



Université Kasdi Merbah-Ouargla



**Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi Arides
(Ecosys)**

Algerian Journal of Arid Environment

**Revue des Sciences de la terre et de la vie
Editée par l'Université Kasdi Merbah-Ouargla**

ISSN- 2170-1318

Directeur de la revue: BOUTERFAIA Ahmed (Recteur de l'Université de
Ouargla)

Directeur de la publication: KHELIFA Abdelkader

Directeur scientifique de la publication: BISSATI Samia

Rédacteur en chef: OULD EL HADJ Med Didi

Volume 1, Numéro 1, Janvier 2011



ALGERIAN JOURNAL OF ARID ENVIRONMENT

REVUE DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE LA VIE
LABORATOIRE DE PROTECTION DES ECOSYSTEMES EN ZONES ARIDES ET SEMI ARIDES
UNIVERSITE KASDI MABAH-OUARGLA
ISSN- 2170-1318



Directeur de la revue Pr. BOUTERFAIA Ahmed	ADRESSE DE LA DIRECTION DE LA PUBLICATION <i>Algerian journal of arid environment</i> Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers, BP 511, Université Kasdi Merbah-Ouargla 30000 Ouargla, Algérie Tél. : (+213) 29 71 65 71/29 71 56 89. Fax. : (+213) 29 71 56 89 Web: www.ouargla-univ.dz E-mail: ecosys.infos@yahoo.fr
Directeur de la publication Mr KHELIFA Abdelkader Directeur scientifique de la publication Dr BISSATI Samia Rédacteur en chef Pr. OULD EL HADJ Med Didi Comité de rédaction - Dr CHELOUFI Hamid - Dr DADDI BOUHOUN Mustapha - Dr SAKER Med Lakhdar - Dr IDDER Mohamed Taher	Instructions aux auteurs 1- Les articles peuvent être rédigés dans les trois langues (arabe, français et anglais). Ils doivent subir deux expertises, à la fois scientifique et linguistique, avant acceptation. 2- Le nombre total de pages de l'article dépend de sa nature : Originale (15 pages), synthèse (8 pages) et étude de cas (6 pages). Les articles doivent présenter des résultats non publiés, et ceux de synthèse et d'étude de cas doivent être synthétiques sans illustrations. 3- Leurs soumissions doivent parvenir à l'adresse électronique en format TNR pour le texte et JPG pour les illustrations. 4- L'auteur correspondant recevra après expertise et acceptation un tiré à part sous format PDF et un exemplaire de revue gratuitement. 5- Pour permettre une pérennité et une large diffusion à la revue un abonnement sera proposé sur le site de l'université et dans la revue aux particuliers, institutions et étudiants avec des tarifs étudiés selon la catégorie et la destination. 6- Le texte en forme TNR taille 12 avec un double interligne et numérotation des lignes. Le titre et le résumé de l'article en langue de rédaction et en anglais de forme TNR taille 12 gras, suivi des nom et prénom des auteurs en forme TNR taille 12 avec adresses et Email en forme TNR taille 10, avec un astérisque sur l'auteur correspondant. 7- Les résumés doivent être rédigés en langue de rédaction et en anglais, de forme TNR taille 12, italique. Ils doivent comporter cinq mots clés au maximum. 8- Les illustrations légendées ne doivent pas dépasser cinq illustrations avec mention dans le texte et numérotées en chiffres arabes (figure, photo 1, 2, etc.) et chiffres romains (tableau I, II, etc.). 9- Les références bibliographiques ne doivent pas être sélectives d'articles de revues, de livre et d'article de livres seulement. Ils seront classés par leur ordre d'apparition dans le texte et appelées dans ce dernier par leur numéro placé entre crochets : - Exemple de revue : Maduakor H., 1991 - Efficient fertilizer. Fertilizer Research, 29: 65-79. - Exemple de livre : Steel R., Torrie J., 1960 - Principles and procedures. McGraw-Hill, London, 433 p. - Exemple d'article de livre: Tal M. Selection for stress tolerance. In : Evans D.A., Shap N.R., Ammirato P.V., eds. Handbook for plant cell culture. New York : Macmillan, 1992 : 101-112.
Mise en page Mr CHAABENA Ahmed Comité scientifique - Pr. OULD EL HADJ M. D., Algérie - Pr. DADDA MOUSSA B., Algérie - Pr. MESSAITFA A., Algérie - Pr. HADJ-MAHAMMED M., Algérie - Pr. SOLTANI N., Algérie - Pr. BRINIS L., Algérie - Pr. BOUGHEDIRI L., Algérie - Pr. DOUMANDJI S., Algérie - Pr. DOUMANDJI-MITICHE B., Algérie - Pr. LAAMARI M., Algérie - Pr. HALITIM A., Algérie - Pr. BENALAOUA S., Algérie - Pr. DENDOUGUI H., Algérie - Pr. SAMRAOUI B., Algérie - Pr. COTE M., France - Pr. MICHAUD P., France - Pr. SERGE MARLET C., France - Pr. CHERITI A., Algérie - Pr. TAMISIER A. J., France - Pr. BOUTIN C., France - Pr. HAMDIA AISSA B., Algérie - Dr BISSATI S., Algérie - Dr ESNAULT M. A., France - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr CHELOUFI H., Algérie - Dr BOUTATAOU D., Algérie - Dr SIBOUKER O., Algérie - Dr O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Dr SAKER M. L., Algérie - Dr ADAMOUE A., Algérie - Dr IDDER M. T., Algérie	Les thèmes des articles publiés dans <i>Algerian journal of arid environment</i> concernent tout ce qui touche au développement et à la gestion durable de l'environnement des régions arides et semi arides de la planète. Rédacteur en chef Pr. OULD EL HADJ Med Didi

*Algerian journal of arid environment***“AJAE”****Sommaire**

L’aridoculture et le développement durable Amor HALITIM.....	3
Accumulation des métaux lourds chez le Peuplier: Localisation tissulaire et expression de quelques transporteurs MIGEON Aude, BLAUDEZ Damien, GUINET Frédéric, CHALOT Michel et BOTTON Bernard.....	10
Application des indicateurs ethnobotaniques de la diversité au palmier dattier TIRICHINE Aissa, BELGUEDJ Malek, BENKHALIFA Abderrahmane et GUERRADI Messaouda.....	19
Pollution des fourrages et des sols par les éléments du groupe platine issus de la circulation routière Abdourahmane TANKARI DAN-BADJO, Guéro YADJI, Nomaou DAN LAMSO, Cécile DUCOULOMBIER, Cyril FEIDT, Thibault STERCKEMAN, Guillaume ECHEVARRIA et Guido RYCHEN.....	28
Les parcours sahariens entre usage et enjeu! Cas de la région de Ghardaïa SENOUSSI Abdelhakim et BENSEMAOUNE Youcef.....	37
Analyse moléculaire de la diversité génétique de plantes Xéro/Halophytes du genre <i>Atriplex</i> moyennant RAPD-PCR MAALEM Souhail, KHOUI Sahari, RAHMOUNE Chaâbane et BENNACER M’barek.....	50
Caractéristiques biochimiques de quelques espèces de fruits charnus communes dans le Sahel algérois recherchées par les oiseaux frugivores Amel MILLA, Samia DAOUDI-HACINI, Jean-François VOISIN et Salaheddine DOUMANDJI.....	60
Contribution à la connaissance de la population cameline femelle «Tergui» dans la wilaya de Tamanrasset LONGO-HAMMOUDA F. H., TOUMI K., MOUATS A. et BENLAMNOUAR N.....	70
Problèmes de la lutte chimique au Sahara algérien: cas des acridicides Mohamed Didi OULD EL HADJ, BOUZIANE Nawel, MINAMI Abdi et OULD EL HADJ-KHELIL Aminata.....	77

L'aridoculture et le développement durable

Amor HALITIM

Département d'Agronomie, Faculté des Sciences
Université El-Hadj Lakhder, Batna, Algérie

Résumé- L'aridoculture est certes la pratique dont l'objectif est de répondre aux besoins alimentaires et socio-économiques de régions arides à ressources hydriques faibles ou fossiles et à écosystèmes fragiles, mais elle constitue souvent un facteur de dégradation du milieu. En effet, qu'elle soit fondée sur une agriculture en sec ou en irrigué, qu'elle traite de l'élevage nomade ou sédentaire, on observe une atteinte aux composantes de base des écosystèmes (sol, eau, plante) dans ces régions, mettant en péril sa durabilité avec des conséquences sur les plans économique (baisse de la productivité des agrosystèmes, du niveau de vie et du pouvoir d'achat) et social (exode rural, paix sociale menacée). Quelques atouts caractérisent ces régions et doivent être valorisés. Tout d'abord, le soleil et le vent qui peuvent être une source d'énergie renouvelable à utiliser en agriculture pour exécuter différentes tâches. Si les régions arides se définissent comme des zones à faibles ressources hydriques, parfois comme c'est le cas d'une partie du Sahara, le sous sol recèle d'immenses réserves hydriques. Des températures élevées et des sols légers propices à la production de primeurs. Des spéculations spécifiques de grande valeur commerciale comme la phoeniculture ou de grande endurance comme le dromadaire. Des agrosystèmes (les oasis) biens adaptés et valorisant au mieux les facteurs écologiques et de production et dont l'impact n'est pas seulement agricole. Une richesse floristique d'une grande valeur sur les plans agronomique, environnemental et médical. Un attrait touristique certain. Un savoir faire et des capacités d'adaptation des populations locales, pour gérer les terres arides et supporter les rudes conditions de vie. Différents programmes de développement ont été mis en œuvre dans ces régions aussi bien pour améliorer la production agricole que pour protéger l'environnement, mais force est de constater que les objectifs assignés à ces programmes n'ont pas toujours été atteints parce qu'ils n'avaient pas de fondements scientifiques et techniques suffisants, n'avaient pas pris avec les réalités du terrain, n'avaient pas associé les populations concernées et parce que le problème était d'une trop grande ampleur et exige des actions intersectorielles et une interdisciplinarité. Une volonté politique est donc interpellée ici plus qu'ailleurs, à travers la concrétisation d'un plan de développement à long terme de ces régions où l'agriculture est certes le secteur focal mais doit être accompagné d'autres secteurs, l'hydraulique, l'industrie, la recherche, le tourisme, les transports, les travaux publics, l'artisanat etc., dans le cadre d'une gestion intégrée de l'espace. Cette stratégie de développement durable doit être élaborée à la lumière des spécificités, des atouts, des contraintes des régions arides, mais aussi à la lumière des expériences et des changements à l'échelle mondiale.

Mots-clés : Régions arides, aridoculture, développement durable, contraintes, impact.

Dryland farming and sustainable development

Abstract- Dryland farming is a practice whose aim is to meet food needs and socio-economics of arid regions with scarce water resources, low fossils or fragile ecosystems. However, it is often a factor in environmental degradation. In fact, whether based on rainfed agriculture and irrigated, it deals with pastoralism or sedentary, there is a violation of basic components of ecosystems (soil, water, plants) in these regions, jeopardizing its sustainability with the economic consequences (loss of productivity of agricultural systems, living standards and purchasing power) and social (rural to urban, social peace threatened). Some strengths characterize these regions and should be valued. Firstly, the sun and wind can be a source of renewable energy use in agriculture to perform different tasks. If arid regions are defined as areas with low water resources, as is sometimes the case of a part of the Sahara, has immense underground water reserves. High temperatures and light soils conducive to the production of vegetables. Speculation specific commercially valuable as phoeniculture or great endurance as the camel. Agroecosystems (oases) adapted property and capitalize on the ecological factors of production and whose impact is not just agriculture. A rich flora of great value in an agronomic, environmental and medical. A certain tourist attraction. Know-how and adaptability of local populations to manage and support drylands harsh living conditions. Various development programs were implemented in these areas both to enhance agricultural production and protecting the environment, but it is clear that the objectives of these programs have not always met because they were n 'had no scientific basis and technical resources, did not mesh with the realities on the ground, were not associated with the populations involved and because the problem was too large and requires an interdisciplinary and intersectoral action. Political will is challenged here more than elsewhere, through the realization of a plan for long-term development of these areas where agriculture is indeed the focal area but must be accompanied by other sectors, hydraulics, industry, research, tourism, transportation, public works, crafts etc.,

as part of an integrated space. This sustainable development strategy must be developed in light of the specificities, strengths, constraints of arid, but also in light of experience and change the world.

Keywords : Arid regions, dryland farming, sustainable development, constraints, impact.

Introduction

L'objectif premier de l'agriculture est de fournir l'alimentation à l'être humain. Ces besoins augmentent quand la population croît; additionnellement, la demande augmente quand le revenu moyen augmente. La population mondiale prévue en 2025 serait de 8,5 milliard. Le revenu moyen de cette population augmente aussi. La seule augmentation de la population nécessite une augmentation estimée en 1987 par la FAO de la production agricole d'environ 40 à 50% sur les prochaines 30 à 40 années (20 et 60% d'augmentation respectivement pour les régions développées et en voies de développement), dans le but de maintenir le présent niveau d'alimentation actuel dans les pays en développement. Selon ces données, il est conclu que de nombreux pays dans le monde doivent augmenter leur capacité à produire des aliments et/ou à contrôler leur population, pour faire face à leurs besoins alimentaires futurs. Or les besoins fondamentaux de l'Homme aussi divers que variés en terme de sécurité alimentaire ont été assurés grâce à la diversité biologique agricole. Sa conservation au niveau des systèmes de production est très liée à une utilisation rationnelle et durable permettant de garantir une productivité soutenue à long terme, non seulement sur le plan écologique, mais également sur le plan biologique, économique et social.

