruit et en amandons. En effet, cette analyse a montré que plusieurs intermédiaires interviennent au niveau de l'amont de la filière surtout la partie entre la collecte et l'approvisionnement au niveau des coopératives ce qui influence directement le prix de la matière première. Au niveau de l'aval de la filière, il serait opportun de développer le marketing de ces produits en cherchant d'autres circuits de commercialisation. D'autre part, l'interdiction de l'exportation du vrac et de l'amandon serait le seul moyen pour sécuriser la production nationale et garantir une meilleure valeur ajoutée pour les coopératives arganières.

CONCLUSION

L'analyse de la filière de l'arganeraie a permis d'identifier plusieurs voies d'amélioration et d'actions à entreprendre pour une meilleure organisation des coopératives de production de manière particulière et le secteur de manière générale. Cette analyse a montré aussi que plusieurs intermédiaires interviennent au niveau de l'amont de la filière, en particulier, la collecte et l'approvisionnement en matière première ce qui influence les prix de l'huile sur le marché. Au niveau de l'aval de la filière, il serait opportun de développer le marketing des produits de l'arganier en cherchant d'autres circuits de commercialisation. D'autre part, l'interdiction de l'exportation du vrac et de l'amandon serait le seul moyen pour sécuriser la production nationale et garantir une meilleure valeur ajoutée pour les coopératives arganières. Finalement, le renforcement des groupements d'intérêts économiques serait un choix judicieux puisqu'ils ont pour objectifs la défense des intérêts des producteurs, la promotion de l'huile d'Argan, la diffusion de l'information, l'amélioration de l'image du produit, et facilite l'adhésion à des marchés qui demandent des investissements à des coûts élevés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agence de développement social, 2005. Étude du marché de l'argan, Projet d'Appui à l'amélioration de la situation de l'emploi de la femme rurale et gestion durable de l'Arganeraie dans le Sud-Ouest du Maroc.

Agence de développement social, 2006. Étude de

qualité des huiles d'argan au Maroc, rapport final, Décembre 2006.

Agence de développement social, projet arganier 2002. Étude de faisabilité pour la création d'un groupement supplémentaire.

Alifiriqui M., 2004. L'écosystème de l'arganier.

Benchekroun F., 2011. Évaluation des Biens et Services de l'écosystème forestier et du capital forestier naturel de l'Arganeraie. Congrès International sur l'Arganier Acquis et perspectives de recherche scientifique. Agadir, Décembre 2011

Charrouf Z., 2002. L'huile d'argan, une prodigieuse vitalité née aux portes du désert, espérance médicale, tome 9, n° 87.

Chriqi A, et all., 2003. Direction provinciale de l'agriculture d'essaouira, terre et vie n° 70-71, l'huile d'argan : un produit de terroir, quelle stratégie pour sa valorisation.

Fellahi S., 2005. Les produits alimentaires de terroirs au Maroc : état des lieux et stratégies de valorisation.

Larbi A., Marc M. et Allali K., 2013. Effets de la marchandisation de l'arganier sur la vie socioéconomique des populations de l'arganeraie marocaine. Volume 13_Numéro 1, avril 2013.

Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime, 2012. L'agriculture marocaine en chiffre.

Nouaïm et R., et all 2007.. Contribution à la domestication de l'arganier pour la production d'huile. Cahiers Agricultures vol. 16, n° 3, mai-juin 2007.

Ottmani N., 1995. La problématique de l'arganier, Etudes sur l'arganier et la lutte contre la désertification au Maroc, Haut Commissariat des Eaux et Forêts.

Tozanli S., et all., 2003. L'émergence du capitalisme agroalimentaire dans les pays méditerranéens.

Valorisation du potentiel antifongique par un screening des huiles essentielles des plantes médicinales et aromatiques de l'aire de l'arganeraie vis-à-vis des candidoses nosocomiales émergentes

Asdadi A.¹, Moutaj R.², El Hadek M.³, Idrissi Hassani L.M.¹

¹Laboratoire de Biotechnologies Végétales, Equipe Planta Sud, Faculté des Sciences d'Agadir, Université Ibn Zohr, B.P 28/S, Agadir, Maroc

²Faculté de Médecine et de Pharmacie de Rabat, Chef du service de Parasitologie et Mycologie du laboratoire de L'Hôpital Militaire Avicenne, Marrakech 40 000. Maroc

³Laboratoire de Génie des Procédés, Faculté des Sciences d'Agadir, Université Ibn Zohr, B.P 28/S, Agadir, Maroc.
 Email : asdadiali@gmail.com

RESUME

L'arganier se localise essentiellement dans le sud-ouest du Maroc, sous son ombre, un micro écosystème original constitué des plantes médicinales et aromatiques (PAM) et caractérisé par un endémisme extraordinaire dont fait partie *Lavandula dentata* L..

Pour préserver l'arganeraie et valoriser son écosystème adjacent, notre étude vise à valoriser les huiles essentielles (HE) de la lavande denté, en étudiant l'activité antifongique de ces HE sur des espèces de *Candida* isolés cliniquement chez des patients atteints de candidoses nosocomiales, en le comparant à celui de deux médicaments antifongiques classiques : le Fluconazole et l'Amphotéricine B. En effet Les candidoses nosocomiales émergentes, constituent un enjeu majeur pour les professionnels de la santé, par leur mauvais pronostic et leur résistance aux antifongiques classiques utilisées dans la pratique actuelle des hôpitaux.

La CMI a été déterminée par la méthode de macro dilution en bouillon de culture en accords avec les directives de NCCLS, M38P pour les levures. Les résultats obtenus sont très probants en effet l'activité antifongique des HE est importante avec une CMI de 0.008 mg/ml contre toutes les espèces de *Candida albicans* et une CMI de 0,01 mg/ml contre toutes les espèces de *Candida* non *albicans* étudiées trouvées résistantes au Fluconazole.

Mots clés : L'arganeraie, *Lavandula dentata* L., huile essentielle, activité antifongique, *Candida*

ABSTRACT

The argan tree localized mostly in the southwest of Morocco, under its shade, original micro-ecosystem of medicinal and aromatic plants (MAP) and characterized by an extraordinary endemism whose forms part *Lavandula dentata* L. To preserve the argan forest, and develop its surrounding ecosystem, our study aims to valorising the essential oils (EO) of the *Lavandula dentata* L, studying the antifungal activities of these EO on *Candida* species clinically isolated from patients with *candidiasis nosocomial*, comparing it to that of two conventional antifungal drugs: amphotericin B and Fluconazole. Indeed Emerging nosocomial candidiasis is a major issue for health care professionals by their poor prognosis and resistance to conventional antifungal agents used in the current practice of hospitals.

The MIC was determined by the method of macro dilution broth in agreement with the guidelines of NCCLS M38P for yeasts. The results are very convincing indeed the antifungal activity of Essential oil is important with an MIC of 0.008 mg/ml against all *Candida albicans*, and with an MIC of 0,01 mg/ml against all non *albicans* *Candida* species studied found resistant to fluconazole.

Keywords: argan forest, *Lavandula dentata* L., Essential oil, antifungal activity, *candidi*

INTRODUCTION

L'arganeraie, offre la cohabitation d'un grand nombre de plantes dont certaines offrent d'importantes potentialités pouvant être exploitées dans l'immédiat comme plantes aromatiques et /ou médicinales dont notre plante *Lavandula dentata* L., Trouvée en particulier dans l'arganeraie de montagne, sur substrats calcaires et siliceux (Benabid 2000). Cette plante doit bénéficier d'un plan d'exploitation qui pourra développer considérablement sa potentialité et la valoriser en vue d'un développement durable dans le sud du Maroc. *Lavandula dentata* L. est très utilisée en médecine traditionnelle maghrébine. Ses inflorescences, sont plus riches en composés aromatiques (linalol, acétate de linalyle, lavandulol, carvone, etc.) que le reste de la plante. (Bellakhdar 2006). La plante renferme une huile essentielle de composition variable selon le lieu de récolte mais contenant principalement du camphre du 1,8-cinéole, de l'alcool fenchylique, du transpinocarvéol, du bornéol, du linalol, de l'acétate de linalyle, du lavandulol, du myrténol, du limonène, de la carvone. La plante contient aussi des coumarines (herniarine, ombelliférone); des acides ursolique et bétulique. (Bellakhdar 2006).

Dans cette optique, nous avons voulu valoriser cette plante en étudiant l'activité antifongique de ses huiles essentielles in vitro contre les espèces de *Candida* isolées chez des patients atteints de candidose nosocomiale : *Candida albicans*, *Candida glabrata*, *Candida krusei* et *Candida tropicalis* et également l'effet de deux antifongiques classiques : le Fluconazole et l'Amphotéricine B contre ces mêmes espèces de *Candida*, qui sont responsables des infections nosocomiales fongiques et émergentes qui sont un enjeu majeur pour les professionnels de la santé par leur mauvais pronostic (Anane and Khalfallah 2007; Pihet and Marot 2013), et aussi par leur résistance aux antifongiques classiques utilisées dans la pratique actuelle des hôpitaux (Develoux and Bretagne 2005; Dannaoui 2013). Malgré les progrès thérapeutiques marqués par l'émergence de nouvelles molécules antifongiques à coût de prise en charge élevé (Toubas 2013), le taux de mortalité par ces infections est toujours autour de 50% (GRANIER 2000; Poulain 2000; Eggimann P 2002; Mishra, Singh et al. 2010). Donc ces inconvénients justifient bien la recherche de nouvelles approches thérapeutiques telles que l'utilisation des huiles essentielles comme antifongiques, ces huiles essentielles doivent bénéficier d'études approfondies afin de tester et prouver leurs activités antifongiques in vitro et in vivo, et valoriser l'aire de l'arganeraie Marocaine.

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel végétal

La plantes fraîches : *Lavandula dentata* L. a été recueillie à partir de plusieurs régions de Souss-Massa Draa Valley, Agadir, au Maroc, entre Mars et Avril 2012. L'espèce a été identifiée par les soins du Professeur Msanda Fouad et a été déposé dans l'herbier du laboratoire de Biotechnologie végétale, équipe Planta Sud, Faculté des sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc. Des échantillons de la plante ont été nettoyés, séchées à l'air libre, à la température ambiante et à l'ombre. L'huile essentielle a été isolée par hydrodistillation pendant 4 heures à partir de la plante séchée, utilisant un appareil type Clevenger, selon la procédure décrite dans la Pharmacopée européenne (Anonymous. 1975; Council of Europe 1997), l'huile essentielle obtenue a été pesé et stockée à 4°C dans un flacon brun scellé jusqu'à utilisation.

2. Matériel fongique

Notre choix a été fondé essentiellement sur les espèces les plus fréquemment responsables des candidoses et qui sont connues par leurs résistances aux antifongiques commerciaux et qui sont : 3 souches de *Candida albicans*; 1 souche de *Candida glabrata*; 1 souche de *Candida krusei* et 1 souche de *Candida tropicalis*; Toutes les espèces de *Candida* ont été cliniquement isolées des patients infectés au laboratoire de parasitologie mycologie et bactériologie-hôpital militaire Avicenne de Marrakech, Maroc. Sur gélose de Sabouraud-chloramphénicol et identifié par le test du tube germinatif, API 20 C AUX (Bio-Mérieux, Marcy-l'Etoile, France) selon les recommandations du fabricant et chromogène CandiSelect moyen 4 (Bio-Rad, Marnes-la-Coquette, France). Pour cette expérience, toutes les souches isolées ont été testées et les cellules de levure ont été récoltées à partir de dextrose agar Sabouraud additionnée de chloramphénicol, et ensuite comptés et leur densité ajustée en glucose sérique stérile 5% de 2.16×10^5 cellules / ml à 5.22×10^5 Cellules / ml avec la Cellule de Malassez pour chaque répétition.

3. Antifongiques classiques

Les médicaments utilisés sont actifs habituellement contre les infections fongiques comme celles appartenant à la famille des imidazolés, ici le fluconazole et ceux appartenant à la famille des polyènes, ici l'amphotéricine B. Ces agents antifongiques sont dissous dans 2 ml de DMSO à 10% pour donner les solutions mères suivantes: Fluconazole 75 mg / ml et Amphotéricine B 33 mg / ml.