On estime à l'heure actuelle qu'environ 40% des terres émergées de la planète sont arides, soit 5,2 milliards d'hectares, sur lesquelles vivent plus de 2 milliards de personnes. L'Afrique contient 37% de zones arides. En Algérie, ces dernières représentent près de 95% du territoire national, dont 80% dans le domaine hyper aride. Elle est soumise aux effets du réchauffement climatique.

Les Etages bioclimatiques méditerranéens sont classés selon la pluviométrie comme suit:

- Etage hyper-aride ou Saharien: < 100 mm
- Etage aride: entre 100 et 350/400 mm
- Etage semi-aride: entre 350/400 et 600 mm.
- Etage sub-humide: entre 600 et 800 mm
- Etage humide: > 800mm.

Les étages aride et semi-aride peuvent être à leur tour subdivisés. Très souvent dans les travaux, les termes zones arides ou régions arides intègrent les étages hyper-aride, aride et semi-aride ou se réfèrent uniquement à l'étage hyper-aride.

D'une manière générale, en régions méditerranéennes à cause des caractéristiques du milieu physiques les écosystèmes sont fragiles et sensibles aux facteurs de dégradation, cependant, dans cet exposé nous nous intéressons aux régions situées dans les étages bioclimatiques aride et hyper-aride, c'est à dire aux régions déjà désertiques et les régions les plus vulnérables vis à vis de la dégradation du milieu. En Algérie les $\frac{3}{4}$ du territoire est confronté avec acuité à ces phénomènes.

Dans ces régions l'espace agricole se rétrécit à cause de la dégradation des terres arables et l'augmentation de la production agricole suppose aussi une intensification de l'agriculture qui n'est pas sans danger sur les ressources naturelles: eau, sol, biodiversité. L'augmentation de la productivité doit se faire en veillant à sa durabilité, ce qui suppose une optimisation des

productions agricoles c'est à dire la recherche d'un compromis entre productivité et durabilité. C'est le rôle de l'aridoculture.

Les objectifs de l'aridoculture

Il s'agit d'élaborer et de mettre en œuvre une agriculture prenant en considération la faiblesse des ressources hydriques et la fragilité des écosystèmes généralement peu productifs des régions arides et devant être performante, répondant aux besoins de la société, protectrice de l'environnement et durable.

Or les régions arides présentent de nombreuses contraintes à leur développement, mais elles renferment aussi des atouts qu'il s'agira d'exploiter et de valoriser pour le bien être des populations qui y vivent. Par ailleurs, à cause de la globalisation mondiale, l'agriculture en zones arides malgré les contraintes liées au milieu devra évoluer dans ce nouveau système de libre circulation des produits en devenant plus performante et répondre à une économie de marché où la compétitivité est rude et pas à son avantage.

Le problème fondamental de l'agriculture dans ces régions reste la productivité et les rendements. Dans ces régions, la contrainte environnementale majeure qui limite la production agricole est la sécheresse et les températures élevées.

Ces régions présentent de nombreuses contraintes à leur développement, mais elles renferment des atouts qu'il s'agira d'exploiter et de valoriser pour le bien être des populations de ces régions.

Les contraintes

Les productions agricoles des zones arides sont soumises à de nombreuses contraintes, particulièrement d'ordre physique.

Contraintes climatiques

Ces régions sont caractérisées par la grande variété de conditions climatiques et surtout la pluviométrie qui par son irrégularité entraîne souvent des cycles de sécheresse plus ou moins long, ce qui entrave la production du secteur agricole. Cette sécheresse affecte tous les processus physiologiques de croissance et de développement des espèces animales et végétales.

L'aridoculture est confrontée aux contraintes climatiques et édaphiques.

- Des pluies insuffisantes (<400mm/an) et irrégulières avec tendance à la diminution (déficit hydrique, irrigation, régénération, désertification, reconstitution des réserves).

Elles sont mal réparties dans le temps et l'espace et tombant souvent sous forme d'orage (inondation, ruissellement, érosion), parfois «grélifère» (accident météorologique sur les cultures).

- Des températures élevées, avec de grandes amplitudes, journalières (jusqu'à 40°C) et tendance au réchauffement (augmentation de l'ETP, salinisation, dégradation de la matière organique, augmentation des besoins en eau, diminution de la productivité, gels tardifs, échaudage, raccourcissement du cycle végétatif, déplacement des zones agroclimatiques, baisse des performances zootechniques, mortalité, extension des problèmes phytosanitaires).

En présence d'un tel réchauffement climatique les besoins en froid ne sont pas satisfaits notamment pour les arbres à pépins. Les dates de floraison sont avancées d'une à deux semaines avec des risques de gelées, ce qui se traduit par une maturation plus précoce.

En zone steppique, le réchauffement amorcé les deux dernières décennies a provoqué une élévation de la température moyenne annuelle de plus d'un degré Celsius (1°C), avec des extrêmes dépassés dans certaines régions. Cela a provoqué un déplacement de l'étage aride vers le Nord de plus de 100 km si on se réfère à SEGUIN [1] et en altitude. Les conséquences en sont des déplacements des zones agroclimatiques potentielles de nombreuses espèces, un dépérissement des peuplements forestiers (cas du cèdre dans les Aurès), une perte de la biodiversité, une pédogenèse inhibée, une accentuation de la désertification.

- Des vents fréquents et violents, parfois chaud (érosion éolienne, désertification, formation de paysage dunaire, menace des agglomérations, infrastructures et zones agricoles, augmentation de l'ETP, échaudage, action mécanique sur des populations rurales [2].

Contraintes édaphiques

Les sols des régions arides présentent plusieurs contraintes agrologiques:

- Sols de profondeur et texture variable (gestion et méthodes d'aménagement différentes, choix des cultures, techniques culturales, pollution)
- Sols basiques, calcaires et/ou gypseux et/ou salés [3] (faible fertilité, stress salin, dégradation de la structure, biodisponibilité des nutriments, entrave au développement du système racinaire, techniques culturales appropriées, faible productivité des plantes).
- Tendance à l'extension de la salinisation [4],
- Sols pauvres en matière organique (faible fertilité, dégradation de la structure, érosion, diminution de la couche arable, baisse de la réserve en eau et de la productivité. Des sols à pellicule de surface (zones steppiques et irriguées, ruissellement, érosion en nappe, problème de régénération, désertification).
- Sols hydromorphes (Oasis, endoréisme, maîtrise de l'irrigation, drainage, choix des périmètres irrigués).

Contraintes Hydriques

Les eaux d'irrigation en régions arides du Maghreb sont riches en chlorures mais aussi en sulfates, surtout les eaux de nappes profondes et les eaux géothermiques. Ces eaux ont des incidences sur les plantes et auront à long terme un impact certain sur la typologie des sols de ces régions.

Ainsi la sécheresse, la rareté des eaux et la salinité sont devenus des problèmes sérieux qui menacent les régions arides et peuvent causer une dégradation parfois irréversible du couvert végétal. La recherche d'espèces végétales résistantes à ces conditions constitue une nécessité.

Dans les régions arides les principales contraintes hydriques du point de vue agronomique et environnemental, sont les suivantes:

- Ressources hydriques insuffisantes. Elles sont surtout d'origine souterraine et souvent fossile [5]. Elles sont surexploitées [6].
- Ressources hydriques limitées par l'envasement des barrages.
- Elles sont généralement de qualité médiocre: salées elles provoquent une dégradation de la qualité des sols (salinisation, sodisation, changement de faciès géochimique) et des effets sur le développement et la productivité des plantes (augmentation du ou des ressources

naturelles, potentiel osmotique et déséquilibre nutritionnel) ou polluées (surtout par NO_3).

- Coût de l'exploitation élevé,
- Eaux chaudes (environ 60°C), nécessitant un refroidissement.

Contraintes agronomiques

Il est possible de résumer les principales contraintes agronomiques à travers les rubriques suivantes:

- Faible productivité des agrosystèmes et faibles performances zootechniques.
- Mise en culture de terres marginales, peu fertiles (cas des zones steppiques ou des sols salés)
 - Techniques culturales, itinéraires techniques non maîtrisés ou non appliqués, notamment en ce qui concerne la préparation du sol.
 - Espèces et variétés inadaptées ou plants et semences de mauvaise qualité,
 - Fertilisation empirique (inefficacité ou pollution des nappes) et restitution organique très insuffisante.
 - La salinité et la nutrition minérale constituent les contraintes majeurs responsables de la limitation de la productivité des plantes dans ces régions.
 - Equipement insuffisant, inadapté ou mal utilisé.
 - Protection des cultures peu maîtrisée, prolifération des adventices, insectes et maladies (cas du criquet, du bayoudh, des nématodes..)
 - Irrigation non maîtrisée en termes de dose, mode, fréquence et qualité, se traduisant par un gaspillage, une insuffisance, un stress salin ou des brûlures sur les plantes.
 - Niveau technique des agriculteurs insuffisant en terme de savoir faire.

Contraintes Socio économiques

- Forte démographie accentuant la pression sur les ressources naturelles;
- Isolement des exploitations, éloignement des voies d'accès, enclavement, absence d'énergie électrique [7].
- Inadéquation des systèmes de production à cause du morcellement et de l'indivision des terres (cas de l'association céréales-moutons et accès aux terres de parcours).
- Absentéisme des propriétaires, niveau d'instruction des agriculteurs insuffisant et absence d'organisation socio- professionnelle [8].
- La pauvreté des populations rurales et les disparités entre les zones rurales et urbaines, se traduit par des difficultés d'investir dans des projets viables en milieu agricole, mais plutôt pour survivre à sur exploiter les ressources naturelles, à travers, le surpâturage, le défrichement, la mise en culture en sec, la déforestation. En dernier ressort, à cause de la dégradation des ressources et la désertification cette situation se traduit par l'exode rural.

Les atouts de l'aridoculture

A coté de nombreuses contraintes au développement agricole en régions arides, il existe des atouts pour une aridoculture performante:

- La disponibilité d'énergies renouvelables et notamment solaire et éolienne,
- La disponibilité dans de nombreuses zones d'importantes ressources hydriques,
- Possibilités de production de fruits et légumes précoces par suite de conditions climatiques et édaphiques favorables.
- La disponibilité d'un matériel végétal et animal adapté aux contraintes climatiques, édaphiques, hydriques et salines.
- Savoir-faire des oasiens sur les meilleures conditions de gestion de l'espace agricole à travers l'adoption des cultures en 03 strates (palmier dattier, arbres fruitiers, cultures

marâchères ou cultures fourragères ou cultures céréalières).

- Savoir-faire dans la gestion des zones agropastorales à travers l'association céréales-pastoralisme et l'affectation des terres à emblaver en orge et celles à réserver à l'arboriculture.

- Savoir-faire dans la collecte et le stockage de l'eau et la protection des sols à travers la réalisation d'ouvrages à partir de matériaux disponibles sur place et utilisant le contexte géomorphologique local.

- La disponibilité d'eaux géothermales chaudes constituant, une source d'énergie pour le chauffage des serres et la production de légumes à contre saison.

- Atout touristique certain de ces régions avec des conséquences sur l'aridoculture (baisse de la pression et écoulement des produits).

Conséquences de l'aridoculture (non raisonnée)

L'aridoculture est certes la pratique dont l'objectif est de répondre aux besoins alimentaires et socio-économiques de régions arides à ressources hydriques faibles ou fossiles et à écosystèmes fragiles, mais elle constitue souvent un facteur de dégradation du milieu. En effet, qu'elle soit fondée sur une agriculture en sec ou en irrigué, qu'elle traite de l'élevage nomade ou sédentaire, on observe une atteinte aux composantes de base des écosystèmes (sol, eau, plante) dans ces régions, mettant en péril sa durabilité avec des conséquences sur les plans économique (baisse de la productivité des agrosystèmes, du niveau de vie et du pouvoir d'achat) et social (exode rural, paix sociale menacée).

Le Dry-farming provoque la dégradation des sols (perte de matière organique, destructuration, érosion, diminution de l'épaisseur et de la fertilité des sols).

La dégradation des parcours steppiques à cause de la sécheresse, mais aussi à cause d'une aridoculture non raisonnée (labours, dégradation de l'écosystème, désertification, sables dunaires, diminution des espèces spontanées, atteinte à la biodiversité).

On peut énumérer plusieurs conséquences néfastes d'une agriculture irrationnelle:

- La salinisation des terres irriguées, extension des terres salées, diminution des rendements;

- La pollution des nappes (fertilisants et pesticides);

- La remontée de la nappe superficielle;

- Le rabattement des nappes profondes.

- La diminution de la biodiversité, tendance vers la monospécificité ou monovariété pour des raisons commerciales

- La prolifération des insectes, maladies et adventices.

Suggestions et perspectives

Les nouveaux rapports mondiaux et notamment la libre circulation des produits ne sont pas à l'avantage de l'aridoculture, mais doivent pousser cette dernière vers des mutations des pratiques agronomiques locales, c'est-à-dire vers une meilleure gestion de la ressource hydrique, la mise au point de variétés et l'élaboration de techniques culturelles appropriées. Ces mutations devront partir des savoir-faire existants et associer et faire participer les populations concernées [9].

Une aridoculture performante dans le cadre d'un développement durable suppose une évaluation des ressources naturelles par l'utilisation de techniques adéquates (SIG, télédétection) en vue d'adopter une stratégie en relation avec les réalités du développement et qui comprend l'organisation, la planification et la gestion de ces ressources.

Une volonté politique est donc interpellée ici plus qu'ailleurs, à travers la concrétisation d'un plan de développement à long terme de ces régions où l'agriculture est certes le secteur focal mais doit être accompagné d'autres secteurs, l'hydraulique, l'industrie, la recherche, le tourisme, les transports, les travaux publics, l'artisanat etc., dans le cadre d'une gestion intégrée de l'espace. Cette stratégie de développement durable doit être élaborée à la lumière des spécificités, des atouts, des contraintes des régions arides, mais aussi à la lumière des expériences et des changements à l'échelle mondiale.

Une politique de soutien à l'investissement agricole est nécessaire et doit être revue à la hausse (actuellement 6 à 7% de la production, elle est de 48% dans l'UE) notamment en zones arides où les contraintes sont multiples.

Une politique de réutilisation pour l'irrigation après épuration des eaux usées dans ces régions doit être adoptée et généralisée. De même qu'il y a lieu d'encourager les techniques économisatrices d'eau.

Il y a lieu de promouvoir la diversification des activités agricoles et ne pas négliger un secteur par rapport à un autre.

La formation et la vulgarisation constituent un préalable au développement d'une agriculture compétitive.

Enfin la productivité et la durabilité de l'aridoculture passent par l'analyse de la réponse des végétaux et des animaux aux différentes contraintes abiotiques et biotiques et une gestion durable des ressources naturelles. C'est entre autre le rôle de la recherche scientifique qu'elle soit fondamentale ou appliquée, et dont la finalité est de proposer aux décideurs des solutions réalistes, rentables, préservant l'environnement et acceptées par la société.

Références bibliographiques

- [1] SEGUIN B., 2002- Changements climatiques et effet de serre. Quelles contraintes pour les agriculteurs du sud. Note INRA, Avignon, 4 p.
- [2] DUBOST D., 2002- Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes- Edition CRSTRA, 423 pages.
- [3] HALITIM A., 1989- Sols des régions arides d'Algérie. Ed. OPU, Alger, 384 p.
- [4] DAOUD Y. et HALITIM A., 1994- Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. Sécheresse, 3 (5): 151-160.
- [5] UNESCO, 1972- Projet ERESS. Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional. Rapport final, Paris, 79 p.
- [6] KHADRAOUI A., 2006- Ressources en eau au Sahara et leur impact environnemental. Actes des journées internationales sur la désertification et le développement durable, Biskra, du 10 au 12 juin 2006 : 49-54.
- [7] PERENNES J., 1980- Les structures agraires et décolonisation des oasis de l'oued Rhir. OPU, Alger, 310 p.
- [8] ABABSA S., 2006- Stratégies paysannes et lutte contre la désertification en milieu saharien. Actes des journées internationales sur la désertification et le développement durable. Biskra du 10 au 12 juin 2006: 91-96
- [9] BENZIOUCHE S., 2006- L'impact du PNDA sur les mutations du système de production oasien dans le sud algérien. Revue des régions arides, Actes du séminaire international, Mednine: 1320-1330.

Accumulation des métaux lourds chez le Peuplier: Localisation tissulaire et expression de quelques transporteurs

MIGEON Aude, BLAUDEZ Damien, GUINET Frédéric, CHALOT Michel
et BOTTON Bernard

Ecophysiologie et Ecologie Fonctionnelles, Unité Mixte de Recherche INRA-UHP 1136, Interactions
Arbres-Microorganismes, Faculté des Sciences et Techniques IFR 110 Génomique, Université Henri
Poincaré, Nancy 1, Vandoeuvre-Les-Nancy Cedex, France

Résumé- Chez les végétaux, des éléments non essentiels comme le Cd et le Pb peuvent être absorbés et constituer un danger potentiel car ils entrent dans la chaîne alimentaire. Les éléments traces comme le Zn, Fe, Cu, Co, Mn, Mo et Ni sont nécessaires aux processus biologiques, mais leur accumulation excessive peut être toxique. Dans le cadre de cette étude il a été montré que le Peuplier (*Populus* spp.) pouvait accumuler de relativement fortes concentrations de certains métaux (Cd, Zn et Ni) par rapport à d'autres espèces ligneuses. Différents cultivars ont été testés en culture hydroponique et il a été montré que les hybrides de *Populus trichocarpa* accumulaient davantage que les autres. Ces hybrides ont été implantés sur deux sites pollués et il en résulte que, combiné à la production d'une forte biomasse qui peut être utilisée pour produire de l'énergie, le caractère accumulateur du Peuplier, fait de cet arbre un bon candidat pour la phytoremédiation. Une étude de localisation tissulaire des métaux dans les feuilles et les tiges de Peupliers soumis à une polycontamination métallique a également été entreprise par Microscopie Electronique à Balayage (MEB) et Spectrométrie de Masse à Ionisation Secondaire (SIMS). Cette dernière technique a permis de montrer que le Zn était essentiellement concentré au niveau du mésophylle. Afin d'analyser quelques déterminants de la tolérance aux métaux, des mesures d'expression et de caractérisation fonctionnelle de transporteurs appartenant à la famille CDF (Cation Diffusion Facilitator) ont été réalisées dans différents tissus et dans différentes conditions physiologiques. La spécificité des gènes exprimés et leur localisation ont été étudiées, respectivement par complémentation fonctionnelle et par expression hétérologue à la suite d'une fusion GFP, chez la levure. Ces techniques ont permis de mettre en évidence un transporteur de Zn (PtMTP2) et un transporteur de Mn (PtMTP9).

Mots-clés: Cation diffusion facilitator, métaux lourds, phytoremédiation, *Populus* spp., transporteurs

Accumulation of heavy metals in Poplar: Tissue localization and expression of some transporters

Abstract- In plants, non-essential elements such as Cd and Pb can be absorbed and constitute a potential hazard because they enter the food chain. Trace elements such as Zn, Fe, Cu, Co, Mn, Mo and Ni are necessary biological processes, but their excessive accumulation can be toxic. In this study it was shown that the poplar (*Populus* spp.) Could accumulate relatively high concentrations of some metals (Cd, Zn and Ni) compared to other woody species. Different cultivars were tested in hydroponics and it was shown that hybrids of *Populus trichocarpa* accumulated more than others. These hybrids were implanted in two polluted sites, and it follows that, combined to produce a high biomass that can be used to produce energy, the character accumulator Poplar, makes this tree a good candidate for phytoremediation. A study of tissue localization of metals in leaves and stems of poplars subjected to polycontamination metal was also taken by scanning electron microscopy (SEM) and Mass Spectrometry Secondary Ion (SIMS). The latter technique showed that Zn was mostly concentrated in the mesophyll. To analyze some determinants of metal tolerance, measures of expression and functional characterization of transporters belonging to the CDF family (Cation Diffusion Facilitator) were conducted in different tissues and under different physiological conditions. The specificity of genes expressed and their localization were studied respectively by functional complementation and heterologous expression following GFP fusion in yeast. These techniques allowed to identify a carrier of Zn (PtMTP2) and a transporter of Mn (PtMTP9).

Keywords: Cation diffusion facilitator, heavy metals, phytoremediation, *Populus* spp., transporters

Introduction

Par définition, les métaux lourds ont une masse volumique supérieure à 6 g par mL et ont un numéro atomique supérieur à 20. En outre ils forment des précipités insolubles avec les sulfures. L'appellation est cependant discutée car les métaux lourds sont réputés toxiques alors que certains sont des oligo-éléments (Cu, Fe, Zn) et que d'autres sont en réalité des métalloïdes (Se, As).

Des espèces ligneuses comme le Peuplier et le Saule sont fréquemment rencontrées sur les sites contaminés par les métaux lourds [1]. Leur forte biomasse et leur croissance rapide en font d'excellents candidats à la phytoremédiation et sont une alternative aux plantes hyperaccumulatrices de faible taille. Des peupliers hybrides ont souvent été utilisés dans des études de phytoremédiation pour la décontamination des sols ou d'eaux résiduaires, pollués par le zinc [2, 3], le cadmium [4], le sélénium [5], le chrome [6] ou des composés organiques [7].

Les ions métalliques sont mobilisés par la sécrétion de chélateurs et par l'acidification du sol, puis sont absorbés grâce à des systèmes de transport localisés sur la membrane plasmique. Ensuite, les métaux sont transportés des racines vers les parties aériennes via le xylème et sont accumulés principalement dans des organites cellulaires comme la vacuole, le réticulum endoplasmique ou l'appareil de Golgi [8].

Les plantes diffèrent dans leur capacité à transférer les métaux lourds de la racine à la feuille. C'est ainsi que le plomb, le chrome et le cuivre sont plutôt retrouvés dans les racines alors que le cadmium, le nickel et le zinc s'accumulent au niveau des tissus aériens [7].

1. Matériel et méthodes

1.1. Recherche de clones de peuplier présentant un caractère de tolérance aux métaux lourds

Différents cultivars de peuplier ont été prélevés sur des sites contaminés notamment par le Zn, le Cd et le Pb (site de Micheville – Lorraine ; site Metaleurop – Nord Pas de Calais). Le peuplier a dans un premier temps été comparé aux autres essences trouvées sur les sites.

Les cultivars de Peuplier provenant des sites pollués ainsi que d'autres issus de collections et fournis par l'INRA Orléans, ont été également cultivés en milieu hydroponique sur film nutritif en présence ou non de différentes concentrations en métaux.

La tolérance est estimée par mesure de biomasse produite ainsi que par mesure des teneurs en métaux par ICP-AES (Spectrométrie d'absorption atomique par plasma d'argon induit).

Des recherches de localisation des métaux lourds ont été réalisées par Microscopie Electronique à Balayage (MEB) et par Spectrométrie de Masse à Ionisation Secondaire (SIMS) selon des protocoles décrits précédemment [9].

1.2. Etude des transporteurs de métaux

Afin de mettre en évidence des déterminants de la tolérance aux métaux, les transporteurs de la famille CDF (Cation Diffusion Facilitator) ont été étudiés.

Ces études nécessitent d'extraire les ARNs, puis d'amplifier les gènes des transporteurs par RT-PCR afin d'étudier leur expression.

L'étude de l'expression des gènes est testée en fonction du tissu (feuille, tige, racine) mais aussi en comparant les expressions d'échantillons provenant d'un site pollué par rapport à un site témoin.

Certains gènes exprimés sont étudiés plus en détail par complémentation fonctionnelle chez la levure.

La localisation intracellulaire d'un transporteur de manganèse (MTP9) a été réalisée après son clonage dans le vecteur d'expression pYES2 en fusion avec la GFP, selon des techniques décrites antérieurement [10].

2. Résultats

2.1. Teneur en métaux des végétaux prélevés sur le site pollué de Métaleurop

En ce qui concerne l'accumulation de Cd trois espèces se distinguent: *Arabidopsis halleri* avec des concentrations bien supérieures aux autres espèces puisqu'elles atteignent 300 µg/g de matière sèche, contre 70 µg/g pour *Salix caproea* et 50 µg/g pour *Populus trichocarpa* x *Populus deltoides* (fig. 1). Hormis un autre saule (*Salix alba*) qui a une valeur intermédiaire, les autres espèces végétales présentent des concentrations largement inférieures. Ainsi le chêne (*Quercus rubra*) accumule 40 fois moins de Cd que le peuplier.

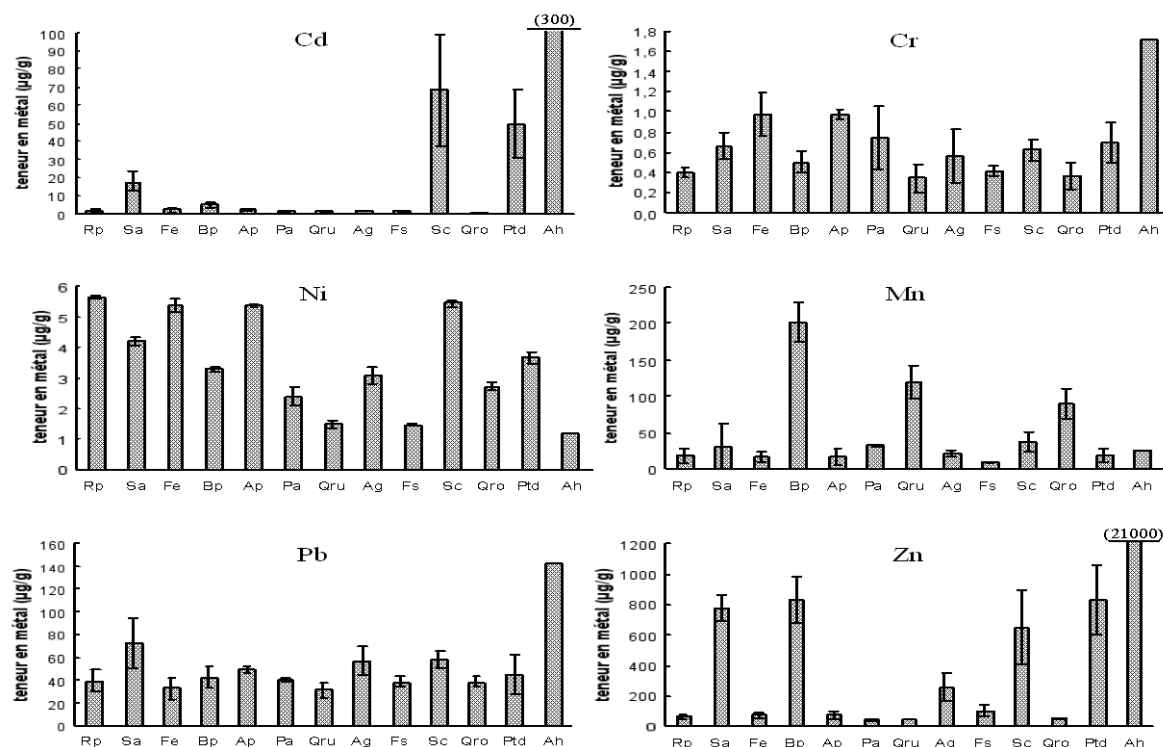


Figure 1- Concentrations des métaux dans les feuilles de différentes espèces végétales prélevées sur le site pollué de Métaleurop

(Ag: *A. glutinosa*, Ah: *A. halleri*, Ap: *A. pseudoplatanus*, Bp: *B. pendula*, Fe: *F. excelsior*, Fs: *F. sylvatica*, Pa: *P. avium*, Ptd: *P. trichocarpa* x *P. deltoides*, Qro: *Q. robur*, Gru: *Q. rubra*, Rp: *R. pseudoacacia*, Sa: *S. alba*, Sc: *S. caproea*. Les barres verticales indiquent les écart-types calculés sur les 3 réplicats de chaque espèce végétale)

Le manganèse présente de fortes variations interspécifiques et le peuplier n'est pas le plus gros accumulateur de cet élément.