4. Test de sensibilité antifongique

Les tests de sensibilité in vitro ont été mené selon la méthode de Macro-dilution en bouillon liquide de sabouraud selon les directives de CLSI M38P; NCCLS pour déterminer la concentration minimale inhibitrice (CMI) pour les levures (NCCLS 2002). La suspension fongique a été utilisée pour inoculer les tubes du groupe de test. Les groupes d'essai ont été préparés avec 1 ml de milieu contenant 10 µl de diméthylsulfoxyde (DMSO) à 10% dont la concentration finale ne dépasse jamais 2%, et 200 µl de chaque suspension des souches de levures ajustée précédemment. 10 µl de l'huile essentielle de *Lavandula dentata* L. (820 mg / ml), 10 µl de Fluconazole (75 mg / ml) et 10 µl de l'Amphotéricine B (33 mg / ml) ont été respectivement ajoutés aux tubes contenant le milieu de culture dans les groupes d'essai , puis en ajoutant une quantité suffisante de glucose à 5% pour atteindre un volume final de 1 ml pour avoir des dilutions en série et le gradient de concentration est établi de la manière suivante : l'huile essentielle *Lavandula dentata* L 8,2 mg / ml à 0,004 mg / ml, Fluconazole de 0,75 mg / ml à 0,09375 mg / ml et Amphotéricine B de 0,33 mg / ml à 0,04125 mg / mL. Les tubes à essai ont été incubés à 37°C sous agitation pendant 48 heures, et les CMI ont été déterminées. La CMI a été définie comme la plus faible concentration de l'huile essentielle au cours

de laquelle le micro-organisme n'a pas démontré une croissance visible. La croissance des micro-organismes est évaluée en comptant à la Cellule de Malassez pour chaque répétition.

Pour déterminer la concentration minimale fongicide (MFC), des aliquotes (20 µl) de bouillon ont été prélevés à partir de la lecture négative de chaque tube dont la CMI a été déterminée, et cultivée après dans des boîtes de gélose de Sabouraud (SDA) stériles et incubées à 37°C pendant 48 h. La MFC a été définie comme la plus faible concentration de l'huile au cours de laquelle le micro-organisme a été mis en incubation est complètement détruite. Les antifongiques classiques Fluconazole et Amphotéricine B ont été utilisés comme contrôles positifs. Pour chaque souche testée, les conditions de croissance et la stérilité du milieu ont été vérifiées dans les deux tubes de contrôle. La sécurité de DMSO a également été vérifiée à la concentration la plus élevée testée. Toutes les expériences sont réalisées en triple et répétées si les résultats sont différents.

RESULTATS ET DISCUSSION

Détermination de la concentration minimale fongicide (CMF) de l'huile essentielle de *Lavandula dentata* L. l'activité de l'huile essentielle active sur les souches de *Candida* testées est de nature fongistatique. Nous

Tableau 1. La concentration minimale inhibitrice (CMI) de l'huile essentielle de *Lavandula dentata* L.

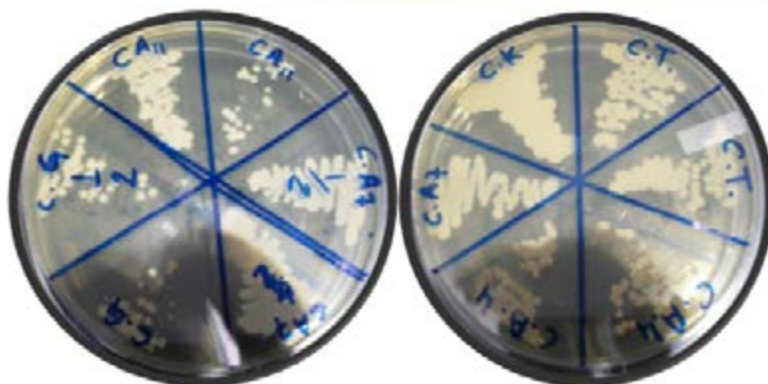
CMI en mg/mL	<i>Candida albicans</i>	<i>Candida glabrata</i>	<i>Candida krusei</i>	<i>Candida tropicalis</i>
HE Ld	0,008	0,01	0,01	0,01
AmB	2,08	1,25	0	0
FLC	R	R	0,2	R

HE Ld : huile essentielle de *Lavandula dentata* L. ; AmB : Amphotericine B ; FLC : Fluconazole ; R : résistant

Tableau 2. La moyen de la concentration minimale inhibitrice(CMI) de l'huile essentielle contre *Candida albicans* et *Candida non albicans*

CMI en mg/mL	HE Ld	AmB	FLC
<i>Candida albicans</i>	0,008	2,08	R
<i>Candida non albicans</i>	0,01	0,42	R

Figure 1: Détermination de la concentration minimale fongicide (CMF).



l'avons prouvé expérimentalement en repiquant par une anse de platine stérile le bouillon dans les tubes inhibés totalement par l'huile essentielle (ou aucune pousse n'est visible), sur des boîtes de Pétri contenant du milieu de culture de Sabouraud-chloramphénicol-Actidione (SCA) stérile. Après 24h d'incubation à 37°C, toutes les levures inhibées précédemment à 100% ont pu repousser en milieu SCA Stérile.(Figure 1).

L'activité antifongique in vitro de l'huile essentielle a été étudiée contre 6 souches cliniques d'espèce *Candida*. La valeur de CMI est rapportée dans le tableau 1. Les résultats ont montré que l'huile essentielle a été active contre toutes les souches testées. Pour les souches de *C. glabrata*, *C. krusei* et *C. tropicalis* les valeurs de CMI (0,01mg / mL) étaient similaires. Pour les souches de *C. albicans*, la CMI est de (0,008mg/ml) valeur inférieure à la CMI des souches de *Candida* non *albicans*.

En comparant l'activité de l'huile essentielles de *Lavandula dentata* L. à celle des antifongiques classiques: le Fluconazole et l'Amphotéricine B, nous avons noté que les CMI sont plus élevées avec les antifongiques classiques qu'avec l'huile essentielle testée. Les souches des espèces de *Candida* sujet de notre étude sont résistantes au Fluconazole et présentent les plus hautes CMI. Il ressort des résultats que l'huile essentielle pure de *Lavandula dentata* L. étudiée représente une activité antifongique très forte par rapport aux antifongiques classiques. Cette activité reste nette même pour les souches découvertes résistantes aux antifongiques classiques.

CONCLUSION

Sur la base de ces résultats, on peut conclure que l'huile essentielle de *Lavandula dentata* L. possède une activité anti-*Candida* in vitro. Ces résultats appuient l'utilisation

traditionnelle de l'huile essentielle de *Lavandula dentata* L. pour ces capacités antimicrobiennes (Bellakhdar 1997), et il pourrait être considéré comme une sorte de nouvelle espoir pour la lutte antifongique et constituerait un intérêt social et économique des régions du Sud du Maroc.

REFERENCES

- Anane, S. and F. Khalfallah (2007). "Biological diagnosis of systemic candidiasis: difficulties and future prospects." *Pathologie-biologie* 55(5): 262-72.
- Anonymous. (1975). *European Pharmacopeia*. Sainte-Ruffine, France.
- Bellakhdar, J. (1997). « Contribution à l'étude de la pharmacopée traditionnelle au Maroc : La situation actuelle, les produits, les sources du savoir. Enquête ethnopharmacologique de terrain réalisée de 1969 à 1992 ». Tome II, thèse de doctorat soutenu à l'université de Metz, 739-740, l'université de Metz.
- Bellakhdar, J. (2006). *Plantes médicinales au Maghreb et soins de base, Précis de Phytothérapie Moderne*. Maroc.
- Benabid, A. (2000). *Flore et écosystème du Maroc : évaluation et préservation de la biodiversité*, Ibis Press, Paris.
- Council of Europe (1997). *European Pharmacopoeia*. D. 3rd ed.
- Dannaoui, É. (2013). "Résistance des *Candida* aux antifongiques : détection et mécanismes." *revue francophone des laboratoires* 2013(450): 71-77.
- Develoux, M. and S. Bretagne (2005). "Candidiasis and yeast infections." *EMC - Maladies Infectieuses* 2(3): 119-139.

- Eggimann P, P. D. (2002). "Candidoses invasives en réanimation." *Réanimation*11(3): 209-221.
- GRANIER, F. (2000). "Les infections fongiques invasives: Epidémiologie et nouvelles thérapeutiques." *La Presse médicale*29(37): 2051-2056.
- Mishra, B. B., D. D. Singh, et al. (2010). "Antifungal constituents isolated from the seeds of *Aegle marmelos*." *Phytochemistry*71(2-3): 230-4.
- NCCLS, N. C. f. C. L. S. (2002). "Reference Method for Broth Dilution Antifungal Susceptibility Testing of Filamentous Fungi." Approved Standard M38-A, Wayne, PA.
- Pihet, M. and A. s. Marot (2013). "Diagnostic biologique des candidoses." *revue francophone des laboratoires*2013(450): 47-61.
- Poulain, D. (2000). "Physiopathologie et diagnostic des candidoses systémiques. ." *Lett Infectiologue*90(15): 182.
- Toubas, D. (2013). "Epidémiologie des candidoses invasives." *Revue Francophone des Laboratoires*2013(450): 27-36.

Etude de l'effet de la maturité des fruits d'Argane *Argania Spinosa* (L.) Skeels sur la quantité et la qualité de l'huile

Fahimi J.¹, Bouzoubaâ Z.², El Antari A.³

¹ Stagiaire en Master

² Maître de Recherche en Biotechnologie Végétale /INRA/CRRA/Agadir

³ Directeur de Recherche en Biotechnologie des huiles Végétales /INRA /CRRA/Marrakech

RESUME

L'arganier *Argania Spinosa* (L.) Skeels, est le seul représentant du genre *Argania* de la famille des sapotacées ; c'est une espèce endémique du Sud Ouest du Maroc qui est agro-silvo-pastorale. C'est également un arbre forestier qui joue des rôles écologique et socio-économique importants. De l'amandon de son fruit, on extrait une huile connue par ses propriétés diététique, cosmétique et médicinales. L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de la maturité des fruits sur la quantité et la qualité de l'huile extraite des graines de plusieurs écotypes dans trois sites de l'arganeraie. Ce qui pourrait contribuer à l'exploitation efficace de cette ressource et d'obtenir un produit de qualité.

Les résultats obtenus ont montré qu'à la deuxième date de collecte, les fruits ont été plus mûres, et que les quantités de l'huile obtenues en g d'huile par 10g de Poids de Matière Sèche (PMS) d'amendons sont significativement plus importantes. La qualité de l'huile représentée par deux paramètres qui sont l'acidité et l'absorbance a également été significativement plus importante pour les huiles extraites en deuxième date et ce pour tous les sites d'étude. L'analyse de variance à deux critères de variation des moyennes obtenues par le test de Numan-Student et Keuls à un seuil de 5% a montré des différences significatives entre les dates de collecte pour la quantité ainsi que les deux paramètres de qualité de l'huile des arbres.

Mots clés : Arganier ; Quantité et Qualité de l'huile ; Maturité des fruits.

ABSTRACT

The argan tree *Argania Spinosa* L.Skeels, is the only representative of the genus *Argania* the Sapotaceae family, and is an endemic of southwestern Morocco. Used in forestry to ensure indispensable ecological and socio-economic roles, also bears fruit that is extracted from its amandon the Argan oil, known for its dietary cosmetic and medicinal properties.

The objective of the work was the study of the effect of fruit's maturity on the quality and the quantity of the oil extracted from seeds of several ecotypes in three sites of the argan forest. In order to be used to help in an efficient exploiting of this resource and to increase the quality product. The results showed that fruit maturity increased the amount of oil, and provided it a good quality by improving acidity and absorbance of it in all studied sites.

Keywords : Argan, fruit's ripening, quality and quantity of oil.

INTRODUCTION

Les principales propriétés biologiques de l'arganier sont intimement liées à son huile (Charrouf & Guillaume, 1998) ; Par conséquent, et vue les nombreux bienfaits qu'offre ce produit, sa demande est devenue de plus en plus importante d'où la nécessité de sa protection, sa sauvegarde et sa mise en valeur par, la préservation de

l'arbre dans son écosystème et la valorisation de son huile en visant une production importante et de bonne qualité.

La qualité est définie comme étant l'ensemble des caractéristiques chimiques, physiques et sensorielles, permettant de classer l'huile en différentes catégories (COI 2010). L'acidité et l'extinction spécifique ou

l'absorbance présentent l'aspect le plus important pour désigner la qualité. Au cours du stockage, l'huile peut s'altérer et son acidité augmente suite à la libération d'acides gras par hydrolyse des triglycérides. (Mahjoubb et al, 2006 ; Gharby et al, 2011).

L'oxydation d'une huile aboutit à une dégradation en chaîne des acides gras insaturés par l'oxygène atmosphérique sous l'effet de différents facteurs exogènes et endogènes initiateurs, accélérateurs ou retardateurs, conduisant à des produits oxydés volatils ou non (Rossignol-Castera, 2006); la poursuite de l'oxydation induit la formation des produits secondaires d'oxydation, en particulier des dicétones et des cétones insaturées qui absorbent la lumière vers 270 nm (Tanouti, Elamrani et al, 2010), ce qui permet un examen spectrophotométrique dans l'ultraviolet, évaluant donc l'absorbance qui peut fournir des indications sur la qualité d'une matière grasse, sur son état de conservation et sur les modifications dues aux processus technologiques, selon le Conseil Oléicole International (COI 2010).