En ce qui concerne le nickel, les concentrations varient d'un facteur 5 entre les extrêmes. Par exemple le peuplier accumule 2,5 fois plus que le hêtre mais 1,5 fois moins que le saule.

Certains métaux comme le chrome et le plomb ne présentent pas de fortes différences entre espèces tout au plus un facteur 2 entre les extrêmes.

2.2. Teneur en métaux des végétaux prélevés sur site pollué et site témoin

Une différence significative entre les arbres poussant sur site pollué et leurs témoins est trouvée dans la plupart des cas : pour le Cd, le Ni, le Mn, le Pb et le Zn (Fig. II). Il n'y a pas de différence significative pour le chrome. Ces différences entre site pollué et site témoin peuvent être importantes. En effet, *P. trichocarpa* x *P. deltoides* montre une concentration 30 fois supérieure en cadmium sur le site pollué. Pour le plomb, c'est *P. tremula* x *P. tremuloïdes* qui est 8 fois plus concentré sur le site pollué. De fortes différences sont aussi observées pour le zinc et pour le nickel.

Cependant les différences entre clones de peuplier varient selon les métaux. Par exemple le clone *P. tremula* x *P. tremuloïdes* accumule davantage le plomb et le nickel que les autres clones.

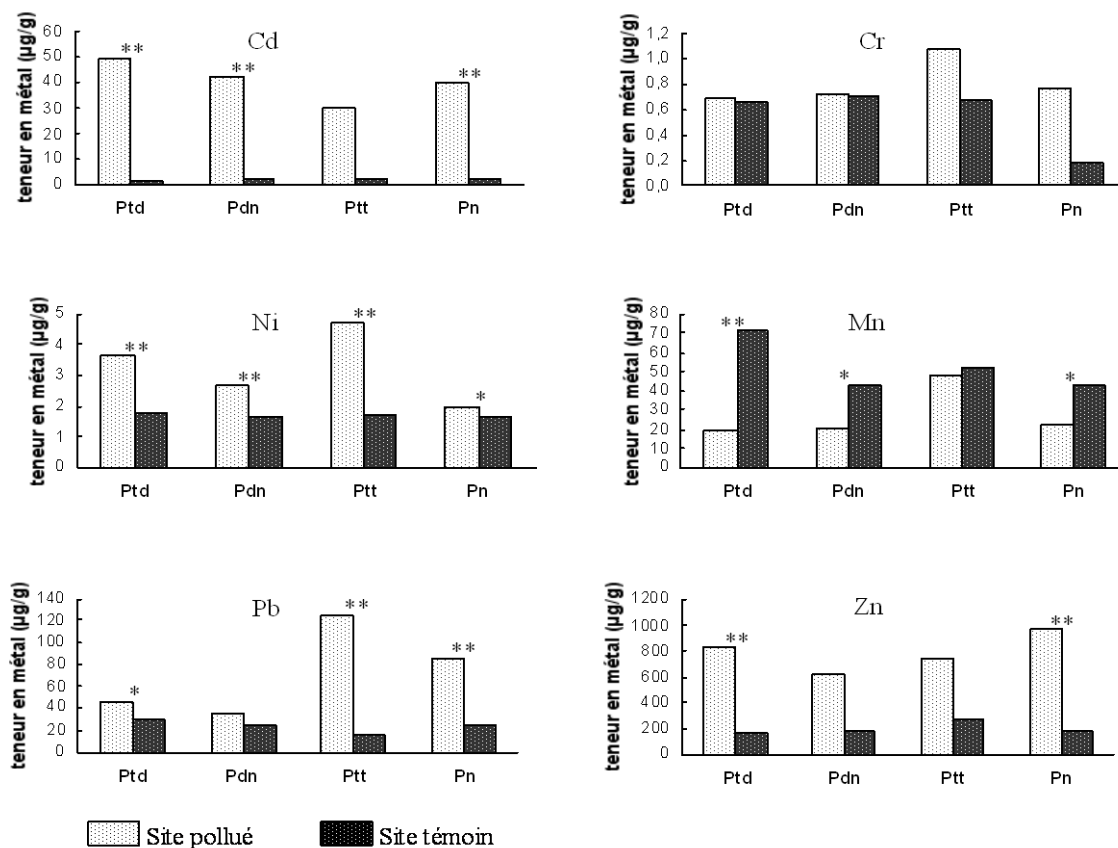


Figure II- Evolution de la concentration en métaux chez différents clones ou hybrides de peupliers entre le site pollué et son témoin
(Ptd: *P. trichocarpa* x *P. deltoides*; Pdn: *P. deltoides* x *P. nigra*; Ptt: *P. tremula* x *P. tremuloïdes*;

Pn: *P. nigra*)

Les différences statistiques de concentration en métaux entre le site pollué et son témoin sont montrées par de simples astérisques ($P < 0,05$) ou doubles astérisques ($P < 0,01$) et ont été déterminées par un test t de student sur des données normalisées.

2.3. Teneur en métaux de cultivars de peuplier cultivés en hydroponique

En culture hydroponique, les cultivars qui accumulent le mieux le Cd appartiennent à l'espèce *trichocarpa* puisque les 4 cultivars en tête de ce classement sont des hybrides de *P. trichocarpa* ou des *trichocarpa* purs (Tableau I). Un facteur de l'ordre de 15 est observé entre les cultivars qui accumulent le plus (Skado, Raspalje, Bakan et Fritzi Pauley) et celui qui accumule le moins (L155A56).

Si on se réfère à la quantité de Cd accumulée par plante, Raspalje, Bakan et Skado sont les cultivars les plus accumulateurs de Cd en conditions de culture hydroponique (non montré).

Tableau I- Concentrations en Cd des cultivars testés en culture hydroponique

Cultivar	teneur en Cd (ppm)
Skado (TxM)	108,19
Raspalje (TxD)	63,13
Bakan (TxM)	34,91
Fritzi Pauley (T)	25,60
AFO 676 (N)	24,54
Dvina (D)	18,20
Koster (DxN)	18,10
Lena (D)	16,28
Muur (DxN)	16,26
Eridano (DxM)	15,96
Blc de Garonne (N)	15,67
Sile (DxC)	13,86
Rochester (MxN)	7,47
L155 A56 (D)	7,19

Les concentrations en zinc dans les différents cultivars vont de 400 à 1400 ppm. Les 3 cultivars qui accumulent le plus le zinc sont dans l'ordre Skado, Raspalje et Fritzi Pauley. Quand on considère la biomasse, les 3 cultivars les plus intéressants sont Raspalje, Bakan et Eridano (non montré).

2.4. Localisation tissulaire du Zn

La technique SIMS a permis de localiser le Zn, mais pas le Cd qui était insuffisamment concentré. La cartographie du Ca permet de définir les contours des tissus et par la suite de localiser le métal qui est trouvé au niveau du mésophylle et de l'épiderme (non montré).

2.5. Expression de quelques gènes transporteurs de métaux

L'expression de quelques transporteurs de métaux a été réalisée sur *Populus trichocarpa* cultivé en laboratoire (fig. 3).

La plupart des transporteurs sont exprimés dans toutes les parties de la plante. Cependant certains sont faiblement représentés dans la racine (MTP4.2, 5 8.1 et 12). Les autres déterminations sont conduites sur feuilles jeunes.

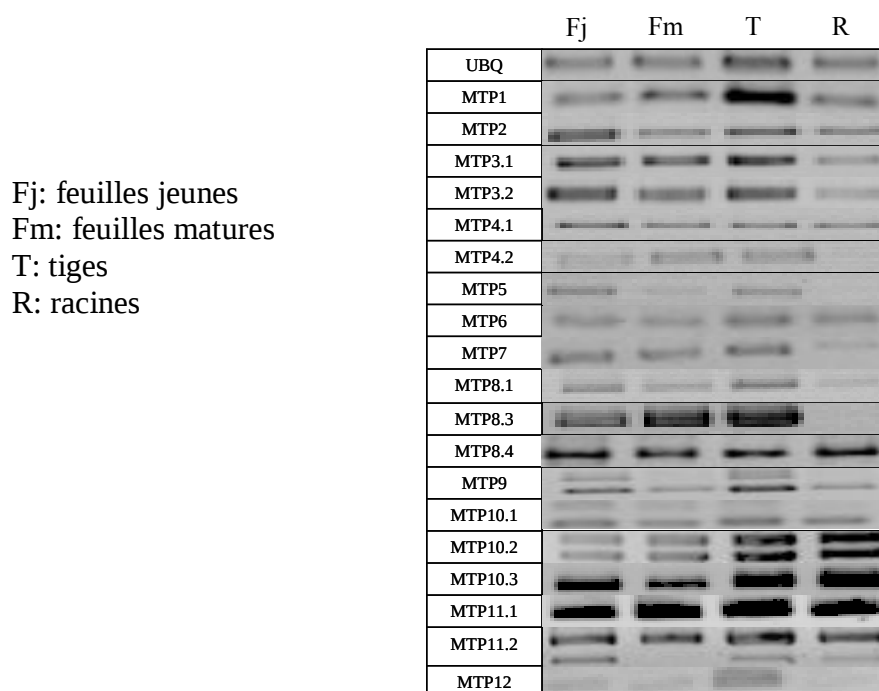


Figure 3- Expression des transporteurs de métaux chez *Populus trichocarpa* (MTP1, 2, 3 et 4 sont des transporteurs de Zn ; MTP8, 9 10 et 11 sont des transporteurs de Mn. MTP5, 6, 7 et 12 n'ont pas de spécificité connue. UBQ : ubiquitine (gène marqueur).

Les gènes des transporteurs de zinc MTP1, MTP3.1 ainsi que le gène du transporteur de manganèse MTP9 sont davantage exprimés dans les feuilles provenant du site contaminé en comparaison avec le site témoin (fig. 4). Ceci semble indiquer une augmentation d'expression en présence de fortes concentrations en métaux dans le sol et dans la feuille. A l'opposé le gène du transporteur MTP2 est plus exprimé sur les échantillons provenant du site témoin.

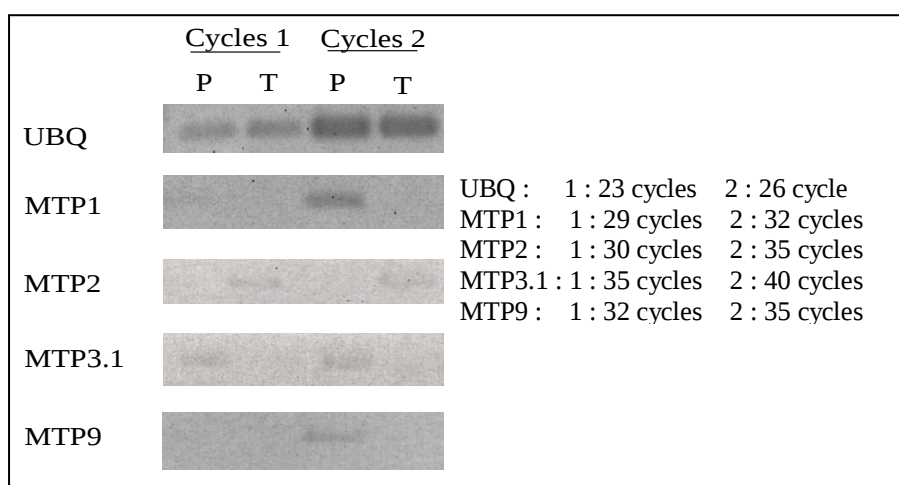


Figure 4- Expression des transporteurs MTP1, MTP2, MTP3.1, MTP9 et de l'ubiquitine sur des échantillons de *P. trichocarpa* x *P. deltoides* provenant du site pollué (P) et de son témoin (T)

2.6. Caractérisation fonctionnelle de quelques transporteurs de la famille CDF

La spécificité des transporteurs pour les métaux a été étudiée par complémentation fonctionnelle chez la levure *Saccharomyces cerevisiae*.

Un transporteur de cette famille a déjà été caractérisé dans le laboratoire, il s'agit de MTP1, un transporteur de zinc [10]. L'analyse de MTP2 et MTP9 a été réalisée via le clonage dans le vecteur d'expression pFL61 et l'expression hétérologue de ces transporteurs dans des souches de levures sensibles au Zn (*zrc1Δ*), au Mn (*pmr1Δ*) ou au Cd (*ycf1Δ*) (Fig. V).

Le témoin positif utilisé est la souche sauvage transformée par le vecteur vide (pFL61) alors que le témoin négatif est constitué par les souches mutantes transformées avec le vecteur vide.