MATERIEL ET METHODES

1. Préparation du matériel végétal :

L'étude d'effet de la maturité des fruits d'argane sur la quantité et la qualité de l'huile est portée sur des fruits d'argane collectés dans 3 sites (figure 1) à raison de huit arbres par site, en deux dates fin janvier et début de mars 2012.

Après séchage des fruits, qui a duré de 20 à 28 jours, dépulpage, et concassage les noix, les amandons sont récupérées, broyées les plus fin possibles et placées dans l'étuve à 44°C pendant 12 heures pour se débarrasser de toute trace de l'eau.

2. Extraction de l'huile :

L'extraction de l'huile est faite par la méthode de soxhlet en utilisant l'hexane comme solvant d'extraction pour solubiliser l'huile contenu dans la poudre des amandes broyées. (Mountasser et El hadeq, 1999) à l'ordre de 10 grammes de l'échantillon et 190 ml de l'hexane.

3. L'extinction spécifique :

Il s'agit des lectures spectrophotométriques des échantillons préparés.

Pour préparer un échantillon, à l'aide d'une balance de précision et une micropipette, 0,1 gramme de l'huile extraite est pesé, à qui 5 ml de cyclohexane est ajoutée, puis la lecture au spectrophotomètre à 270 nm est procédée.

4. Acidité

La manipulation consiste à déterminer l'indice d'acide de l'huile par titrage acido-basique d'une quantité connue de cette huile dissoute dans l'éther éthanolique en présence de phénolphthaléine.

Après préparation de la burette en la remplissant avec la potasse alcoolique et ajustement du zéro, un gramme de l'huile de chaque échantillon puis un mélange de 10 ml d'éther et 10 ml d'éthanol est ajouté ; Ensuite 3 à 4 gouttes de phénolphthaléine, comme indicateur coloré, sont ajoutées. Après, tout le mélange est sur l'agitateur magnétique pour le dosage par KOH à 0,0854 N. Le dosage est arrêté quand la couleur du mélange tend vers la couleur rose violacée. L'acidité est donnée par la formule :

$$\frac{(V(KOH) \times \text{Normalité de KOH} \times \text{MM de KOH})}{\text{La pesée}} / 2$$

RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus ont montré qu'à la deuxième date de collecte, les quantités de l'huile extraites sont plus importantes que pour la première date (figure 2).

Les valeurs de l'acidité des différents échantillons de l'huile varient entre 0.24 à 1.07, et les valeurs d'extinction spécifiques s'étendent de 0.057 à 0.432 conformément à la norme marocaine, cela est probablement dû aux conditions rigoureuses de collecte et de conservation jusqu'à analyse, mais aussi au génotype concerné et particulièrement à sa précocité en fructification (Tableau 1). L'analyse de variance à deux critères de variation des moyennes obtenues par le test de Numan-Student et Keuls à un seuil de 5% a montré une différence significative entre la date de collecte et la quantité de l'huile, ainsi qu'entre la date de collecte et les deux paramètres de qualité (Tableau 2).

CONCLUSION

Cette étude, nous a permis de conclure d'une part que la maturité du fruit augmente la quantité de l'huile (dans nos conditions de date de collecte), et d'autre part elle assure la bonne qualité de l'huile. Elle nous a permis de mettre en évidence la variabilité existante entre les différentes descendance en ce qui concerne la quantité de l'huile ce qui pourrait servir à la sélection des arbres plus.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Charrouf Z, & Guillaume D 1998. Ethnoeconomical, Ethnomedical, and Phytochemical Study of *Argania spinosa* (L.) Skeels: A Review 67 : 7-14.

COI 2010 : le Conseil Oléicole International COI/T.20
 Doc. N° 19/Rév. 3.

Gharby S, Harhar H, Kartah B, El monfalouti H, Haddad A et Charrouf Z 2011. Analyse chimique et sensorielle de l'huile d'argane. LES TECHNOLOGIES DE LABORATOIRE - 2011, Volume 6, N° 22.

Mahjoub F, Manai H, Daoud D, Fernandez X, Lizzani-Cuvelier L, Zarrouk M 2006. Profiles of volatile compounds from some monovarietal Tunisian virgin olive oils. Comparison with French PDO. Food Chemistry, Vol. 103, Issue 2, p: 467-476.

Mountasser A et El hadek M 1999. Optimisation des facteurs influençant l'extraction de l'huile d'argan par une presse, Oléagineux, Corps Gras, Lipides. Volume 6, Numéro 3, 273-9, Mai - Juin 1999, Fiche technique.

Rossignol-Castera A 2006. Colloque Sécurité et Qualité des Aliments Oxydation et Rancissement des matières grasses ; Conséquences sur la qualité nutritionnelle et la durée de vie des produits alimentaires, ITERG-Expertise corps gras p : 6 (52).

Tanouti K, Elamrani A, Serghini-Caid H, khalid A, Bahetta Y, Benali A, Harkous M et Khiar M 2010. Caractérisation d'huiles d'olive produites dans des cooperative pilotes (Iakrarma et Kenine) au niveau du Maroc oriental. Les technologies de laboratoire – 2010, volume 5, n°18.

L'effet de la consommation de l'huile d'argan sur l'élasticité cutanée des femmes ménopausées

Kiraouani Boucetta K.¹, Charrouf Z.², Aguenau H.³, Derouiche F.⁴ Bensouda Y.¹

¹Université Mohammed V - Souissi (UM5S) - Faculté de Médecine et de Pharmacie de Rabat, Equipe de Recherche en Formulation et Biopharmacie (ERFB)

²Université Mohammed V - Agdal - Faculté des Sciences de Rabat - Département de Chimie

³Université Ibnou Toufail - Faculté des sciences de Kénitra - Unité Mixte de Recherche en Nutrition et Alimentation - UIT/CNESTEN

⁴Université HassanII Mohammedia - Faculté des Sciences Ben M'Sik de Casablanca, Laboratoire de Recherche sur les Lipoprotéines et l'Athérosclérose

RESUME

Le but de ce travail est d'évaluer le bénéfice de la consommation de l'Huile d'Argan sur l'élasticité cutanée des femmes en ménopause. L'effet de l'huile d'argan sur l'élasticité cutanée a été évaluée par la mesure des propriétés biomécaniques de la peau (R2 ou élasticité brute de la peau, R5 ou élasticité nette de la peau, R7 ou élasticité biologique de la peau) au niveau d'un seul avant bras et durant 3 visites (J0, J30, J60) en utilisant le Cutometer SEM575. L'analyse intragroupe des avant bras montre que la consommation de l'huile d'argan a apporté une amélioration statistiquement significative de l'élasticité cutanée de la peau traduite par une augmentation de R2, R5 et R7 ($p < 5\%$) tandis que la consommation de l'huile d'olive n'a apporté aucune différence statistiquement significative ($p > 5\%$) en allant de J0 au J60. La comparaison intergroupe des avant bras montre qu'il y a une différence statistiquement significative entre les deux groupes en faveur de groupe consommant de l'huile d'argan pour R2 ($p = 0.036$), R5 ($p = 0.036$) et R7 ($p = 0.012$).

Mots clés : *L'huile d'argan, Elasticité cutanée, Femmes ménopausées, Cutometer.*

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the benefit of argan oil consumption on postmenopausal skin elasticity. The effect of argan oil on skin elasticity was evaluated by measuring the biomechanical properties of the skin (R2 or gross-elasticity, R5 or net elasticity, R7 or biological elasticity) at one volar forearm and during 3 visits (D0, D30 and D60) using the cutometer SEM575. The intra-group analysis of the volar forearms shows that argan oil consumption has made a statistically significant improvement in skin elasticity translated by an increase of R2, R5 and R7 ($p < 5\%$) while the consumption of olive oil has made no statistically significant difference ($p > 5\%$) ranging from D0 to D60. The intergroup comparison of volar forearms shows that there is a statistically significant difference between the two groups in favor of group consuming argan oil for R2 ($p = 0.036$), R5 ($p = 0.036$) and R7 ($p = 0.012$).

Keywords : *Argan oil, skin elasticity, postmenopausal women, cutometer.*

INTRODUCTION

Lors de la ménopause, la carence œstrogénique accélère le phénomène de vieillissement cutané caractérisé par la diminution de l'élasticité cutanée de la peau (Hall and Phillips; 2005).

La diminution de l'élasticité cutanée est le résultat de la diminution des fibres de collagène (Affinito et al., 1999) et d'élastine (Bologna et al., 1989) qui assurent le maintien de la jeunesse de la peau.

La consommation de l'huile d'argan a prouvé un effet positif dans la prévention de certaines maladies hypercholestérolémie (Berrougui et al., 2003), maladies cardiaques (Cherki et al., 2006) etc.) ayant une incidence plus élevée chez les femmes ménopausées (Azizi et Ainy ; 2003).

Le but de cette étude était d'évaluer le bénéfice de la consommation de l'Huile d'Argan sur l'élasticité cutanée des femmes en ménopause.

MATERIEL ET METHODES

Protocole globale de l'étude

Cent femmes ménopausées ont été recrutées dans notre étude; soixante d'entre elles répondaient aux critères suivants:

Critères d'inclusion: ménopause confirmée + absence de maladies cutanées.

Critères d'exclusion: Prise de traitement hormonal substitutifs, l'utilisation des produits anti-âges et les compléments alimentaires.

Les soixante femmes ménopausées sélectionnées ont donné leur consentement éclairé et l'étude a été approuvée par le Comité d'éthique pour la recherche biomédicale de la Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Mohammed V Souissi, Rabat, Maroc. Ces dernières ont été randomisées en 2 groupes (n=30) dont un consomme 25ml/j de l'huile d'olive (Groupe

nette de la peau et R7ou élasticité biologique de la peau) au niveau d'un seul avant bras et durant 3visites (J0, J30, J60) en utilisant le Cutometer SEM575

Tests statistiques

Test Anova pour mesures répétées pour la comparaison intragroupe

Test t de student pour échantillons indépendants pour la comparaison intergroupe

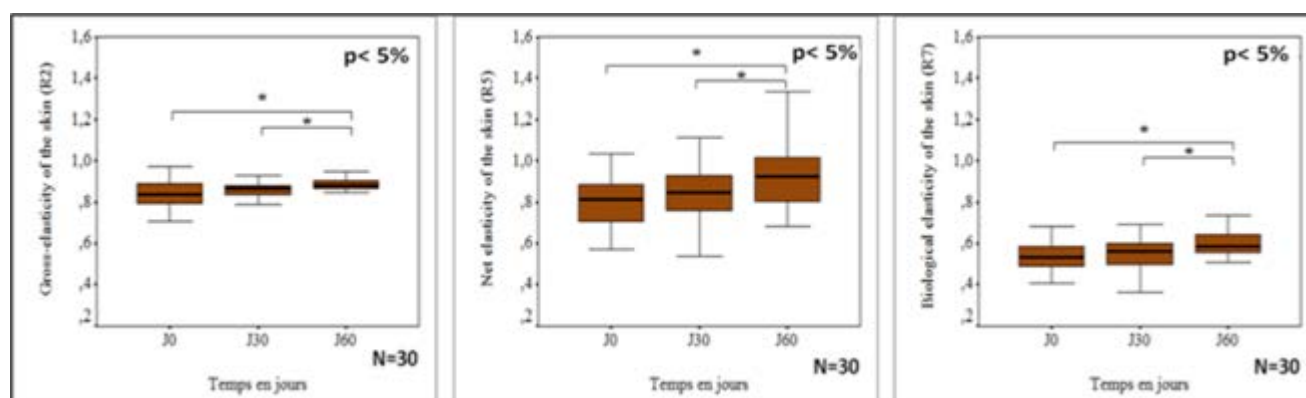
RESULTATS

Comparaison intragroupe

• Chez le groupe consommant de l'huile d'Argan :

L'analyse intragroupe des avant bras montre que la consommation de l'huile d'argan a apporté une augmentation statistiquement significative ($p < 5\%$) des paramètres biomécaniques de la peau (R2, R5 et R7). (Figure I).

Figure I : Evolution des paramètres-R (R2, R5 et R7) en allant de J0 au J60 chez le Grp consommant de l'Huile d'Argan



contrôle) et l'autre groupe consomme 25ml/j de l'huile d'argan. L'évaluation de l'élasticité cutanée a été effectuée au niveau d'un seul avant bras et durant 3 visites: en J0(avant de commencer la consommation des deux huiles), J30(après trente jours de consommation des deux huiles) et J60 (après soixante jours de consommation des deux huiles).

Produits utilisés

25ml/j de l'huile d'olive pour le Groupe contrôle

25ml/j de l'huile d'argan pour le Groupe d'intervention

Matériel

L'effet de l'huile d'argan sur l'élasticité cutanée a été évalué par la mesure des propriétés biomécaniques de la peau (R2 ou élasticité brute de la peau, R5ou élasticité

• Chez le groupe consommant de l'huile d'Olive :

L'analyse intragroupe des avant bras montre que la consommation de l'huile d'olive n'a apporté aucune différence statistiquement significative ($p > 5\%$) des paramètres biomécaniques de la peau (R2, R5 et R7) en allant de J0 au J60. (Figure II)

Comparaison intergroupe

La comparaison intergroupe des avant bras montre qu'il y a une différence statistiquement significative entre les deux groupes en faveur de groupe consommant de l'huile d'argan pour R2 ($p=0.036$), R5 ($p=0.036$) et R7 ($p=0.012$). (Tableau I)

Figure II : Evolution des paramètres-R (R2, R5 et R7) en allant de J0 au J60 chez le Grp consommant de l'Huile d'Olive

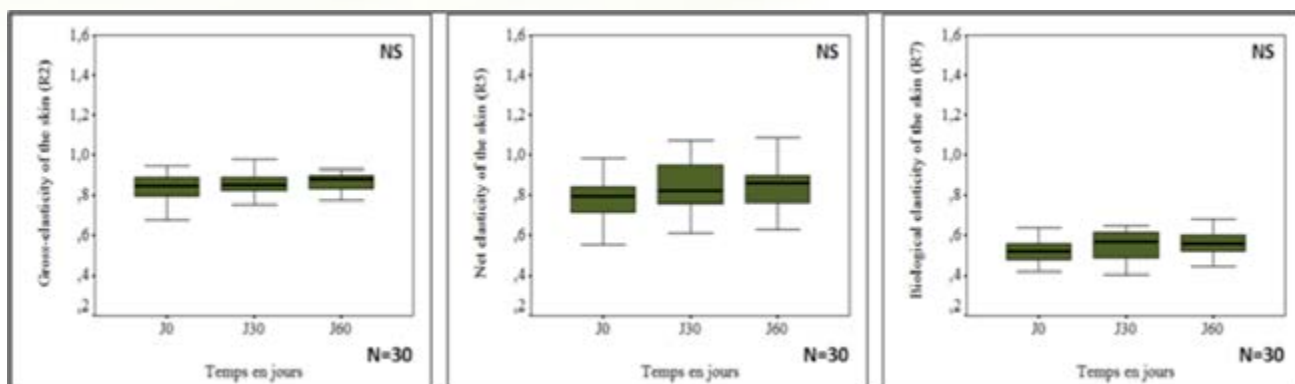


Tableau I: Résultats statistiques de la comparaison des paramètres-R (R2, R5 et R7) entre les deux groupes (Argan & Olive)

			Groupe Olive	Groupe Argan	p
Paramètre R2	BD	J0	0,836 ± 0,067	0,838 ± 0,077	> .05
		J60	0,855 ± 0,072	0,886 ± 0,029	.036
Paramètre R5	BD	J0	0,793 ± 0,12	0,798 ± 0,12	> .05
		J60	0,850 ± 0,144	0,940 ± 0,188	.036
Paramètre R7	BD	J0	0,525 ± 0,058	0,531 ± 0,086	> .05
		J60	0,551 ± 0,074	0,594 ± 0,059	.012

DISCUSSION / CONCLUSION

Dans notre étude, la consommation de l'huile d'Argan a montré une amélioration significative de l'élasticité cutanée traduite par l'augmentation statistiquement significative des paramètres-R (Figure I) tandis que la consommation de l'huile d'olive n'a apporté aucune différence statistiquement significative après les 60 jours de consommation (Figure II & Tableau I).

Cette augmentation des paramètres-R (R2, R5 et R7) est liée à l'augmentation du contenu de la peau en fibres de collagène et d'élastine (Ryu et al., 2008), diminués lors de la ménopause.

Ces résultats peuvent être dus à la richesse de l'huile d'argan en antioxydants par rapport à l'huile d'olive,

qui sont représentée principalement par les tocophérols en plus des polyphénols (Khallouki et al., 2003).

L'effet synergique des différents composés antioxydants de l'huile d'argan peut jouer un rôle important dans le maintien de l'élasticité cutanée (Masaki, 2010), à travers la diminution de la dégradation des fibres de collagène et d'élastine, causée par l'augmentation des espèces réactives d'oxygène responsable de l'accélération du vieillissement cutané. En plus, ces composés peuvent agir sur la synthèse de TGFβ (transforming growth factor-beta), cytokine de signalisation, ce qui conduit à l'augmentation de la synthèse des fibres de collagène et d'élastine (Parola., 1992).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Affinito P, Palomba S, Sorrentino C, et al, 1999. Effects of postmenopausal hypoestrogenism on skin collagen. *Maturitas* 33 : 239-247.
- Azizi F, Ainy E, 2003. Coronary heart disease risk factors and menopause: a study in 1980 Tehranian women, the Tehran Lipid and Glucose Study. *Climactric* 6: 330-6.
- Berrougui H, Ettaib A, Herrera Gonzalez MD, et al, 2003. Hypolipidemic and hypocholesterolemic effect of argan oil (*Argania spinosa* L.) in Meriones shawi rats. *J Ethnopharmacol* 89: 15-8
- Bologna JL, Braverman IM, Rousseau ME, Sarrel PM, 1989. Skin changes in menopause. *Maturitas* 11: 295-304.
- Cherki M, Berrougui H, Drissi A, et al, 2006. Argan oil: Which benefits on cardiovascular diseases?. *Pharmacol Res* 54: 1-5.
- Hall G, Phillips TJ, 2005. Estrogen and skin: The effects of estrogen, menopause, and hormone replacement therapy on the skin. *J Am Acad Dermatol* 53: 555-568.
- Khallouki F, Younos C, Soulimani R, 2003. Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, squalene, sterols and phenolic compounds should confer valuable cancer chemopreventive effects. *Eur J Cancer Prev* 12: 67-75.
- Masaki H, 2010. Role of antioxidants in the skin: Anti-aging effects. *J Dermatol Sci* 58: 85-90.
- Parola M, Muraca R, Dianzani I, et al, 1992. Vitamin E dietary supplementation inhibits transforming growth factor beta 1 gene expression in the rat liver. *FEBS Lett* 308: 267-70.
- Ryu HS, Joo YH, Kim SO, et al, 2008. Influence of age and regional differences on skin elasticity as measured by the Cutometer. *Skin Res Technol* 14:354-8.



Changements sociaux et aspects juridiques

Communications orales

Rganat-Bouchkal (Tsili), ultime refuge de l'arganeraie de Oued Grou dans le plateau central marocain

Sahel Y.¹, El Bahloul Y.², Chahou D.¹

¹Laboratoire de l'Equilibre des Terres et Aménagement de l'Espace Faculté des lettres et des sciences humaines, Université Mohamed V Rabat Agdal. Email : yassir.sahel@gmail.com

²Centre Régional de la Recherche Agronomique de Rabat, B.P 6570 Rabat-Instituts 10101 INRA-Maroc. E-mail : yas_ba@yahoo.fr

RESUME

L'arganeraie de Rganat-Bouchkal, située dans la vallée du Grou moyen, connue sous le nom de Tsili, constitue une curiosité voir une énigme scientifique qui attend d'être éclaircie. Cependant, si on suppose que cette relique a constitué une ancienne prolongation de l'arganeraie du sud marocain, cette hypothèse n'est toujours pas vérifiée. La présente contribution se veut comme une présentation du site de Rganat-Bouchkal déjà défini comme Site d'Intérêt Biologique et Ecologique (SIBE) de priorité 3, selon le plan directeur des aires protégées au Maroc. L'objectif de cette analyse est de décrire l'état actuel du site, de déceler les facteurs anthropozoogènes qui pourraient expliquer l'état actuel de ce patrimoine naturel unique et de répondre à certaines questions stratégiques qui pourraient faciliter la compréhension de la problématique élémentaire de ce projet de recherche. L'étude a été menée par le biais des enquêtes auprès des chefs des ménages et pasteurs usagers de l'arganeraie de Rganat-Bouchkal, ainsi qu'auprès des autres acteurs ayant une relation avec le sujet de cette étude. Ce travail a été complété par une étude bibliographique, à travers laquelle sera entamée une analyse du système de gestion de l'espace et des ressources naturelles tout en remontant l'histoire et les mouvements de la population usagère du SIBE de Rganat-Bouchkal. La finalité étant de déchiffrer les interactions existantes entre l'homme et le milieu.

Mots clés : *Rganat-Bouchkal (Tsili), Arganeraie, Grou, Population usagère.*

ABSTRACT

The argan forest of Rganat-Bouchkal, which is located in the valley of the Middle Grou, known as Tsili, is a scientific enigma waiting to be clarified. However, if we suppose that this relic was an extension of the argan forest of southern Morocco, it will stay a theory to be confirmed. This work is introducing the Rganat-Bouchkal site, that is considered as a Site of Biological and Ecological Interest (SBEI) with a priority level three (according to the master plan of protected areas in Morocco). This analysis aims at describing the current situation of the site and identifying the anthropozoogenic factors that might explain this state. Thus, this study was conducted through surveys performed within households, pastoralist and every actor having an interaction with argan forest of Rganat-Bouchkal. A bibliographical research helped us to make a deep analysis of space & natural resources' management, with a flash back on the history of the movements of population who are using SBEI "Rganat-Bouchkal". The ultimate purpose is to decrypt the existing interactions between humans & environment.

Keywords : *Rganat-Bouchkal (Tsili), Argan forest, Grou, User population.*

INTRODUCTION

L'aire de l'Arganier se localise essentiellement dans le sud-ouest du Maroc. Deux petites stations existent dans les vallées encaissées de l'oued Grou au sud-est de Rabat et sur les versants septentrionales du massif

des Beni Snasen au nord-ouest d'Oujda. Cependant, ce travail veut faire sortir cette curiosité scientifique de son enclave, dans le but de conserver et valoriser ce patrimoine national en péril.

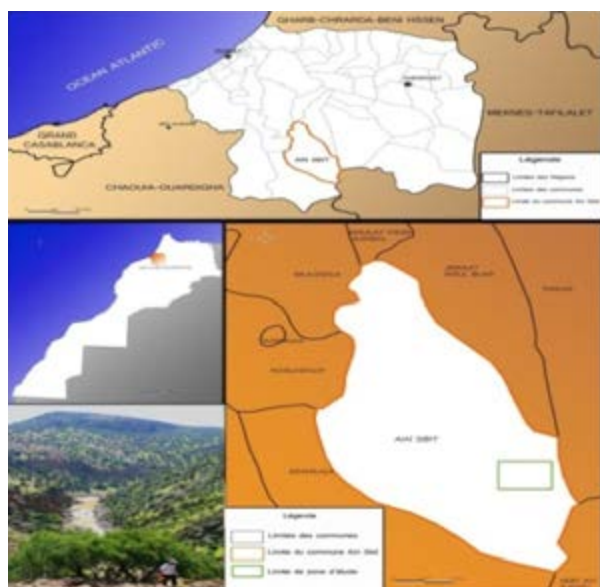
MATERIEL ET METHODES

Nous avons adopté la technique de l'enquête semi-directif et le focus groupe pour récolter les données relatives aux modes actuels de gestion de l'espace et des ressources, mais aussi ceux de jadis. Pendant notre première prospection sur terrain en février 2011, nous avons remarqué que la vigilance est un trait commun de toute personne interrogée. De ce fait, et pour ne pas les intimider d'avantage, l'enquête semi-directive- contrairement à l'enquête directive n'enferme pas le discours de l'interviewé dans des questions prédéfinis ou dans un cadre fermé. Elle lui laisse la possibilité de développer ses idées, ses craintes, son vécu. Nos

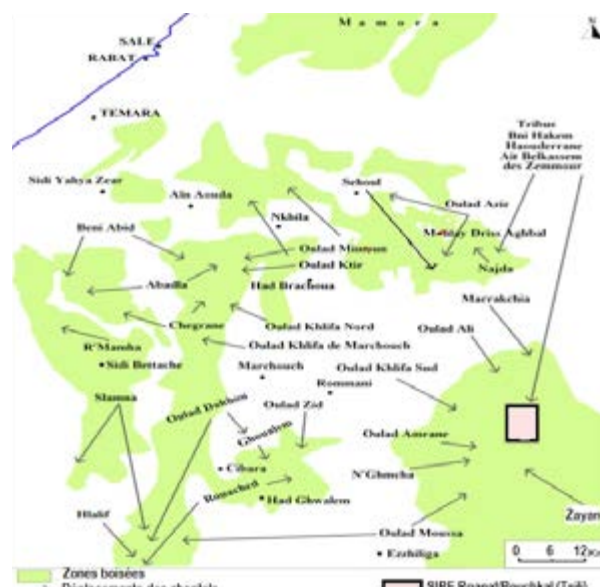
interventions se limitaient à guider l'entretien vers les grands axes de notre étude.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le SIBE de Rganat-Bouchkal (connu sous l'appellation Tsili) est situé dans la caïdat de 'Ain Sbit, commune rurale de Rommani au Sud-Est de la province de Khemisset. (carte.1). Il se présente sous forme d'un matorral mixte bien conservé par endroit mais le plus souvent très clairsemé. Sa position dans une zone limitrophe entre les confédérations des Zaer, Zemmour et Zayane a influencé négativement la capacité de ce peuplement à garder son équilibre environnemental. Cette situation est due à la concurrence acharnée sur les parcours



Carte. 1 : Localisation géographique du SIBE Rganat-Bouchkal (Tsili)



Carte. 2 : Les anciens mouvements du cheptel.