MTP2 restaure la croissance de la souche mutante *zrc1Δ* ce qui indique que ce transporteur est spécifique du Zn. De même, MTP9 restaure la croissance de la souche mutante *pmr1Δ* ce qui indique que ce transporteur est spécifique du Mn. Les deux transporteurs ne restaurent pas la tolérance au Cd.

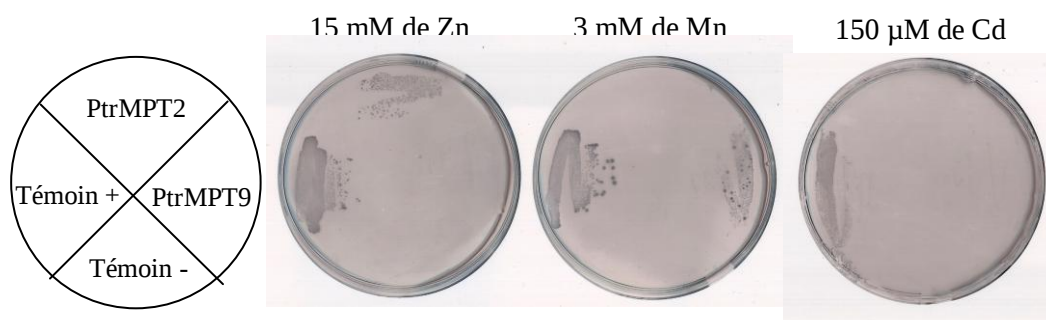


Figure 5- Caractérisation fonctionnelle de MTP2 et MTP9

2.7. Localisation du transporteur de manganèse MTP9

Le transporteur de manganèse MTP9 a été cloné dans le vecteur d'expression pYES2 en fusion avec la GFP dans but de mettre en évidence sa localisation cellulaire chez la levure.

Les résultats obtenus semblent indiquer une localisation au niveau de l'appareil de Golgi (fig. 6). Cette localisation rappelle en effet celles de MTP11.1 et MTP11.2 confirmées dans cet organe [11].

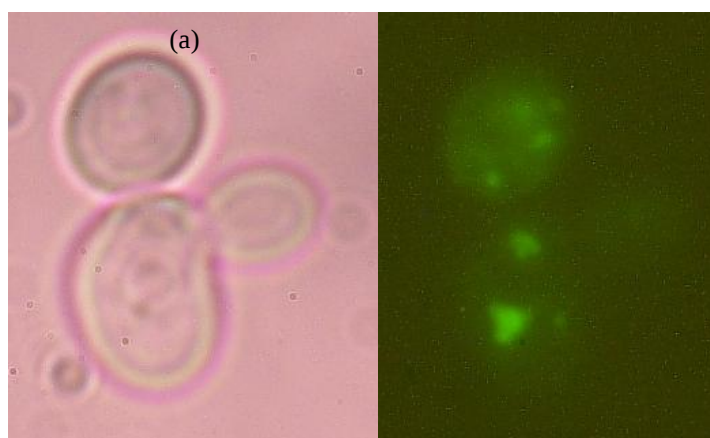


Figure 6- Observation des cellules de levure exprimant MTP9-GFP au microscope en lumière blanche (a) ou en fluorescence (b)

Conclusion

Les résultats indiquent que le peuplier est une espèce intéressante pour la phytoextraction du Cd et du Zn puisqu'il présente des concentrations en ces éléments plus élevées que celles des autres plantes ligneuses présentes sur les mêmes sites.

Le criblage de plusieurs cultivars montre que ceux qui accumulent le mieux le Cd sont des hybrides de *P. Trichocarpa* ou des *trichocarpa* purs. Un facteur de l'ordre de 15 est observé entre les cultivars qui accumulent le plus (Skado, Raspalje, Bakan et Fritzi Pauley) et celui qui accumule le moins (L155A56). Les hybrides de *P. Trichocarpa* sont également les plus forts accumulateurs de Zn avec un facteur de l'ordre 4 entre les cultivars extrêmes.

En ce qui concerne les transporteurs, les analyses d'expression montrent que tous les membres de la famille CDF sont exprimés, notamment dans les feuilles et les tissus vasculaires, certains plus exprimés sur sol pollué.

La spécificité des transporteurs MTP2 et MTP9 a été confirmée par expression hétérologue chez la levure. D'autre part, la localisation cellulaire par fusion GFP montre que MTP9 est localisé au niveau de l'appareil de Golgi quand l'expression est réalisée chez la levure. Ce résultat est à confirmer par expression transitoire *in planta*.

Références bibliographiques

- [1] Punshon T., Lepp N.W., Dickinson N. M. (1995) Resistance to copper toxicity in some British willows. *Journal of Geochemical Exploration* 52: 259-266.
- [2] Di Baccio D., Tognetti R., Sebastiani L., Vitagliano C. (2003) Responses of *Populus deltoides* x *Populus nigra* (*Populus* x *euramericana*) clone I-214 to high zinc concentrations. *The New Phytologist* 159: 443-452.
- [3] Sebastiani L., Scebba F., Tognetti R. (2004) Heavy metal accumulation and growth responses in poplar clones Eridano (*Populus deltoides* x *maximowiczii*) and I-214 (*P. euramericana*) exposed to industrial waste. *Environmental and Experimental Botany* 52: 79-88.
- [4] Robinson B.H., Mills T.M., Petit D., Fung L.E., Green S.R., Clothier B.E. (2000) Natural and induced cadmium-accumulation in poplar and willow: Implications for phytoremediation. *Plant and Soil* 227: 301-306.
- [5] Pilon-Smits E.A.H., De Souza M.P., Lytle C.M., Shang C., Lugo T., Terry N. (1998) Selenium volatilization and assimilation by hybrid poplar (*Populus tremula* x *alba*). *Journal of Experimental Botany* 49: 1889-1892.
- [6] Pulford I.D., Watson C., McGregor S.D. (2001) Uptake of chromium by trees: Prospects for phytoremediation. *Environmental Geochemistry and Health* 23: 307-311.
- [7] Pulford I.D., Watson C. (2003) Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees. A review. *Environment International* 29: 529-540.

- [8] Clemens S. (2002) A long way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation. *Trends in Plant Science* 7: 309-315.
- [9] Migeon A., Richaud P., Guinet F., Chalot M., Blaudez D. (2009) Metal accumulation by woody species on contaminated sites in the north of France. *Water, Air, & Soil Pollution* (publié en ligne, sous presse).
- [10] Blaudez D., Kohler A., Martin F., Sanders D., Chalot M. (2003) Poplar metal tolerance protein 1 confers zinc tolerance and is an oligomeric vacuolar zinc transporter with an essential leucine zipper motif. *The Plant Cell* 15: 2911-2928.
- [11] Peiter E., Montanini B., Gobert A., Pedas P., Husted S., Maathuis F.J.M., Blaudez D., Chalot M., Sanders D. (2007) A secretory pathway-localized cation diffusion facilitator confers plant manganese tolerance. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 104: 8532-8537.

Application des indicateurs ethnobotaniques de la diversité au palmier dattier

Tirichine Aissa¹, Belguedj Malek¹, Benkhalifa Abderrahmane² et Guerradi Messaouda³

¹ INRA, Alger, Algérie.

² ENS, Vieux Kouba, Alger, Algérie

³ DSA, Ghardaïa, Algérie

Résumé- L'étude des ressources génétiques du palmier dattier envisage généralement une évaluation de la composition en cultivars d'une palmeraie donnée. Elle se base sur l'inventaire et l'estimation des fréquences d'abondance de l'ensemble des cultivars. D'autre part cette étude peut aussi s'intéresser au mode de gestion de cette diversité agricole. Dans la région du Mزاب, des travaux similaires ont été conduits donnant état de l'existence d'une diversité jugée intéressante mais l'état d'érosion de cette richesse reste encore mal connu. L'utilisation d'indices ou d'indicateurs constitue un moyen d'évaluation du degré d'érosion de la diversité génétique d'une espèce végétale donnée. Les indicateurs ethnobotaniques de la diversité dans les espèces cultivées appliqués au palmier dattier dans les conditions de la région du Mزاب révèlent un risque d'érosion où les deux indicateurs relatifs au rôle de l'espèce dans la culture alimentaire locale et les usages multiples de la même espèce sont peu vérifiables. Une analyse des différents indicateurs ethnobotaniques fait ressortir les forces et les faiblesses de la gestion actuelle des ressources génétiques du palmier dattier.

Mots clés: Ressources génétiques, *Phoenix dactylifera* L., indicateur ethnobotanique, Algérie.

Application of Ethnobotanical indicators of diversity in date palm tree

Abstract- The study of date palm genetic resources generally requires an evaluation of the composition of a given palmary cultivars. It is based on the inventory and the estimated frequency of abundance of all cultivars. Moreover, this study may also be interested in the mode of management of this agricultural diversity. In the region of Mزاب, similar studies have reported that the existence of diversity was interesting but the rate of erosion of this wealth remains unknown. The use of indices or indicators is a means of assessing the degree of erosion of genetic diversity of certain plant species. Ethnobotanical indicators of diversity in the species cultivated applied to date palm in the conditions of the region Mزاب indicate a risk of erosion. In this case, the two indicators relating to the role of species in the local food culture and the multiple uses of the same species are not verifiable. An ethnobotanical analysis of various indicators highlights the strengths and weaknesses of the current management of date palm genetic resources.

Keywords: Genetic Resources, *Phoenix dactylifera* L., ethnobotany indicator, Algeria.

Introduction

En milieu saharien où l'aridité du climat engendre une rareté des ressources, l'homme a pu édifier des espaces naturels séculaires (les oasis) qui témoignent d'une gestion rationnelle des ressources en eau, sol et plantes. La diversité génétique des espèces cultivées (la diversité agricole) est considérée comme l'un des éléments fondamentaux de la pérennité des oasis. Elle constitue un rempart naturel important à différents facteurs de dégradation de l'écosystème oasien [1]. De ce fait l'importance donnée à l'étude des ressources phytogénétiques est dûment justifiée. Des travaux d'inventaire et de caractérisation ont concerné en premier temps (depuis les années 80) le palmier dattier car il représente le pivot de l'agriculture oasienne. Les résultats obtenus donnent état d'une diversité intéressante en cultivars de dattier mais sujette à une déperdition importante en gènes [2, 3, 4, 5, 6]. La perte en diversité constatée est mal connue car d'une part les travaux d'évaluation des dattiers sont très élargis dans le temps et dans l'espace [7], les méthodologies employées reposent selon Acourene *et al.* [5] sur la notion d'abondance relative qui est arbitraire et permet seulement de

donner une idée sur la distribution géographique et l'importance quantitative du cultivar au niveau des palmeraies, et d'autre part les inventaires et les évaluations réalisés sont difficiles à synthétiser [8] et l'identification des cultivars de palmier dattier est une opération délicate [9]. Tenant compte de ces constats, la recherche d'un moyen pour connaître l'état d'érosion de cette richesse est d'une importance capitale car à partir des renseignements tirés, les changements des pratiques de gestion de ce patrimoine seront orientés. Les indicateurs sont parmi les outils développés pour ce genre de questions. Levrel [10], mentionne que le recours à des indicateurs fondamentalement approximatifs mais permettant d'argumenter sur des phénomènes peu ou mal connus est une aubaine. Selon Rondeaux [11], la mesure d'un aspect de tel ou tel critère est exprimée par ce qu'il est convenu d'appeler un indicateur caractérisé par une ou plusieurs variables qualitatives ou quantitatives capables, par observations périodiques, de préciser l'état ou les tendances de ce critère.

Plusieurs indicateurs de biodiversité cultivée sont proposés par les instances internationales (FAO, CBD et OCDE). Loyat *et al.* [12] notent qu'il ne peut y avoir d'indicateurs globaux applicables partout et en tous temps. Un site donné est inséré dans un territoire, avec des enjeux et des risques qui lui sont propres. C'est à cette échelle que les indicateurs doivent être appréhendés. Dans ces conditions, le choix d'indicateurs à utiliser sera une opération difficile.

Tenant compte de type de données disponibles sur la gestion de la diversité du palmier dattier dans la région du Mزاب, le choix a été porté sur les indicateurs ethnobotaniques de la diversité dans les espèces cultivées. L'importance que porte ce genre d'indicateur est qu'ils examinent les relations entre les variétés et leur milieu écologique et socioculturel. Ce qui détermine selon CBD [13] la capacité de ces variétés de contribuer à la réalisation de l'objectif général d'une production alimentaire durable.

Le présent document analyse les différents indicateurs ethnobotaniques appliqués au palmier dattier. L'objectif n'est pas de donner des conclusions définitives, mais d'entamer une réflexion sur l'évaluation de la déperdition génétique chez le palmier dattier en se baser sur l'existant en données, définitions et applications.

2. Matériels et méthodes

L'analyse des données obtenues lors des diagnostics participatifs des palmeraies de la région du Mزاب a permis une caractérisation du mode de gestion des ressources génétiques du palmier dattier. Dans le but de connaître l'état d'érosion de la diversité génétique du palmier dattier en cette région, une recherche bibliographique a fait mentionner une multitude d'indicateurs de biodiversité cultivée qui sont proposés et testés. En présence de données de type qualitatif, il a été décidé d'utiliser les indicateurs ethnobotaniques de la diversité dans les espèces cultivées proposées par Eyzaguirre [14]. L'auteur donne 04 indicateurs à savoir :

- Espèce jouant un rôle important dans la culture alimentaire locale,
- Les usages multiples de la même espèce,
- Culture de la même espèce dans divers milieux et micro-milieux,
- Existence de systèmes locaux de germoplasmes et échange de germo-plasmes dans et entre les communautés.

L'auteur désigne pour chaque indicateur les variables permettant d'examiner son évolution (tab. I). C'est à travers l'analyse de ces variables que les résultats obtenus sont discutés.

Tableau I- Indicateurs ethnobotaniques de la diversité dans les espèces cultivées [14]

Indicateurs	Variables
Rôle de l'espèce dans la culture alimentaire locale	Plusieurs noms pour des variétés d'une même espèce
	Traditions associées à l'espèce
	Usages cérémoniaux et rituels de l'espèce
	Connaissances d'une espèce bien réparties entre différents secteurs de la communauté et transmises de génération en génération
Usages multiples de la même espèce	Utilisée comme denrée de base, comme légume, comme condiment, comme médicament, comme boisson, à des fins non alimentaires
	Différents cultivars de l'espèce sont préférés pour des usages distincts
	Différentes parties de la plante sont utilisées pour des usages alimentaires et non alimentaires
Culture de la même espèce dans divers milieux et micro-milieux	Dans une zone écologique, les agriculteurs la cultivent dans diverses conditions, divers micro-milieux
	On trouve l'espèce dans un large éventail d'écozones et dans les régions peu productrices, même là où on ne s'attend pas à la trouver
	L'espèce peut jouer à la fois un rôle majeur et un rôle secondaire dans les systèmes agricoles locaux
Existence de systèmes locaux de germoplasmes et échange de germo-plasmes	Diverses communautés culturelles préservent l'espèce dans leurs systèmes de taxonomie et de germoplasmes
	Echange de germoplasmes entre communautés culturelles et milieux culturels
	Les agriculteurs appliquent différents critères de sélection des matériels végétaux provenant de leur propre récolte ou d'ailleurs

2. Résultats et discussion

2.1. Rôle de l'espèce dans la culture alimentaire locale

Plusieurs noms pour des variétés d'une même espèce

Le travail d'inventaire entrepris dans la région du Mزاب donne état de multitudes de noms. A chaque cultivar lui est désigné une appellation, ce qui donne un nombre de 152 cultivars. Les noms donnés sont exprimés soit en langue arabe, soit en langue berbère ou les deux à la fois. Des synonymies et des homonymies sont constatées.

Traditions associées à l'espèce

Le palmier dattier acquiert une valeur chez les populations locales faisant de cet arbre le symbole de la région et considéré comme une partie intégrante de la personnalité de l'oasien [15]. Il est l'objet de propriété, de dons et d'échanges. Les dattes sont offertes aux voisins, aux invités, aux proches, aux amis dans la région et ailleurs, aux visiteurs et aux touristes. Des dictons sont prononcés à haute voix lors de la grimpe du palmier, de la pollinisation et de la récolte.

Usages cérémoniaux et rituels de l'espèce

L'originalité offerte au palmier dattier s'inspire de son importance dans le Coran et la «Sounna». Des palmiers sont attribués par leur propriétaire à la mosquée en tant que «Habous» ou «Waqf». La production de ces palmiers et les énormes quantités de dattes offertes en tant que «Zakat» ou don «Sadaqua» par de nombreux généreux font l'objet de fréquentes distributions et parfois quotidiennes dans les mosquées et les écoles coraniques. Les dattes sont consommées lors de la rupture du jeûne durant le mois sacré (le ramadan).

Diverses recettes à base de dattes sont préparées spécialement à l'occasion des fêtes religieuses: mariages, accueil des pèlerins, naissances, circoncisions, etc.

Connaissances d'une espèce bien réparties entre différents secteurs de la communauté et transmises de génération en génération

Les connaissances relatives au palmier dattier sont partagées surtout entre ceux qui sont en contact direct avec l'espèce. Les agriculteurs qui pratiquent la culture. Les propriétaires des jardins qui gèrent leur patrimoine. Les conditionneurs et les commerçants qui manipulent le produit. En ce contexte, le rôle de la femme est incontestable. Les communautés féminines détiennent un savoir et savoir faire importants acquis depuis des siècles d'apprentissage quotidien dans la valorisation des dattes [16] et assurent la transmission de leurs expériences aux jeunes générations.

Ce premier indicateur donne l'importance surtout à des aspects relatifs aux héritages socioculturels en relation avec l'exploitation de l'espèce. Le devenir de ce patrimoine est difficilement mesuré. Il est à noter que les deux premiers paramètres évoqués sont relativement vérifiables par contre le troisième et le quatrième laissent supposer des tendances qui pourront être négatives pour la diversité génétique du palmier dattier. D'une part le maintien des coutumes religieuses qui sont encourageantes à la sauvegarde de la diversité génétique de palmier dattier était confié à la mosquée dont le rôle est actuellement en déperdition suite aux changements survenus dans les relations sociales au sein des populations oasiennes et d'autre part le partage de connaissances reste limité aux usagers de l'espèce. Selon Tirichine *et al.* [17], les techniques culturelles, les pratiques de conservation *in situ* et l'utilisation des ressources génétiques du palmier dattier, constituent un savoir et savoir faire ancestraux très riches mais faiblement sauvegardés. L'échange de ce patrimoine entre les différentes palmeraies de la région du Mزاب est presque inexistant.

2.2. Usages multiples de la même espèce

Vu la longue tradition phoenicicole dans la région, la population locale a développé un savoir faire en matière de transformation et de pratique de conservation pour le prolongement de la consommation et de l'utilisation durant toute l'année voire des années pendant les périodes de crise [18].

Utilisée comme denrée de base, comme légume, comme condiment, comme médicament, comme boisson, à des fins non alimentaires

La datt est traditionnellement un produit qui sert de nourriture de base pour les populations oasiennes [19]. Elle est consommée fraîche, conservée et transformée (pâtes, vinaigre, jus, rob, confiture, ...). Les dattes de faible qualité et les écarts de tries sont destinées aux bétails. Elle se prête pour diverses applications en pharmacopée traditionnelle. Elle est utilisée à des fins non alimentaires pour élaborer des produits cosmétiques (masque de

beauté, encens «Bkheur», rouge à lèvres et remède aux gerçures).

Différents cultivars de l'espèce sont préférés pour des usages distincts

13 cultivars sont impliqués dans différents procédés de valorisation. Les cultivars, Ghars, Deglet Noor (sèche) et Dalt (Adala) sont les plus exploités. Les préférences en cultivars sont exprimées surtout pour les préparations culinaires, la transformation et l'utilisation des dattes à des fins cosmétiques. Le regroupement des cultivars en classe est aussi pris en compte. Ils sont choisis selon leur consistance molle, demi molles ou sèches ou selon leur couleur comme le cas des cultivars à dattes jaunes. L'utilisation des sous produits de palmier ne fait pas distinction où tous les cultivars sont utilisés, excepté pour le cultivar AZERZA préféré pour sa qualité du bois du tronc destiné à la confection des toits ou à la fabrication des portes et des meubles. En plus des cultivars ou les palmiers femelles, les productions du palmier male (dokkars) en pollen et sous produits sont aussi valorisées.

Différentes parties de la plante sont utilisées pour des usages alimentaires et non alimentaires

La gamme d'usages est très variée où toutes les parties de l'arbre sont exploitées et ils dépassent une centaine d'usages locaux. En réalité le palmier dattier ne connaissait pas de surplus de déchets. A défaut de récupération ou d'utilisation, même les cendres sont volontairement appliquées comme apports fertilisants sinon pour des traitements phytosanitaires [20]. Les racines du palmier ne connaissent pas un usage approprié [21].

Les constats établis justifient à travers les usages multiples de l'espèce, une gestion rationnelle de cette diversité, mais sous les pressions actuelles tel que le changement des modes de vie et les forces de marché, les variables indiquées ci-dessus deviennent peu vérifiables. D'une part, les habitudes alimentaires se sont modifiées, conduisant à une réduction de la consommation de dattes, à une perte des savoir faire traditionnels en matière de conservation et de préparation culinaire et l'attachement aux traditions s'est parallèlement affaibli [22]. D'autre part, Tirichine *et al.* [1] constatent un recul de certains types de valorisation avec l'expansion des matériaux de construction et l'arrivée des produits industriels qui ont substitué ceux de la broserie, textile, vannerie, jouets et autres fabriqués à base des sous produits de palmier dattier.

2.3. Culture de la même espèce dans divers milieux et micro-milieux

Dans une zone écologique, les agriculteurs la cultivent dans diverses conditions, divers micro-milieux.

Le palmier est omniprésent dans divers endroits autres que la palmeraie. Il est planté dans les jardins publics, les cours ou les espaces verts des mosquées, des établissements scolaires, des casernes, des hôpitaux, des mairies, des hôtels, des stations thermales, des marchés, etc. On le trouve dans les cimetières, aux bords des rues, dans les lits d'oued, dans les jardins de maison, etc. Il est généralement planté à la proximité des puits qui se trouvent dans les ksour, les parcours et Daya. Dans certains lieux, ces palmiers sont des poussées de noyaux.

On trouve l'espèce dans un large éventail d'écozones et dans les régions peu productrices, même là où on ne s'attend pas à la trouver.

Le palmier dattier se prête à être planté comme arbre fruitier ou comme plante ornementale. D'après Munier [23], le dattier est cultivé dans les régions arides et semi arides, sa culture est pratiquée en zones marginales et il offre de larges possibilités d'adaptation en raison de sa grande variabilité.

L'espèce peut jouer à la fois un rôle majeur et un rôle secondaire dans les systèmes agricoles locaux.

Le palmier dattier constitue la base de l'agriculture oasienne. Selon IPGRI et INRAA [18], la culture du palmier représente une condition préalable pour d'autres activités agricoles dans les oasis, telles que le maraîchage et l'élevage.

En plus de la plantation du palmier dattier comme culture, il est utilisé surtout dans les nouveaux périmètres comme brise vent, haies et dans certains cas pour délimiter les parcelles.

Le palmier dattier répond bien aux trois variables consignées pour cet indicateur. Ce dernier met en évidence les exigences de l'espèce. L'influence de l'être humain est insignifiante.

2.4. Existence de systèmes locaux de germoplasmes et échange de germoplasmes dans et entre les communautés

Diverses communautés culturelles préservent l'espèce dans leurs systèmes de taxonomie et de germoplasmes.

Les palmeraies algériennes s'étalent sur d'immenses distances allant du sud ouest vers le sud est. Ce qui traduit une multitude de régions naturelles diversifiées de part la géographie, les communautés sociales, la culture, les pratiques agricoles, etc. [24]. En fonction de l'espace naturel les différents types d'oasis ont été créés: des palmeraies d'oued, de dune, de pleine, de piments, de montagne et des palmeraies littorales. Ce constat affirme l'existence d'une diversité des communautés culturelles qui gèrent et préservent aussi différemment la culture du palmier dattier.

Dans la région du Mزاب, chaque palmeraie présente plus ou moins des spécificités liées aux conditions du milieu (climat, eau, sol, relief,...), à la composante humaine, à son historique (période de création) et à la vie sociale et culturelle de ses populations. Ces particularités sont à l'origine d'une diversité remarquable de gestion de l'écosystème oasien en général et de la conduite du palmier dattier en particulier.

Echange de germoplasmes entre communautés culturelles et milieux culturels

La région du Mزاب constitue un point de transition entre les deux grandes régions productrices de dattes. Une situation très favorable aux développements des échanges à tous les niveaux économiques, culturels et sociaux. Nombreux sont les cultivars recensés dans la région et qui sont originaires des autres palmeraies (Ouargla, Oued Righ, Souf et Ziban). Ababsa *et al.* [25], notent qu'avant l'apparition et l'extension du Bayoud, c'est à partir des régions marocaines de Deglet Es Sultane et de la Boufeggouss, ainsi que des palmeraies méridionales du Tidikelt, du Gourara et du Touat que les cultivars les plus nobles ont été ramenés.

Au niveau local, les échanges se limitent aux variétés commerciales et les variétés les plus abondantes (Deglet Noor, Ghars, Utaqbala, Azerza, Timjuhart et Adala). Les cultivars

rares ou spécifiques à chaque palmeraie ne sont pas sollicités.

Les agriculteurs appliquent différents critères de sélection des matériels végétaux provenant de leur propre récolte ou d'ailleurs

Dix (10) critères de sélection ont été soulevés par les agriculteurs. Certains sont liés aux caractères du cultivar (adaptation, conservation, production, qualité, goût et valeur alimentaire) et d'autres relatifs à son importance économique (commercialisation, le prix, la demande et le revenu). D'après Jarvis *et al.* [26], les types de critères adoptés sont dus au fait que l'agriculteur est à la fois producteur et consommateur. Ses besoins à travers la pratique des cultures sont d'autant divers et nombreux suscitant l'emploi d'un nombre important de paramètres.

L'indicateur «existence de systèmes locaux de germoplasmes et échange de germoplasmes dans et entre les communautés» appliqué au palmier dattier est justifié à travers ses trois variables. Cependant, il est à noter que le nombre limité de cultivars échangés ainsi que l'utilisation de critères de sélection agissent sur la pérennité de la diversité génétique. Arkoub *et al.* [27] notent que la tendance des agriculteurs à choisir uniquement les cultivars qui répondent à leurs critères suppose un délaissement des autres cultivars qui risquent à terme de se dégrader progressivement et disparaître de l'écosystème.

Discuter la faisabilité d'application de ces indicateurs ethnobotaniques n'était pas envisagée car ce travail n'a pas fait l'objet d'une démarche ethnobotanique.

L'analyse des différents indicateurs employés donne état d'une déperdition génétique toujours constatée mais non mesurée. Les indicateurs utilisés renseignent sur la gravité de la situation vis-à-vis de la perte progressive des savoirs et savoir faire en matière de la gestion des ressources génétiques du palmier dattier. Sawadogo *et al.* [28] et Shengji *et al.* [29] mentionnent que le maintien de ce savoir ancestral au sein des communautés, a été à l'origine de la durabilité des agroécosystèmes d'où la nécessité d'entreprendre des actions de sauvegarde pour une meilleure prise en charge de ce patrimoine national.