Figure.1 : Un taillis d'Arganier sur une crête qui domine la vallée de oued Grou.



Figure.2 : L'Arganier de oued Grou d'une forme bien venante.

entre les confédérations des Zaer, Zayane et Zemmour (Sahel, 2011). Au passé, l'organisation hiérarchique des communautés tribales avait l'objectif de contrôler l'espace et la gestion de la rareté. Les Marrakchia constituent une parmi les trois plus grandes fractions des Zaer. L'organisation de l'espace tribal était basée principalement sur la logique de la complémentarité écologique des ressources naturelles. La majorité de la population de la zone était semi-nomade avec une vie rythmée par une double activité, entre les terrains de parcours forestiers et les champs de culture. (Rajiallah, 1991).

L'instauration du protectorat français au début du 20ème siècle a entraîné des bouleversements socio-économiques considérables, dans la vie traditionnelle de la population de la région. La nouvelle législation forestière incitera la population de la région à s'installer définitivement sur les terres agricoles qu'ils exploitaient, voire à rechercher des terrains pour se les approprier (MACHOURI. 2009). Ils ont été repoussés sur des terres marginales et fragiles au fond de vallées contiguës et les terrains en pente et le site de Rganat-Bouchkal n'en faisait pas l'exception. La sédentarisation des Marrakchia, a fait monter une pression sur les ressources naturelles qui s'est manifestée par un recours plus accentué à la forêt pour l'alimentation du cheptel et pour l'approvisionnement en produits ligneux.

CONCLUSION

Cette étude nous a permis de déduire que l'exploitation de l'arganier telle qu'elle est pratiquée dans le sud marocain, n'a jamais constitué une des préoccupations de la population locale, ni comme une ressource génératrice de revenus par l'extraction et la vente de l'huile d'argan, ni en exploitant son bois. Par conséquence, l'arbre emblématique du sud-ouest marocain ne figure pas dans le patrimoine culturel et la mémoire collectif de la population locale comme étant une ressource génératrice de revenus additionnels.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Beaudet G, 1969. Le Plateau Central et ses Bordures, étude géomorphologique. Ouvrage publié avec l'aide du Ministère de l'Enseignement Supérieur du Maroc et des Ministère francisent de l'Education Nationale et des Affaires Etrangères, Rabat, 1969, pp. 28-47.
- Machouri N, 2009. Changement de mode de vie de la population et conséquences sur la durabilité des ressources forestières. Le cas des communes rurales de Sidi Bettach et BirEnnasr (province de

Benslimane). Revue de géographie du Maroc N° 1-2, vol. 25. Publiée par l'ANAGEM, p. 135.

Rajiallah F, 1991. Le pays Zaër au Maroc. Publication du laboratoire géographie rural de l'université Paul Valéry et de l'U.R.A 906 du C.N.R.F "dynamique de l'espace rural".

Sahel Y, 2011. Essai d'évaluation de la sensibilité des sols à l'érosion selon leurs modes d'occupation dans le Grou moyen, cas dusous-bassin versant Rwaai. Mémoire de Master Université Hassan II Mohammedia.

Facteurs de changement dans la gestion des systèmes arganiers de montagnes (Province d'Essaouira)

Qarro M.¹, Sabir M.¹, Ponette Q.², Bejbouij J.³ et Mormont M.⁴

¹ Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs de Salé Maroc

² Université Catholique de Louvain la Neuve Belgique.

³ DREF du Haut Atlas

⁴ Université d'Arlon (Belgique)

RESUME

Les études de l'histoire de l'appropriation des droits, le système de gestion et des mécanismes régissant leurs transferts ont montré que les Haha constituent les véritables gestionnaires de l'arganeraie et par conséquent les acteurs clés de son évolution. La prise en compte des dynamiques est essentielle dans l'amélioration de l'efficacité des projets de développement rural et elle est aussi capitale dans la proposition des scénarii de gestion.

Les études effectuées dans la zone ont permis de décrypter les principales dynamiques socioéconomiques qui ont considérablement marquées les modes de gestion et d'accès aux ressources naturelles dans cet espace. Les principaux facteurs de changement qui vont marquer l'évolution du futur proche des écosystèmes d'arganeraie sont au nombre de cinq. Il s'agit de : (i) l'érosion de l'organisation coutumière, (ii) de l'émigration, (iii) de la démographie et ses conséquences, (iv) de la conversion du cheptel caprin en ovin, et (v) de la pauvreté - précarité. La complexité de la gestion et l'inégalité quant à l'appropriation des droits et la mise en valeur des ressources demeurent les traits communs chez les haha. L'accès aux ressources de l'arganeraie a longtemps été régulé par des pratiques traditionnelles qui ne représentent pas seulement une image du passé mais aussi un socle pour bâtir le futur.

Mots clefs : *facteurs de changement, organisation coutumière, émigration, conversion des caprins, pauvreté - précarité*

ABSTRACT

The study of the history of ownership rights, management system and the governing mechanisms and their transfer showed that Hahapeople are the real managers of the argan tree and therefore the key players in its development. Taking into account the dynamics is essential in improving the efficiency of rural development projects. It is also essential in the proposal of management scenarios.

Studies in the area helped to decrypt the main socio-economic dynamics that have significantly marked management modes and access to natural resources in this area. The main factors of change that will mark the evolution in the near future of arganecosystems are five: (i) the erosion of traditional organization, (ii) emigration, (iii) demography increase and its consequences, (iv) replacement the goats by sheep, and (v) poverty. The complexity of managing and inequality regarding the ownership rights and resource development remain commonalities among Haha people. Access to argan resources was long been regulated by traditional practices that are not only an image of the past but also build a foundation for the future.

Keywords : *evolution factors, traditional organization, emigration, goat's conversion, poverty.*

INTRODUCTION

L'arganeraie est une formation forestière localisée au Sud-Ouest du Maroc qui couvrait environ 868 000 hectares en 1994. Depuis décembre 1998, elle constitue

la Réserve de Biosphère de l'Arganeraie (RBA), première du genre au Maroc. Sur le plan de la conservation des espèces, les écosystèmes à arganiers présentent une biodiversité élevée tant au niveau animal que végétal qui fait l'objet d'une protection particulière dans les

Sites d'Intérêt Biologique et Ecologique (SIBE). Sur le plan de la protection des milieux, les peuplements d'arganier constituent une barrière contre l'avancée du désert vers le nord du Maroc et permettent de lutter efficacement contre l'érosion éolienne et hydrique du sol. Sur le plan socio-économique, l'arganier est considéré comme la providence du Sud-Ouest Marocain. Ses peuplements fournissent en effet la plupart des ressources nécessaires aux populations locales : terres pour la culture, nourriture pour le bétail, huile d'argan pour l'alimentation humaine, bois utilisé à des fins énergétiques, de construction ou de fabrication d'outils. La forêt représente aussi un potentiel de développement touristique important. Ces écosystèmes sont toutefois très fortement menacés par de nouvelles dynamiques sociétales et de nouveaux comportements des populations. L'approche dynamique de l'aménagement rural repose sur la compréhension des principaux processus, sociaux, économiques et écologiques, impliqués, et de leurs interactions. Elle s'appuie également sur des outils permettant d'assurer le suivi dans le temps et dans l'espace l'évolution des relations étroites liant l'arganier et les ayants droit à l'aide d'indicateurs clés.

MATERIEL ET METHODE

Les populations étudiées par les différents travaux de recherche réalisés dans le cadre du projet PIC (projet interuniversitaire ciblé) exécuté conjointement par l'Ecole Nationale forestière d'Ingénieurs, Université Catholique de Louvain la Neuve et le Haut Commissariat aux et Forêt et à la Lutte contre la désertification, concernent quatre communes rurales Smimou, Imi n'tlit, Ida ou Azza et Imagrad. La population de la zone d'étude est d'origine berbère, elle fait partie de la tribu d'Imgrade, Ida ou Icerne et Nakfana relevant de la grande confédération Haha. Les entretiens, les enquêtes quantitatives et la monographie réalisés dans le cadre de travail de doctorat (Bejbouji, 2013). L'analyse qualitative des entretiens, se rapportant à l'histoire de l'appropriation des droits, aux principaux modes de gestion de l'agdal, à la typologie des propriétés des ménages enquêtés, aux principales mutations socioéconomiques ayant affecté l'arganeraie a été finalisée. Par ailleurs, différents travaux de fin d'études (El hlal, 2007 et Mjahl, 2011) conduits sous la supervision d'enseignants de l'ENFI ont été analysés en ce qui concerne la situation socio-économique des populations locales. Dans ce cadre, une typologie des écosystèmes à arganiers a été établie, et l'impact des pratiques actuelles et passées en termes de dégradation a été évalué.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. Dynamique organisationnelle : érosion des pouvoirs de la Jmaâ

Au Maroc, la structure tribale constitue la trame de fond de l'espace dont la gestion est conférée à une assemblée locale des chefs de familles ou Jmaa qui désigne un chef de la tribu (cheikh ou Amghar). Rappelons que cette institution de gestion locale rassemble les lignages d'une même fraction et joue un rôle capital dans le maintien de sa cohésion sociale. Elle gère les espaces de gestion communes (parcours, mouchaas...), les lieux de cultes ou mosquées et organise plusieurs événements (mariages, funérailles, etc.). Elle arbitre les conflits et sanctionne les contrevenants. Il s'agit ainsi d'une instance locale de gestion, de prise de décision et d'arbitrage. Du point de vue administratif, Haha comme d'autres tribus a vu ses territoires se configurer et se reconfigurer ; ce qui affecté considérablement la cohésion sociale de la Jmaa. On a relevé trois formes de solidarité et d'entraide : Adwal, Tiwizi et Thassayn. Ces formes constituent un moyen solide permettant de contrecarrer l'inégalité de la répartition des ressources ou des moyens nécessaires pour leur mise en valeur. Toutefois, ces formes de solidarité, localisés dans l'espace, tendent à disparaître avec le départ des jeunes.

2. Démographie de la population

La population de la zone est marquée des accroissements différents d'une commune à l'autre et il est en moyenne de 0.5% avec un exode rural important généralisé. L'exode rural ou l'émigration des habitants, en particulier des jeunes, vers les villes ne signifient pas une expropriation des émigrés de leurs droits sur le sol, l'arbre et l'eau. Les habitants déplacés et installés ailleurs définitivement ou provisoirement gardent leurs droits de propriété et d'héritage à tous les niveaux aussi bien au niveau des droits d'usages, biens privés et collectifs. Ainsi, les conséquences de la croissance démographique en matière de pression sur la terre et en particulier sur le morcellement des terres agricoles et sur les revenus tirés des produits d'arganier sont importantes. Cet exode a d'autres conséquences importantes sur la destruction de la Jmaâ et de la cohésion communautaire.

3. L'émigration

L'une des stratégies de gestion la plus adoptée dans la zone pour faire face à la rareté des ressources et pour améliorer le bien-être familial est l'émigration. L'objectif n'est pas de mener une analyse statistique relative à l'émigration proprement dite mais simplement d'esquisser une lecture de son évolution. La migration

à l'étranger n'est pas notée dans la zone. L'émigration externe consiste en l'émigration à l'extérieur de Smimou et de sa région. En résumé, l'émigration prend de plus en plus d'ampleur entre les générations ; son intensité a augmenté entre Gn et Gn+1 et le sera certainement d'avantage dans le future. Les facteurs internes comme ceux externes participent dans l'accroissement de cette intensité. Comme principaux facteurs internes, on note l'émiettement des propriétés détenues et la croissance démographique. Comme facteurs externes, on retrouve la convoitise du modèle urbain par les jeunes, qui «sous-estiment» le travail de la terre puisqu'ils sont

caprins converti en ovins est de -6% de l'effectif caprins de 1996. D'autre part, on remarque que les effectifs du cheptel ovin ont enregistré une augmentation moyenne de 3,6% de l'effectif de 1996. Ceci représente un facteur important quant à l'évolution d'une espèce non adaptée à ces écosystèmes d'arganier.