3. Conclusion

L'application des indicateurs ethnobotaniques proposés par Eyzaguirre [14] sur le palmier dattier a révélé une dégradation du mode de gestion des ressources génétiques du dattier dans la région du Mzab. Les indicateurs qui sont en relation directe avec les pratiques humaines sont les moins vérifiés. L'indicateur «culture de la même espèce dans divers milieux et micro-milieux» est pleinement assuré, par contre les autres indicateurs laissent supposer une prédisposition de l'écosystème oasien à un déclin certain. L'évaluation par utilisation d'indicateurs demande un travail de recherche où tous les éléments en matière d'approche et d'analyse devront être réunis pour une bonne appréciation de la déperdition génétique qu'elle soit à une échelle locale ou nationale.

Références Bibliographiques

- [1]. Tirichine A., Belguedj M., Benkhalifa A et Guerradi M. 2005. Dynamique des ressources génétiques du palmier dattier dans les oasis du Mzab en Algérie. Symposium international sur le développement agricole durable des systèmes oasiens. 08-10 Mars 2005, Erfoud, Maroc, 7p.
- [2]. INRAA. 2006. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques. Juin 2006, Algérie, 92p.

- [3]. Khane B. 2007. Caractérisation d'un agro système oasien : Vallée du Mزاب et Guerrara. (Wilaya de Ghardaïa). Thèse de Magistère, Institut National Agronomique, El Harrach, Alger, 152p.
- [4]. Tirichine A., Belguedj M., Benkhalifa A., Guerradi M., Bousdira K., Bayoud B. et Labgaâ L. 2007. Diversité génétique du palmier dattier dans les oasis du Mزاب : Inventaire et actions de préservation. Recherche Agronomique n° 20, décembre 2007, Algérie: 17-23.
- [5]. Acourene S., Allam A.E.K., Chouaki S., Djaafri K., Tama M., Taleb B., 2008. Etude de la diversité génétique du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) de la région de Ghardaïa. Recherche Agronomique n° 21, juin 2008, Algérie : 27-33.
- [6]. Belguedj M., Tirichine A., et Guerradi M., 2008. La culture du palmier dattier dans les oasis de Ghardaïa (Algérie). Ed. INRAA, Algérie, 96p.
- [7]. Hannachi S., Benkhalifa A., Brac de la Perrière R. A. et Khitri D., 1998. Inventaire variétal de la palmeraie algérienne. CDARS, URZA, Algérie, 225p.
- [8]. Benkhalifa A. 1996. Diversity of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) in the Algerian oases. Options Médit, Série A-28 : 142-160.
- [9]. Ferry M., Bouguedoura N. et El Hadrami I., 1998. Patrimoine génétique et techniques de propagation in vitro pour le développement de la culture du palmier dattier. Sécheresse, 9 (2) : 139-146.
- [10]. Leverel H. 2006. Biodiversité et développement durable : quels indicateurs ? Thèse de doctorat. Ecole Des Hautes Etudes En Sciences Sociales, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 406p.
- [11]. Rondeux J. 2002. Inventaires forestiers et biodiversité. Les Cahiers Forestiers De Gembloux N° 28. Unité de Gestion et Economie forestières. Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 20p.
- [12]. Loyat J., Bossard P., Peuzin J., Pingault N., Poitrineau E. et Verrel J.L. 2004. Farm management indicators, agriculture and territory : a French perspective. OECD expert meeting on farm management indicators and the environment. Palmerston North, New Zealand, 12p.
- [13]. CBD. 1996. La diversité biologique agricole. Convention sur la Diversité Biologique. UNEP/CBD/SBSTTA/2/10, 30p.
- [14]. Eyzaguirre B. 2005. Facteurs culturels et diversité génétique des plantes. In Conservation et utilisation durable de la biodiversité agricole. Guide de référence. International Potato Center, Users' Perspectives with agricultural research and development, Los Banos, Laguna, Philippines, vol. 1: 39-45.
- [15]. Tirichine A., Belguedj M., Benkhalifa A. et Guerradi M., 2004. Gestion de la diversité génétique du palmier dattier dans les oasis du Mزاب (Algérie) : cas de 03 palmeraies. Revue des régions arides, Numéro spécial : 859-868
- [16]. Guerradi M., Outlioua K. et Hamdouni N., 2004. Rôle de la femme dans la gestion de la diversité génétique du palmier dattier dans les oasis du Maghreb. Revue des régions arides, Numéro spécial: 869-873
- [17]. Tirichine A., Belguedj M., Benkhalifa A. et Guerradi M. 2005. Valorisation du savoir et du savoir faire dans la gestion durable des ressources génétiques du palmier dattier. Atelier : savoirs et savoir faire et leurs impacts sur la valorisation et la gestion durable des ressources. Taghit, Bechar, 5p.
- [18]. Bousdira K. 2007. Contribution à la connaissance de la biodiversité du palmier dattier pour une meilleure gestion et une valorisation de la biomasse: caractérisation morphologique et biochimique des dattes des cultivars les plus connus de la région du Mزاب, classification et évaluation de la qualité. Thèse de Magistère, Université M'hamed Bougara, Boumerdès, 186p.
- [19]. IPGRI et INRA Algérie. 2003. Etude des marchés des produits du palmier dattier au Maghreb : analyse-diagnostic du secteur du palmier dattier en Algérie. Projet PNUD/FEM/UNOPS, RAB98/G31, 44p.

- [20]. Benkhalifa A., Tirichine A. et Hannachi S., 2003. Valorisation de la biomasse et stratégie de la conservation *in situ*: cas du palmier dattier. Journée d'étude sur l'importance de la biomasse dans le développement durable des régions sahariennes, Adrar, 23 p.
- [21]. Bousdira K., Tirichine A. et Benkhalifa A., 2003. Le palmier dattier et les savoirs faire locaux : Une centaine d'usages multiples. Journée d'étude sur l'importance de la biomasse dans le développement durable des régions sahariennes, Adrar, 26 p.
- [22]. IPGRI et INRA, Algérie, Maroc, Tunisie. 2003. Etude des marchés des produits du palmier dattier au Maghreb. Rapport final, Projet PNUD/FEM/UNOPS, RAB98/G31, 44p.
- [23]. Munier P. 1973. Le palmier dattier. Série techniques agricoles et productions tropicales. Edition G. P. Maisonneuve & Larose, 217 p.
- [24]. Anonyme. 2008. Problématiques de l'espace agricole saharien. Ed. INRAA, Alger, 31p.
- [25]. Ababssa F. S. Haddad M., Achour A. F., Tirichine A., Açourene S. et Merrouchi L., 2008. La *Chebka* du *Mzab*. Etat des Lieux avant les inondations. Diagnostic et analyse de l'impact du *Tofène* sur les palmeraies. Perspectives de développement régional. Ed. INRAA, 41p.
- [26]. Jarvis D. I., Myer L., H. Klemick L. Guarino, M. Smale, A. H. D. Brown, M. Sadiki, B. Sthapit and T. Hodgkin, 2000. A Training Guide for in Situ Conservation on-farm. Version 1. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 190p.
- [27]. Arkoub D., Hettal D. S., Rakotomalala H., Yahia K., Zoa Akoa J. M. 2002. Sauvegarder la diversité génétique du palmier dattier dans l'oasis de Dégache (Tunisie). Problèmes et perspectives. Série Documents de Travail, n° 107, ICRA/IPGRI/INRAT, Tunisie, 74p.
- [28]. Sawadogo M., Ouedraogo J., Belem M., Balma D., Dossou B., and Jarvis D., 2005. Influence of ecosystem components on cultural practices affecting the *in situ* conservation of agricultural biodiversity. Plant Genetic Resources Newsletter, n° 141: 19-25.
- [29]. Shengji P., Guoxue Z. and Huyin H. 2009. Application of traditional knowledge in forest management: ethnobotanical indicators of sustainable forest use. Forest Ecology and Management, 257 : 2017–2021.

Pollution des fourrages et des sols par les éléments du groupe platine issus de la circulation routière

Abdourahamane TANKARI DAN-BADJO^{1,2,3,*}, Guéro YADJI³, Nomaou DAN LAMSO³,
Cécile DUCOULOMBIER¹, Cyril FEIDT¹, Thibault STERCKEMAN², Guillaume
ECHEVARRIA² et Guido RYCHEN¹

⁽¹⁾ UR AFPA, Nancy-Université, INRA, Vandoeuvre-Les-Nancy, France

⁽²⁾ LSE, Nancy-Université, INRA, Vandoeuvre-Les-Nancy, France

⁽³⁾ Département Sciences du sol, Faculté d'agronomie de Niamey
Université Abdou Moumouni de Niamey, Niamey (Niger)

* E-mail : tankari@yahoo.fr

Résumé- L'augmentation de dépôt des éléments du groupe platine (PGE : Pt, Pd et Rh) émis par les véhicules sur le fourrage et sur le sol soulève des préoccupations concernant les risques sur la qualité des aliments, et par conséquent sur la santé humaine. Ici, nous rapportons la distribution spatiale des PGE sur le ray-grass et sur les sols à l'échelle d'une exploitation agricole située à proximité d'une route nationale avec une densité de trafic de 7200 véhicules/jour. Contrairement aux études classiques procédant généralement par des mesures sur des végétaux prélevés directement sur les sites, nous avons utilisé une autre approche expérimentale afin de permettre une évaluation sans équivoque de l'impact de la pollution automobile. Le ray-grass a d'abord été cultivé dans des pots en serre fermée afin d'isoler les plants de tout contact avec l'air extérieur. Ensuite, les pots de ray-grass ont été transférés sur la parcelle expérimentale. La répartition des PGE a été évaluée en plaçant pendant un mois les pots de ray-grass à différentes distances de la route: 0, 10, 25 et 50 m. En outre, des échantillons des sols sont prélevés à tous les endroits où les pots de ray-grass ont été placés. Les concentrations de PGE dans les échantillons du ray-grass et des sols ont été analysées par spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP/MS). Nos résultats montrent clairement l'impact de la circulation routière aussi bien sur la pollution du ray-grass que sur celle du sol. Les teneurs maximales de PGE sont obtenues à proximité immédiate de la route. De 0 à 50 m de la route, les concentrations de Pd décroissent significativement jusqu'à 39% dans le ray-grass et 50% dans le sol. Les cartes de pollution devraient donc permettre d'évaluer plus précisément l'impact de la circulation routière sur la qualité des aliments.

Mots Clés: PGE, sol, ray-grass, cartes de pollution, trafic routier

Fodder and soil pollution by the platinum group elements from road traffic

Abstract- The increase in deposition of platinum group elements (PGEs: Pt, Pd and Rh) from vehicles on grass and soil has raised concerns about the risk for the quality of food and, in turn, for human health. Here we report the PGEs spatial deposition on ryegrass and soil at the agricultural scale near a rural road with 7200 vehicles per day. While classical studies usually involve direct measurements of plants growing in the field, we used an alternative experimental approach to allow an unambiguous assessment of the pollution impact. Ryegrass (*Lolium perenne*) was first cultivated in pots in a closed greenhouse to isolate the plants from the outdoor atmosphere. Then, ryegrass pots were transferred to the agricultural field. The distribution of PGEs was assessed by placing ryegrass pots 0 m, 10 m, 25 m and 50 m from the road. This method thus allowed the measurement of PGE deposit from vehicle emissions during a known timeframe (one month). Moreover, the soil samples were collected at all locations where the ryegrass pots were placed in this sampling site. The PGE concentrations in ryegrass and in soil samples were analyzed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Our results clearly show the impact of traffic pollution on both ryegrass and soil. The maximum PGE concentrations are obtained close to the road. From 0 to 50 m away from the road, Pd concentrations decrease significantly up to 39% in ryegrass and up to 50% in soil. Pollution map should thus help to assess more precisely the impact of road traffic on food quality.

Key words: PGE, soil, ryegrass, pollution maps, road traffic

Introduction

Le trafic routier est la plus importante source d'émissions des éléments du groupe platine (PGE) susceptibles de contaminer les matrices environnementales. Les PGE sont produits par l'abrasion et la détérioration des catalyseurs automobiles, et sont principalement le platine (Pt), le palladium (Pd) et le rhodium (Rh). Les PGE sont utilisés comme catalyseurs pour purifier les gaz d'échappement en convertissant les gaz toxiques (monoxydes de carbone, hydrocarbures, oxydes d'azotes) en des substances moins toxiques comme le CO₂, l'eau et l'azote [1]. Cependant depuis leur introduction dans l'industrie automobile, les concentrations de PGE dans l'environnement ont considérablement augmenté. En effet plusieurs études ont établi un lien entre l'augmentation de l'utilisation des catalyseurs automobiles et l'accroissement des teneurs en PGE dans l'environnement [2,3]. Ainsi des concentrations de Pt comprises entre 1,2 et 30 µg/kg MS [3,4] ont été détectées dans de l'herbe prélevée à proximité de voies routières alors que la teneur en Pt dans de l'herbe collectée loin de toute source de contamination était inférieure à 0,02 µg/kg MS [5]. Des études ont démontré que les plantes sont capables d'assimiler les PGE [6,7].

Les composés de Pt sont connus pour être cytotoxiques et peuvent avoir des effets mutagéniques et cancérogènes [8]. Le Pd et ses composés sont potentiellement allergéniques [9]. Le Pd et le Rh sont respectivement 2 et 30 fois moins cytotoxiques que le Pt et ont un potentiel mutagénique faible [10].