5. Pauvreté- précarité

Les différentes activités pratiquées dans la zone d'étude ainsi que le revenu correspondant à chacune d'elles sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau n°1 : Revenu moyen annuel par ménage et par classe de SAU dans la zone (en Dh)

Sources de revenus	Classes de la SAU (ha)					
	<2,5	%	2,5<SAU<5	%	> 5	%
Agriculture	2774	14,4	5965	27,1	9164	27,93
Elevage	2808	14,5	5363	24,3	4063	12,38
Arganeraie	10190	52,7	8510	38,6	16410	50,01
Hors exploitation	3556	18,4	2203	10,0	3175	9,68
Total	19328	100,0	22041	100,0	32812	100,00
revenu/mois/ménage	1610,7		1836,8		2734,3	
revenu moy/pers/j	9,6		10,9		16,3	

convaincus qu'en produisant les même efforts, ils gagneront en ville plus que ce qu'ils vont gagner en restant au douar.

4. Evolution des effectifs et conversion des caprins en ovins

Au niveau de la population de la CR Imgrade on ne remarque pas d'évolution en matière de dépossession de caprin en faveur des ovins, en raison de la vocation forestière de cette commune. Cependant on note une nette augmentation des effectifs de caprins avec environ 2 têtes caprines par ménage de plus. Le nombre moyen de têtes ovines par ménage s'est pratiquement stabilisé sur cette période. Au niveau de la population de la CR de Smimou on note une évolution au niveau du cheptel caprin et ovin. Les effectifs d'ovins ont évolué de 11%. Cette augmentation des ovins aura certainement des conséquences négatives sur la gestion durable de l'arganier en raison de son inadaptabilité à ces écosystèmes. Au niveau de la CR d'IminTlit, en prenant comme hypothèse faible, celle que le nombre moyen de têtes caprine et ovine nécessaire pour les besoins d'un ménage demeure le même, le nombre de

Les activités agricoles et l'élevage contribuent avec plus de 50% dans le revenu total des moyennes et grandes exploitations. Au niveau des petites exploitations cette contribution n'est que d'environ de 28%. Le revenu moyen par personne montre que les petites et moyennes exploitations sont en dessous du seuil de pauvreté qui s'estime à 10 -12 dhs/personne/jour (5,6 personne/ménage). Le revenu moyen des grandes exploitations reste aussi faible avec 16 dhs/personne/ménage.

CONCLUSION

Le système de gestion pratiqué depuis des temps par les ayants droits a été caractérisé par une interdépendance étroite avec les écosystèmes à arganier. Les activités qui y sont pratiquées sont en harmonie et en équilibre avec les potentialités des milieux. L'élevage de la chèvre est en adéquation avec les ressources pastorales aériennes importantes fournies par l'arganier. Ainsi aucune autre espèce animale ne peut tirer profit de ces ressources sans avoir besoin d'aide de l'homme par la coupe des branches et des tiges. L'exploitation des ressources de l'arganier (fruit, sol, etc.) se font selon une organisation coutumière locale basée sur la solidarité communautaire.

L'émigration des jeunes contraint les parents, souvent bien avancés dans l'âge, de convertir les caprins en ovin qui sont plus dépendants de l'alimentation procurée par l'homme (complémentation, ébranchage, etc.). Face à ces nouveaux facteurs de changement les écosystèmes à arganier seront assujettis, sans aucun doute, à des perturbations importantes qui vont mettre en cause la gestion durable de ces formations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFIF Y, 2013. Cartographie et analyse des facteurs de pression sur les peuplements d'Arganier dans la zone d'Amsitten (Province d'Essaouira), 137p.
- Bejbouji J, 2013. L'Arganeraie des Haha : droits réels, inégalités d'accès aux ressources naturelles et principales dynamiques (Sud -Ouest du Maroc), Thèse de Doctorat. Université d'Arlon (Belgique), 327p.
- Elhlal A, 2008. Diagnostic des systèmes d'utilisation des terres et identification des unités socio-territoriales dans la zone du massif d'Amsitten : Cas de la commune rurale d'Imgrad. Mémoire de troisième cycle de l'ENFI, 209 p.
- Mjahad A, 2012. Analyse socio-économique de la composante élevage traditionnel sous arganier au niveau de la zone d'Amsitten : Cas des quatre communes rurales d'Imgrade, Smimou, Ida ou Azza et Imin T'lit).

Législations spéciales de l'arganier : atouts, abus et perspectives

Qarro M.¹, Sabir M.¹, Ponette Q.², Bejbouji J.³ et Mormont M.⁴

¹ Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs de Salé Maroc

² Université Catholique de Louvain la Neuve Belgique.

³ DREF du Haut Atlas

⁴ Université d'Arlon (Belgique)

RESUME

L'espace de l'arganeraie dispose de droits d'usages très particuliers. Ils font appel à plusieurs droits ; législations officielles, forestières, droits coutumiers et droit coranique qui s'interagissent pour former un droit particulier connu et respecté par les usagers. Les coutumes varient selon les tribus, ainsi que leur interprétation du droit coranique et leur niveau d'obéissance au droit moderne. Dans l'espace d'arganeraie, la gestion sociale des territoires ainsi que l'organisation pastorale se réfère autant au droit coutumier qu'au droit moderne. Sept droits d'usage furent concédés en reconnaissance obligée de droits immémoriaux. Les plus importants sont évidemment le droit de cultiver et le droit de récolter les noix d'argan, qualifiés de droit de jouissance. S'ajoutent le ramassage du bois mort ; le droit de pâturer ; la coupe de branchage pour les clôtures, etc. Cependant, ces droits sont uniquement réservés aux membres des communautés locales. Toute transaction entre les membres de ces tribus et des étrangers est interdite. Actuellement on note des phénomènes d'abus en matière d'exercice des droits de jouissance et droits d'usages et des interprétations des dispositions réglementaires guidées selon les besoins prétendants.

Mots clés : législation spéciale, droits d'usages, droits de jouissance, transaction foncière

ABSTRACT

The argan forest has very specific use rights. Several rights were used coming from official, forest, customary and Islamic laws which interact to form particular rights respected by the users. Customs vary according to the tribes, and their interpretation of Islamic law and level of obedience to modern law. In the argan tree space, the social management of territories and pastoral organization refers to customary law than modern law. Seven Rights of use were granted in obliged recognition according to immemorial rights. The most important are obviously the right to cultivate and the right to harvest the argan nuts, qualified as usufruct. The other use rights are the collection of dead wood, grazing, cutting branches for fences, etc. However, these rights are only reserved for members of local communities. Any transaction between members of these tribes and foreigners is prohibited. Currently, we noted a several abuseforms in the exercise and uses of rights and own interpretations of legal rights in accordance with the contenders needs.

Keywords : special legislation, userights,usufructrights, land transactions.

INTRODUCTION

Autrefois beaucoup plus étendue (probablement 1 400 000 ha au début de notre ère, mais couvrant aujourd'hui encore 868 034 ha (IFN, 1996), ce qui représente 17% de la superficie forestière qui s'étend de l'embouchure de l'Oued Tensift à celle du Drâa. L'arganeraie constitue l'un des peuplements forestiers les plus importants du

Maroc par sa superficie, venant tout de suite après le chêne vert et sensiblement à égalité avec le thuya.

Cette régression importante de superficie, surtout accentuée au cours des derniers siècles, mais stabilisée depuis longtemps grâce aux liens sociaux ayant été établis avec les populations locales. L'arganier est ainsi une essence semi-forestière et semi-fruitière qui a été

de tout temps la « providence » du Sud (bois, fruits, feuillage, cultures intercalaires), a conduit le législateur au début de la période moderne à se pencher sur le problème de la conservation et de la régénération de ces peuplements.

Considérant que les riverains de ces forêts jouissaient, de temps immémoriaux, de droit d'usage très étendus, ce législateur a voulu les respecter scrupuleusement, au risque de se priver de certains moyens de répression des abus. Ainsi, il a mis sur pied une réglementation originale, dérogeant en de nombreux points, en faveur des usagers, aux principes de la loi forestière générale.

Excluant les aspects botanique et écologique, l'arganeraie revêt une importance dans la vie économique et sociale des populations locales. Cette évocation permet de comprendre les caractères très particuliers de la législation spécifique édictée dans ce domaine, dont le but principal visait à ordonner et à rationaliser l'exploitation et la régénération des massifs subsistants sans porter atteinte aux droits des usagers. Il conviendra, de faire le bilan de la situation actuelle et de se demander si, dans la conjoncture démographique et politique actuelle, certains ajustements ne sont pas devenus nécessaires.

MATERIEL ET METHODE

C'est dans le double esprit de protection de l'arganeraie proprement dite, et des intérêts des populations usagères, que fut élaborée la réglementation actuellement en vigueur et en particulier:

- le dahir du 8 chaabane 1343 (4 mars 1925) sur la protection et la délimitation des forêts d'arganier,
- l'arrêté du 1er mai 1938 concernant les peuplements d'arganier (pris en application du dahir précédent),
- le dahir du 7 rabia II 1374 (4 décembre 1954) abrogeant le dahir du 20 joumada II 1370 (28 mars 1951) ayant même objet, et portant attribution aux collectivités usagères d'une ristourne sur le produit de la vente des coupes de bois dans les forêts d'arganier ou sur le produit de leur amodiation.
- Arrêté du 1er mai 1939 des Directeurs des eaux et Forêts et des affaires politiques concernant les peuplements d'Arganiers.

Sur la base des droits et dispositions de ces textes et lois on va procéder à l'analyse des différentes dispositions stipulées en matière de droits d'usage et de jouissance. D'autre part, on va analyser certaines pratiques et interprétations dont ont fait l'objet certains droits ayant des conséquences néfastes sur la durabilité des écosystèmes à arganier.

Analyse des principaux droits prévus par la réglementation en vigueur

Les droits de l'Etat sur ces forêts sont d'en assurer la protection et la conservation afin que ces forêts continuent à jouer leur rôle physique sur l'hydrologie et la climatologie de la région, et à procurer aux générations présentes et futures les ressources très importantes qui en ont été traditionnellement tirées.

Les droits d'usages et de jouissance sur les forêts d'arganiers, au nombre de sept, appartiennent uniquement aux populations des tribus et fractions traditionnellement usagères.

Ces droits de jouissance comprennent le labour sous arganier et la cueillette des fruits. Les autres droits d'usages sont le ramassage du bois mort, le parcours des troupeaux, la coupe de bois de chauffage, de charbonnage et de service, la coupe de branchages pour clôtures et l'enlèvement de la terre, du sable et de la pierre. En outre, les collectivités usagères reçoivent une ristourne de 20 % sur le produit de la vente par l'Etat des coupes de bois dans les forêts d'arganier et 50 % sur le produit des amodiations à des fins étrangères à l'exploitation du boisement (Dahir du 4/12/1954).

1. Droit de jouissance et droit de propriété

Les droits de jouissance reconnus sur l'arganeraie sont incessibles et transmissibles en héritage et mettent en implication des propriétaires de droits différents sur le même capital. En effet, l'arbre est à la fois la propriété de l'usufruitier (par partage entre ayant droit) et de l'Etat à travers le capital bois. Le capital sol est la propriété de l'Etat et sa culture et le labour revient aux ayants droits défini après le partage des parcelles. Ce type particulier de droit a été à l'avantage de la conservation et la gestion durable de l'arganeraie. Ceci aurait dû être utilisé par les gestionnaires actuels pour auto-responsabiliser les ayants droits.

2. Usage du droit de jouissance relatif au labour sous arganier

Les dispositions de l'article 3 (dahir de 1925), dit clairement que « Demeurant valables entre autochtones (indigènes) appartenant à des tribus traditionnellement usagers, les transactions et cessions prévues par la coutume, qui seraient faites entre eux selon les règles coutumières. Toute transaction ou cession entre les autochtones (indigènes) de ces tribus et des étrangers à ces tribus est interdite; les conventions contraires sont nulles, de nullité absolue ».

Cependant, la plaine du Souss est un exemple pertinent de l'interprétation du rôle social de l'arganeraie au

rôle de production intensive des produits agricoles sous serres (spéculation agricole) encouragée par les transactions foncières opérées avec les grands agriculteurs non ayants droit. Cette situation n'a laissé enfin de compte que des milieux forestiers fortement artificialisés que les services tentent actuellement de réhabiliter.

Le droit de culture et de labour n'est pas limité aux parcelles cultivées avant la délimitation mais aussi aux parcelles post délimitation avec la condition «cultivables sans danger pour la forêt, ce dont le service forestier reste juge » (Article 5, arrêté du 7/03/1950). Ceci est un argument suffisant pour ne pas s'opposer à la délimitation des forêts d'arganier à condition de sensibiliser et bien associer et faire adhérer les ayants droits.

3. Rôle social de l'arganier

Ce rôle est mis en évidence dans plusieurs dispositions de la réglementation en vigueur et en particulier ; (i) la vente du bois mort pour les indigents (Article 2, arrêté du 7/03/1950), (ii) la possibilité de prélèvement des branches d'arganier pour la clôture, (iii) le droit de jouissance sur les fruits et le sol. Les droits de jouissance reconnus n'ont pas connu de pratiques d'abus compte tenu de leur avantage d'être approprié par la population locales et ses droits ont fait l'objet, depuis longtemps, de partage « appropriation » entre les ayants droits. Ces droits sont appuyés par les pratiques coutumières telles que l'Agdal. Les abus constatés au niveau de l'exercice des autres droits d'usages sont une conséquence de la pression sur la terre induite par les facteurs de changement ayant de plus en plus des effets marqués. La valorisation de l'huile a fait profiter plus les intermédiaires et les entreprises de commercialisation à l'étranger. En effet, les études effectuées sur la filière huile d'argan ont montré que les ayants droits ne se font même pas payer même pas pour la main d'œuvre, tandis que les coopératives villageoises et les entreprises dégagent respectivement des bénéfices nets par litre de 100 à 150dhs et 250 à 300 dhs. Cet état des choses est bien perceptible par les ayants droits et actuellement ils sont de moins au moins motivés par la sauvegarde de l'arganeraie et on assiste donc à la rupture progressive des liens sociaux et économiques entre ces écosystèmes et la population locale.

CONCLUSION

Les traditions créatrices de liens sociaux et de relations de solidarité doivent être conservées dans la perspective du développement durable. Il s'agit donc de ne pas imposer une législation des droits trop contraignante,

afin de conserver le lien intergénérationnel que les traditions permettent. D'autant qu'au début du XXe siècle, la façon dont l'Etat a établi la législation de l'Arganeraie a été vécue comme une contrainte par les ayants-droit qui depuis agissent différemment selon le caractère collectif ou individuel des parcelles. Cela a eu pour effet de renforcer l'exploitation abusive des arganiers. Les ayants-droit sont en quelque sorte des «copropriétaires». Cela a pour conséquence un rapport ambigu des ayants-droit avec l'arganier : s'ils n'en sont pas propriétaires, ils sont moins à même d'en prendre soin et notamment d'en replanter. Ce caractère d'ayant droit et copropriétaire ayant bénéficié d'une part de droit précis (arbres, sol) a épargné l'arganeraie des inconvénients de la loi du « commun » auxquels se heurtent toutes les ressources exploitées dans l'indivision et particulièrement les droits d'usagers classiques en forêts et les droits d'usages sur les terrains collectifs.

On conclusion on peut se poser alors une question cruciale : dans quelle mesure peut-on rendre juridiquement le fonctionnement socio-économique traditionnel de l'arganeraie soutenable ?

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dahir du 10 Octobre 1917, sur la conservation et l'exploitation des forêts
- Dahir du 4 mars 1925 (8 chaâbane 1343) sur la protection et la délimitation des forêts d'arganiers.
- Dahir du 7 rabia II 1374 (4 décembre 1954). Portant attribution d'une partie du produit de la vente des coupes de bois dans les forêts d'arganiers aux collectivités marocaines usagères
- Arrêté du 1er mai 1939 des Directeurs des Eaux et Forêts et des affaires politiques concernant les peuplements d'arganier.

La délimitation forestière de l'arganeraie : un sérieux conflit social

Ahjam A.¹, Achour A.²

¹ RARBA - Tiznit

² Ingénieur en Chef des Eaux Et Forêts - DREFLCD-SO - Agadir

RESUME

Les provinces sud de l'arganeraie ont connu ces dernières années un grand conflit lié à la propriété des terrains forestiers suite à la succession des années de sécheresse et la forte pression sur le couvert végétal par les troupeaux des transhumants, ce qui a créé de fortes tensions entre la population et les services étatiques. Ce changement social que connaît la RBA suscite un plaidoyer pour un changement qui adopte un développement territorial durable, à travers une réflexion des acteurs locaux sur les lois et la législation concernant la gestion rationnelle des ressources naturelles.

Mots clés : *délimitation forestière - ayants droits - droit de jouissance - foresterie sociale - forêts communautaires*

INTRODUCTION

Suite à de nombreux changements que connaît notre planète ces derniers temps, que ce soit des changements naturels (changements climatiques,...) ou sociétale (urbanisation, ...), Les ressources naturelles ont subi de fortes pressions et par conséquent des perturbations fortes ont atteint les écosystèmes. La forte demande mondiale de l'huile d'argan ; qui est un produit endémique du Maroc, a excité l'intérêt de la population locale à l'arganier ; sans oublier la pression des transhumants qui aggravent la situation, suite aux années successives de la sécheresse.

Dans ce contexte, le conflit d'appropriation des terrains forestiers (l'Arganeraie) se met en relief : la population locale conteste l'appropriation des terrains de la forêt délimitée (ou en cours de délimitation) par les services des eaux et forêts, malgré que le Dahir du 4 mars 1925 et l'arrêté du 1 Mai 1938 précisant clairement les droits de jouissance très étendus reconnus à la population.

Comment, dans ce contexte conflictuel, pourra-t-on mener un développement durable et- une cogestion rationnelle des ressources naturelles ? Quelle place aura la population locale dans la gestion participative et durable des ressources naturelles de la RBA (Réserve de Biosphère de l'Arganeraie) ? Comment procéder à un plaidoyer participatif pluri acteurs pour cette cogestion?

Quelle approche pour une foresterie sociale qui pourra

mener à des forêts communautaires, tout en veillant que la population locale soit au centre d'intérêt des acteurs locaux pur un meilleur développement durable de leur territoire ?

1 - Délimitation forestière : procédures et contraintes

La gestion des forêts d'arganier est régie par deux types de législation (1) :

- Une législation «officielle» instaurée par les autorités coloniales.
- Une législation coutumière relative à une gestion communautaire des droits d'usage, en plus de l'application de la Charia dans le partage de l'héritage entre les héritiers.

La complexité des usages de l'arganeraie est aussi complexe : celui qui cultive les terrains n'est pas toujours celui qui exploite les arganiers. En somme, les droits sur le sol, sur le pâturage, sur la récolte des fruits, résultent finalement d'interactions entre les différentes sources de droit (2).

De même que les lois qui régissent le domaine forestier sont diversifiés, datées dans la plupart de la période du protectorat ; je cite :

- dahir du 03 janvier 1916
- dahir du 10 octobre 1917
- dahir du 24 mai 1922
- dahir du 4 mars 1925

- Arrêté des directeurs des eaux et forêts et des affaires politiques du 1er mai 1938 concernant les peuplements d'arganiers.

- Arrêté du Premier ministre n° 3-33-04 du 13 jourmada I 1425 (1er juillet 2004) complétant l'arrêté du ministre délégué auprès du ministre de l'agriculture, du développement rural et des eaux et forêts, chargé des eaux et forêts n° 1855-01 du 6 moharrem 1423 (21 mars 2002) fixant les limites, conditions et modalités de demande et d'octroi de la compensation pour mise en défens du domaine forestier à exploiter ou à régénérer. Malgré que les procédures de la délimitation forestière soient claires, de nombreuses contestations de la part de populations locales quant à leur déroulement ont eu lieu. Nous présentons ci-dessous quelques témoignages notés lors des journées d'études sur «le foncier forestier et le surpâturage» organisées par le RARBA à TIZNIT le 14 et 15 janvier 2012, en présence de tous les acteurs locaux (collectivités locales, parlementaires, eaux et Forêts, agriculture, société civil,...) ⁽⁴⁾ :

Le 14 janvier 2012 à TIZNIT : tous les acteurs locaux concernés ont participé à cette journée d'étude où des exposés des experts et des témoignages ont été fait. Le résultat : un certain nombre de recommandations

- Absence de transparence dans la procédure de délimitation, surtout que la publication de l'annonce de la délimitation se fait discrètement, loin d'une large diffusion de l'information par les méthodes traditionnelles.

- Méconnaissance de la procédure de délimitation forestière et les démarches à suivre pour émettre une opposition. Manque d'une vulgarisation et sensibilisation des ayants droit sur leurs droits et leurs devoirs.

- L'appropriation des terrains n'est pas suffisamment justifiée en plus qu'une multitude des héritiers ayants droits complique davantage cette appropriation légale des terrains par l'Etat.

Suite à ces conflits, les acteurs locaux (Elus, collectivités locales, les services étatiques, la recherche scientifique, la société civile,...) sont interpellés à mener un plaidoyer pour une meilleure adaptation de la législation actuelle relative à la gestion des ressources forestières. Une réflexion doit être menée sur les points suivants :

- Dans quelle mesure la législation actuelle des ressources forestières, notamment dans la zone de la RBA, répond aux exigences d'un développement humain et durable ?

- Quelle approche à adopter pour un plaidoyer participatif pour une meilleure gestion durable de

l'arganeraie ?

Le 15 janvier 2012 : Une visite de terrain pour un témoignage d'un problème de délimitation forestière à AGLOU plage + voir les dégâts de surpâturage des troupeaux des transhumants à la commune SAHEL.

Dans un autre registre, et suite à la succession des années de sécheresse, une forte pression s'exerce sur le couvert végétal de l'arganeraie par les troupeaux des transhumants. La transhumance qui était dans le passé un système de régulation et de gestion rationnelle des ressources naturelles, objet d'un accord mutuel des tribus sédentaires et nomades, représente aujourd'hui un sérieux conflit entre les ayants droits et les transhumants. De nombreuses questions se posent :

- Quelle est actuellement la réalité de la transhumance ?

- Peut-on identifier d'une manière objective les propriétaires de ces troupeaux énormes qui envahissent l'arganeraie chaque année ?

- Quel type d'études sociologiques à réaliser dans la zone de la RBA pour mieux comprendre les transformations sociales relatives à la gestion des ressources naturelles? quelle contribution de l'université et la recherche scientifique pour proposer des alternatives ?

- Comment faut-il agir pour instaurer une réglementation sur le pâturage et le surpâturage ?

2 - quelles perspectives ?

La société civile à la RBA a fortement participé au débat sur la délimitation forestière, ce qui déclenche la première phase du plaidoyer, je cite parmi ces initiatives:

- Nombreuses manifestations qui ont lieu partout dans les provinces et les douras de la RBA, notamment à Tiznit, Taroudant, Agadir, Chtouka Ai Baha, Sidi Ifni,... y compris les journées d'études organisées par le RARBA à TIZNIT le 14 et 15 janvier 2012;

- Nombreux articles parus sur la presse écrite ou électronique et des émissions radio ou télévisées.

- Nombreux juristes, experts ont participé et animent ce débat lors des différentes rencontres qui s'achèvent par de nombreuse recommandation qui vont dans ce sens;

- Annonce d'un certain nombre de déclarations qui sollicite un changement des lois d'une façon participative.

- Nombreuses collectivités locales ont refusé la

délimitation forestière. S'agit-il d'une défaillance dans l'interprétation des textes ? D'un manque de communication ou d'une interférence d'attributions ?

- Nombreux parlementaires ont posé des questions écrites ou orales au gouvernement sur cette question de délimitation forestière.
- Certains programmes de délimitation qui ont commencé en 2012 ont été suspendus suite à la protestation de la population locale.

Les scientifiques, les parlementaires, les juristes, les services extérieurs concernés ont tous leur mot à dire : un début d'un plaidoyer participatif. Une compréhension mutuelle des uns et des autres.

Actuellement on est dans une phase où le plaidoyer doit passer à un autre niveau entre les experts, juristes, sociologues, ingénieurs forestiers,... Pour faire des propositions des lois en tenant compte de ces recommandations, tout en adoptant une approche territoriale participative pour une meilleure gestion durable de nos ressources naturelles de la RBA.

Une gestion participative de la forêt d'arganeraie s'impose, d'où la nécessité d'une réflexion sur les forêts communautaires et dépasser la vision sectorielle pour une approche globale intégrée. « Depuis la signature de la convention de RIO. L'objectif du développement durable souhaité est de préserver les pratiques et le savoir-faire des communautés locales ; autrement dit, il faut tenir compte de la dimension culturelle.

- A quel degré les lois actuelles tiennent en compte la dimension culturelle, surtout les bonnes pratiques de gestion durable des ressources naturelles ?

« Il faudrait chercher dans les systèmes traditionnels de gestion de ressources naturelles, les comportements sociaux qui auraient permis de maintenir pendant des siècles un état d'équilibre nature/société et retenir de ces pratiques des modes de gestion qui pourraient encore s'appliquer aux situations actuelles » (3)

Le contexte politique actuel au Maroc est très favorable à ce changement vers une gestion participative et durable, notamment :

- la nouvelle constitution qui favorise plus de démocratie participative et une gestion durable de nos ressources naturelles
- les lois de la protection de l'environnement et la volonté du gouvernement Marocain pour un développement territorial et une gestion participative dans le cadre d'une régionalisation avancée,

CONCLUSION

La société civile a assumé sa responsabilité dans le plaidoyer pour un développement durable de l'arganeraie. Elle a exprimé, par différentes façons, sa volonté de participation en tant qu'acteur de proximité pour une meilleure gestion rationnelle de nos ressources naturelles, à travers les différentes recommandations issues des différentes rencontres qui ont lieu partout dans les douars et provinces de la RBA. C'est aux chercheurs, experts et aux instances concernées (tels que l'ANDZOA, le HCEFLCD,...) de prendre le relai pour actualiser la législation actuelle afin d'assurer une gestion durable participative des forêts d'arganier.

Plus d'une centaine d'acteurs locaux ont suivi le déroulement des deux journées d'études 14-15 janvier 2012, qui ont formulé un certain nombre de recommandation largement diffusée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) Larbi AZIZ, valorisation du savoir local pour une cogestion conservatoire de l'arganeraie ; thèse de doctorat, Université de Liège, septembre 2012, P8.
- (2) Idem (Nouaim (2005)), P8.
- (3) Idem, P13
- (4) Recommandation des journées d'études organisées par le RARBA le 14-15 janvier 2012 à TIZNIT.



Changements sociaux et aspects juridiques

Communications affichées

Trésors humains et valorisation des métiers de l'arganier en tant que patrimoine culturel vivant

Oumouss A.

Directeur du Centre National du Patrimoine Rupestre (CNPR), Ministère de la Culture - Maroc

RESUME

Outre son caractère sylvestre et endémique du sud-ouest marocain (patrimoine naturel par excellence), l'arganier a marqué, durant des siècles, les modes de vie des populations amazighes depuis la nuit des temps. Les savoir-faire ancestraux liés à l'arganier sont multiples et ils sont plus particulièrement tenus et pratiqués par les femmes. Ces savoir-faire concernent essentiellement les modalités d'extraction de l'huile d'argan d'une manière traditionnelle, mais aussi les techniques de l'exploitation des aires de l'arganier et des matériaux naturels nécessaires à la confection des ustensiles utilisés dans la vie agropastorale. Des Traditions, des savoirs spécifiques sont, en effet, strictement régit par les dispositions d'ordre culturelles ancestrales qui méritent d'être reconnues en tant que patrimoine culturel immatériel de l'Humanité.

Mots clés : argan- arganeraie- paysage culturel- savoir-faire- patrimoine culturel immatériel- mode de subsistance

INTRODUCTION

Le patrimoine immatériel se définit comme étant les aspects culturels intangibles hérités du passé. Il se manifeste dans les domaines des traditions et expressions orales, des arts, des savoir-faire liés aux différentes activités humaines. Les pratiques traditionnelles liées au travail de l'exploitation de l'arganeraie et de l'extraction de l'huile d'argan sont encore vivantes de nos jours et attestent d'une perpétuation séculaire de traditions.

Éléments immatériels d'argan à distinguer :

Plusieurs aspects immatériels sont inextricablement liés aussi bien à l'arganier, aux travaux de l'argan, qu'à l'huile prodigieuse qui en est extraite depuis des siècles. Ces aspects sont sous formes de traditions, de coutumes, de pratiques et de savoirs faire transmis par des femmes et des hommes et qui sont liés aux différents activités: plantation, mise en défens (Agdal), collecte de fruits sur les champs, séchage, dépulpage, concassage, tri, broyage, malaxage, etc.

Éléments matériels associés :

Les savoir-faire liés à l'exploitation de l'arganier sont tributaires de l'usage d'un certain nombre d'outils et d'instruments eux-mêmes confectionnés d'une manière traditionnelle transmise de génération en génération. (« Taryalt » : panier en vannerie ; "Tagunt" : percuteur en pierre fluviale ; "assareg" : surface de percussion pour

les deux opérations de dépulpage et de concassage; "Asggui" : paniers ; "Afloun" : ustensile en poterie ; «azerg» : moulin, etc.)

Origine perçue :

Il est assez difficile, dans l'état actuelle des connaissances historiques, de reconstituer l'origine relativement exacte des premiers usages de l'arganier. Toutefois, d'après al Bakri, l'exploitation de l'arbre remonte au moins au XIème siècle. Par ailleurs, des indices archéologiques relevés dans le site médiéval d'Iguiliz (région de Taroudant) révèlent l'usage de l'arbre et de ses fruits depuis le XIIème siècle

VIABILITÉ :

Menaces pesant sur la pratique :

D'une manière générale, les pratiques traditionnelles régissant l'exploitation de l'arganier sont toujours vivantes conformément à leurs modalités d'antan. Bien que l'arbre lui-même continue de subir des menaces de dégradation de formes diverses, les pratiques elles, sont encore vivantes chez les communautés arganières. Les savoir-faire que les femmes arganières mettent en pratique dans la gestion et l'exploitation de l'arbre mais surtout dans les modalités d'extraction de l'huile et la gestion des résidus conservent les mêmes gestes et les mêmes portées symboliques, notamment en milieu rural.

Menaces pesant sur la transmission :

La transmission des pratiques ancestrales liées à l'arganier sont encore assurées d'une manière non formelle par l'imitation et l'apprentissage direct. Les fillettes apprennent de leurs mères les gestes nécessaires à l'exploitation de l'arganier. Cependant, les nouveaux modes de vies et l'exode rural risquent de menacer la pérennité de cette transmission nécessaire à la viabilité de l'élément du patrimoine culturel immatériel en question. La mécanisation progressive des procédés empiète également sur les pratiques traditionnelles bien que les femmes préfèrent toujours ces dernières car cela assure la bonne qualité du produit.

Mesures de sauvegardes existantes :

Les savoir-faire séculaires ayant régi l'extraction de l'huile d'argan et l'exploitation de cet arbre risquent aujourd'hui de subir les aléas de la modernisation et de la mécanisation. Les différents intervenants, Etat, ONGs, groupements d'intérêts, etc. interviennent, chacun à sa manière et selon leurs compétences respectives, de mener des actions visant à assurer la pérennité de ces savoir-faire. Parmi les mesures de sauvegarde déjà opérationnelles ou en cours de réalisation il faut citer ce qui suit:

- la distinction de la zone de l'arganeraie en tant que "Réserve de Biosphère " par l'UNESCO en 1998.
- Depuis les années 1990, un certain nombre de coopératives ont été créées. Ceci favorise substantiellement la revalorisation des métiers de l'arganier et leur maintien au sein des femmes et des filles.
- Le Haut Commissariat aux Eaux et Forêts entreprend actuellement un projet ambitieux visant la replantation et le reboisement de l'arganier sur une superficie globale de 200 ha par an.
- Depuis 2010, l'huile d'argan est mieux valorisée en faisant l'objet d'une "Indication Géographique Protégée" IGP . Une telle indication géographique apporte aux femmes arganières une plus-value de leur travail et les encourage et continuer à mettre en œuvre leur savoir-faire en la matière.

Mesures de valorisation

- Classement de l'aire de l'arganeraie en tant que paysage culturel ;
- Introduction des métiers et des pratiques de l'arganier ainsi que leur porteurs (ses) parmi les listes du patrimoine immatériel et les systèmes des trésors humains vivants national et international ;

- Organisation d'événements et festivals dédiés à la mise en valeur des savoirs faire l'arganier ;
- Création de musées communautaires dédiés aux métiers de l'arganier

CONCLUSION

La reconnaissance et la mise en valeur des spécificités liées aux pratiques et aux savoir-faire relatifs à l'exploitation de l'arganier favorisera certainement le respect de cette créativité humaine qui a su ingénieusement tirer profit des ressources naturelles dans une optique de développement durable. En effet, la mise en place d'un système des trésors humains vivants spécifiques et l'inscription des métiers d'argan, en tant qu'élément du patrimoine culturel immatériel à l'échelle nationale et internationale , contribuera inévitablement à renforcer davantage la visibilité de ce patrimoine. Un tel renforcement sera plus particulièrement rendu possible par la spécificité de l'élément en question qui allie scrupuleusement trois composantes essentielles : la mise en valeur d'un élément naturel déjà rehaussé au degré de patrimoine communautaire, la création artisanale nécessaire aux exploitations diverses de l'arganier et de ses produits, et enfin, la revitalisation continue de connaissances et de savoir-faire ancestraux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aziki Slimane, 2002, L'arganeraie du Sud-Ouest marocain : développement durable et participation dans un système agro sylvo pastoral en voie de dégradation. Thèse de doctorat, université libre de Bruxelles ULB, 239 p.
- El Alaoui Narjys (1999), Paysages, usages et voyages d'*Argania spinosa*, Revue d'ethnobiologie, Musée national d'histoire naturelle, vol 41, Paris, p: 45-79.
- El Alaoui Narjys (2007), L'arganier: arbre du Maroc. De la récolte du fruit à l'extraction de l'huile Collection : Publication des Amis du Musée National d'Histoire Naturelle, N° 228, Paris.
- Charrouf Zoubida, Serge Dubé, Dominique Guillaume (2011), L'Arganier et l'Huile d'argane, Paris, Éditions Glyphe.
- Nouaim Rachida, (2005), L'arganier au Maroc : entre mythes et réalités. Une civilisation née d'une espèce fruitière-forestière à usages multiples, éd. L'Harmattan, Paris.
- Unesco (2003), Convention pour la sauvegarde du patrimoine culturel immatériel.

COMITÉ D'ORGANISATION

Coordination : M. Hafidi Brahim

Sadiki Mohamed	Secrétaire Général du MAPM,
Homy Abderrahim	Secrétaire Général de l'HCEFLCD,
Hafidi Brahim	DG de l'ANDZOA et Président CRSMD
El Idrissi Ammari Abdelmajid	Directeur, ANDZOA
Yaakoubi Latifa	Directrice, ANDZOA
Abrou Hro	DRA Souss Massa Draa
El Harrass Mohamed	DRA Tensift El Haouz,
Mimouni Abdelaziz	CRRA Agadir
Sedra My Hassan	CRRA Marrakech
Guermaai A.	DPA Essaouira,
Dahan Rachid	Secrétaire Général de l'INRA
Ait Ichou Yahia	Doyen de la faculté des Sciences - Université Ibn Zohr
Lakjaa Farid	Directeur de IAV Hassan II - CHA
Issoual Mohamed	DREF, HAM
Imad Eddine Abdelabaset	SPEF, Essaouira
Hajib Said	CRF
Ouraiss Mohamed	FIMARGANE,
Bouzoubaa Zakia	INRA Maroc
Ait Lhaj Abderrahmane	ANDZOA

SECRÉTARIAT DU CONGRÈS

Gahmou Amesmoud	ANDZOA
Mouchfi Nezha	INRA
Samir Assmaa	ANDZOA

COMITÉ SCIENTIFIQUE

Coordination : Pr. Badraoui Mohamed

Ait Kadi Mohamed	CGDA
Kenny Lahcen	IAV Hassan II
Benabdallah Majid	IAV Hassan II
Benismail My Chrif	IAV Hassan II
Chimi Hammadi	IAV Hassan II
Boulif Mohamed	ENA Meknès
Benchekroun Faïçal	HCEFLCD
Bouzemouri BenHammou	Expert
Ferradous Abderahim	CRRF de Marrakech
Charrouf Zoubida	UM5, Faculté des Sciences de Rabat
Bensouda Yahya	UM5, Faculté de Pharmacie et de Médecine - Rabat
Adlouni Ahmed	UH2, Faculté des Sciences Ben M'sik
Sesbou Abdessadak	ENFI
Mhirit Omar	Expert,
El Mousadik Abdelhamid	UIZ, Faculté des Sciences
Msanda Fouad	UIZ, Faculté des Sciences
Bouchelkha Mohamed	UIZ, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines
Filali Maltouf Abdelakrim	UM5, Faculté des Sciences, Rabat
Besri Mohamed	Académie Hassan II des sciences et techniques
Alaoui Katim	Fondation Mohamed VI pour la recherche et la sauvegarde de l'arganier
El Modafar Cherkaoui	UCA - FST Marrakech
Bomaggard El Hassan	UCA - Faculté Poly disciplinaire Safi
Chaussod Rémi	Ex INRA France
Nouaim Rachida	SEMSE
Daniel Pioch	CIRAD
Mrabet Rachid	INRA, Maroc
Saidi Seddik	INRA Maroc
El Antari Abderraouf	INRA Maroc
El Bahloul Yassmina	INRA Maroc
Jadaoui Mohamed	UIZ, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines
Ait Lhaj Abderrahmane	ANDZOA

CONGRES INTERNATIONAL
ARGANIER 2013



المؤتمر الدولي
لأركان 2013



www.congresarganier.ma