Les émissions de PGE issus du trafic routier représentent une source potentielle de pollution du fourrage et du sol. L'augmentation de ces émissions soulève la question de leur accumulation dans les matrices agricoles. En effet les PGE peuvent entrer dans la chaîne alimentaire lors de l'ingestion du fourrage contaminé par les ruminants. Plusieurs études ont révélé des concentrations très élevées dans les végétaux et dans les sols exposés en bordure de routes ou d'autoroutes [3,11]. Cependant ces études ont été réalisées dans des conditions de contamination maximum (distance < 10 m des voies routières). Cela peut induire un manque de connaissances dans l'évaluation du niveau de contamination de fourrages dans la mesure où les pâtures ne se trouvent pas qu'à proximité des voies routières. Ainsi, en vue de compléter nos connaissances, nous avons effectué une étude de spatialisation de la contamination en PGE à l'échelle d'une parcelle fourragère située à proximité d'une route nationale. L'objectif était de déterminer les concentrations de PGE dans l'herbe et le sol situés à proximité d'une route nationale ainsi que leur répartition à l'échelle d'une exploitation agricole.

2. Matériel et méthodes

2.1. Culture de bioaccumulateurs (modèle ray-grass)

Dans le but de limiter la variabilité interspécifique sur terrain et de disposer d'un point témoin, nous avons adapté et utilisé une méthode de culture standardisée (German VDI 3957), utilisant l'espèce monocotylédone *Lolium perenne* [12]. Le ray-grass est une espèce fourragère couramment employée dans l'alimentation des ruminants, ce qui permet de se rapprocher au mieux des conditions de terrain. De plus, il est souvent utilisé en bioaccumulation dans le contrôle des concentrations en divers polluants dont les polluants métalliques [11, 13]. Dans un phytotron maintenu sous des conditions standardisées de température (15°C), de lumière (14H/24H) et d'humidité (60 à 80%), les cultures sont effectuées dans des pots de 22,5 cm de diamètre contenant 5 litres de terreau universel (NF U 44-571, 23% de matière organique) et 1,35 g de graine du ray-grass. Les pots sont conservés dans ces conditions durant un mois. Chaque fois que les plants de ray-grass atteignent 10 à 12 cm de hauteur, ils sont coupés en

leur milieu afin de les renforcer. Les plants sont régulièrement arrosés tous les deux jours avec une dose de 250 ml d'eau ordinaire par pot. Les teneurs en PGE du terreau sont vérifiées car un transfert de PGE du sol vers la plante est suspecté [7]. Elles sont de 0,25 ; 2,1 et 18,3 $\mu\text{g/kg MS}$ respectivement pour le Pt, Rh et Pd.

2.2. Choix de la parcelle fourragère

La parcelle fourragère retenue fait partie du Domaine Expérimental (La Bouzule) de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires (ENSAIA) de Nancy (France). Ce domaine comporte 9 parcelles fourragères réparties sur une surface totale de 61 ha. Notre choix s'est porté sur cette parcelle à cause de sa proximité et de sa position par rapport à la route nationale 74 (RN 74), route émettrice de PGE avec un trafic moyen journalier de 7200 véhicules. Elle s'étend sur une surface d'environ 3 ha sur deux sites (RN 74 nord et RN 74 sud) séparés face à face par la RN 74. La partie nord se trouve en déblai par rapport à la route, et ne comporte pas de grillage. Elle est bordée à intervalles réguliers (environ une dizaine de mètres) par 4 arbres de 5 - 6 m de haut. Le côté sud est grillagé et bordé à l'extrémité Est par une friche arbustive ; la topographie est d'abord à plat, puis en pente en s'éloignant de la route (Fig.1a).

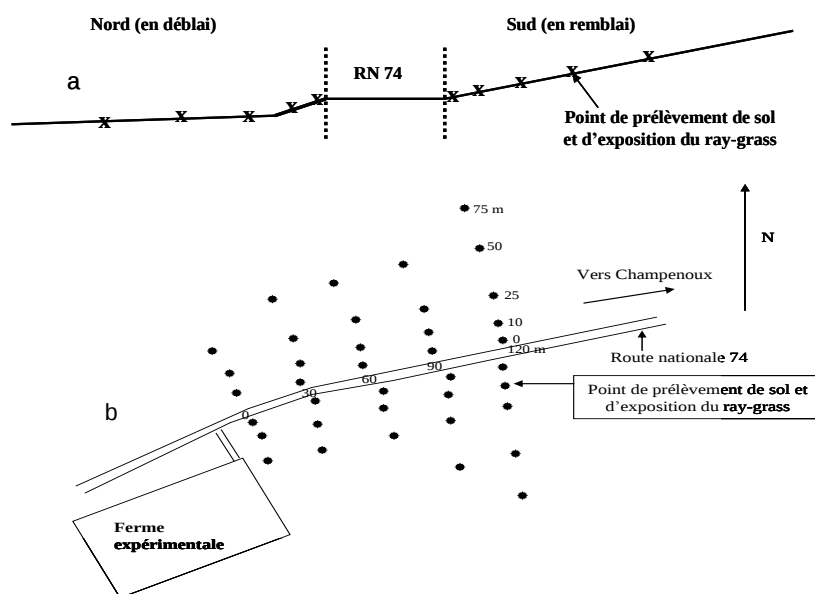


Figure 1 : (a) Profil de la parcelle fourragère de part et d'autre de la route nationale 74 (RN 74); (b) Localisation de pots de ray-grass et de points de prélèvement des échantillons de sol sur toute la parcelle fourragère. Les positions sont déterminées par GPS.

2.3. Mise en place des pots de ray-grass et prélèvements des échantillons

Les pots de ray-grass sont placés dans la parcelle fourragère selon le dispositif indiqué à la figure 1b. Les pots sont disposés sur des transects distant de 30 m l'un de l'autre. Sur chaque transect, les pots sont placés à 0 m (le plus près possible de la route), 10 m, 25 m, 50 m et jusqu'à 75 m. Nous obtenons un maillage permettant ensuite de procéder au traitement spatialisé. Les pots de ray-grass sont exposés sur cette parcelle durant 4 semaines compte tenu de nos travaux précédents sur le dépôt de PGE sur le ray-grass [11].

En outre, des échantillons des sols sont prélevés à tous les endroits où les pots de ray-grass ont été placés sur le site d'exposition. Pour chaque échantillon, nous avons prélevé 500 g de sol sur une profondeur de 0 à 2 cm.

2.4. Localisation par GPS des positions de pots sur la parcelle

Utilisant l'appareil GPSmap 60C (marque Garmin), nous avons déterminé les coordonnées UTM (Universel Transverse Mercator) pour chaque position de pot. Les coordonnées UTM fournis par le GPS permettent de localiser une position ou un emplacement donné. La localisation des pots de ray-grass sur la parcelle fourragère à l'aide des coordonnées GPS est donnée à la figure 1b.

2.5. Préparation et dosage des échantillons

Après prélèvement, les échantillons d'herbe et de sol sont mis séparément à sécher dans un phytotron réglé à 30°C pendant 5 jours et sont broyés en petits morceaux de 2 mm. L'extraction et le dosage de PGE ont été réalisés par le Laboratoire de Pyrénées (Lagor, France) selon la norme NF EN ISO 17294-2.

Après séchage, les échantillons d'herbe et de sol sont minéralisés dans un système fermé avec chauffage aux micro-ondes ETHOS 1600 de Thermoélectron. Une prise d'essai de 1 g est prélevée et placée dans le récipient de digestion. 2,5 ml d'acide nitrique 69%, 1 ml d'eau oxygénée 30% et 5 ml d'eau déionisée sont ajoutés par la suite. Après agitation, le mélange est laissé au repos jusqu'à l'arrêt de toute réaction visible. En général, il est préférable de laisser agir 12 heures pour que la digestion commence à froid et éviter ainsi la dépressurisation lors du chauffage. Le bouchon est fermé et les réacteurs sont placés dans le micro-onde. Après le lancement du programme de la digestion, une montée progressive de la température est effectuée pour arriver à un palier de minéralisation de 160°C. Ce palier est maintenu pendant 15 minutes. A la fin de digestion, le minéralisé est repris dans une fiole jaugée de 25 ml.

L'analyse est effectuée par spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP/MS) VARIAN UltraMass utilisant des étalons internes : Iridium 194 pour le Pt (194-195-196-198); Inadium 115 pour le Pd (106-108) et pour le Rh (104-105). Les limites de quantification sont de 0,20 µg/kg MS pour le Pt et le Rh, et de 0,5 µg/kg MS pour le Pd.

2.6. Exploitation des résultats

2.6.1. Exploitation statistique

Les concentrations moyennes de Pt, Pd et Rh obtenues à différentes distances de la route (0, 10, 25, 50 m) sont analysées statistiquement en utilisant la procédure GLM (General Linear Model) du Logiciel SAS. Le seuil de signification est de 5% ($P < 0,05$).

2.6.2. Utilisation du logiciel Système d'informations géographiques (SIG MapInfo)

Le SIG MapInfo attribue à chaque coordonnée UTM, les concentrations de PGE correspondantes. Il permet de géoréférencer les niveaux d'exposition en PGE sur toute la parcelle à partir des concentrations mesurées dans le ray-grass ou dans le sol (emplacement par emplacement). Cela permet de tracer des courbes ou des classes de même niveau de pollution ou « isopols » par des mesures d'interpolation entre les concentrations de même valeur. Ce traitement permet d'obtenir une représentation par coloris continus.

3. Résultats et discussion

3.1. Evolution des concentrations et du profil en PGE du ray-grass et de sol en fonction de la distance à la route

Le tableau I donne les concentrations moyennes de PGE (moyennes de valeurs obtenues à la même distance) dans le ray-grass et dans le sol en fonction de la distance à la route (0, 10, 25 et 50 m). Pour le Pd, les concentrations obtenues dépassent largement les valeurs du fond géochimique du Pd, qui sont considérées comme inférieures à 1 µg/kg [14]. Dans le ray-grass et dans le sol, les concentrations de Pt ou de Rh ne décroissent pas significativement avec l'augmentation de la distance à la route. Cela pourrait s'expliquer par des niveaux de concentrations très faibles du Pt et du Rh détectés et de ce fait, n'ont pas permis de mettre en évidence l'effet de la distance. Toutefois, les valeurs de concentrations de Pt (0,2 à 0,3 µg/kg) et de Rh (1,5 à 1,8 µg/kg MS) obtenues dans le ray-grass sont 10 à 90 fois supérieures aux teneurs détectées dans de l'herbe (0,02 µg/kg MS) collectée loin de toute source de contamination [5], suggérant une influence du trafic automobile sur la contamination de fourrages par les PGE.

La plus forte baisse de concentrations de PGE dans le ray-grass a été obtenue avec le Pd dont les concentrations varient de 17,3 à 10,6 µg/kg MS. Une tendance similaire a été observée pour le sol où les concentrations de Pd décroissent de 30,5 à 15,1 µg/kg MS entre 0 et 50 m de la route. En effet les concentrations de Pd du ray-grass et de sol décroissent significativement de 39% et de 50% respectivement entre 0 et 50 m de la route. Dans des mousses, une baisse similaire de concentrations de PGE a été obtenue avec l'augmentation de la distance à la route [15].

Le profil de PGE du ray-grass (tableau II) varie en fonction de la distance à la route. Le Pd est l'élément majoritaire quelque soit la distance considérée et pour les deux matrices (sol et herbe). Il représente entre 85% et 89 % des concentrations totales de PGE. La part de Rh dans la concentration totale de PGE du ray-grass se situe entre 9,4% et 12,5%. Quelque soit la distance, le Pt est le composé minoritaire ; il représente 1,4 à 2,04% de la concentration totale de PGE. Les fortes valeurs de concentrations de Pd obtenues pour le ray-grass et pour le sol ne sont pas surprenantes ; cela pourrait s'expliquer par les propriétés des composés de Pd, qui sont plus solubles et plus mobiles dans l'environnement que les composés de Pt et de Rh [16], et aussi par les changements récents dans l'utilisation du Pd dans les convertisseurs catalytiques d'automobile, où la tendance a été de remplacer le très coûteux Pt par le Pd. Ainsi, les concentrations de Pd dans l'environnement ont augmenté durant ces dix dernières années [17]. Nos résultats montrent clairement que la contamination en PGE est favorisée par la proximité de la route et démontrent un risque potentiel de pollution de fourrages et de sols par les PGE.

Tableau I : Concentrations moyennes des éléments du groupe platine (PGE) dans le ray-grass et dans le sol en fonction de la distance à la route. Les concentrations sont exprimées en µg/kg de matière sèche. a, b, c pour chaque ligne, les valeurs de concentrations avec de lettres différentes sont significativement différentes, P<0,05. NS: pas de variation significative de concentrations entre 0 et 50 m

Distance PGE	0 m	10 m	25 m	50 m	Pourcentage de décroissance entre 0 - 50 m
Ryegrass					
Rh	1.8 a	1.5 a	1.5 a	1.6 a	NS
Pt	0.3 a	0.2 a	0.3 a	0.2 a	NS
Pd	17.3 a	14.1 b	11. a	10.6 c	39%
Sol					

Pt	3.9 a	3.5 a	2.8 a	2.4 a	NS
Pd	30.5 a	26.4 a	26.0 a	15.1 b	50%

Tableau II : Distribution de PGE (en $\mu\text{g/kg}$ et en %) dans le ray-grass en fonction de la distance à la route

Distance (mètre)	Pd		Rh		Pt		Somme PGE	
	$\mu\text{g/kg}$	%	$\mu\text{g/kg}$	%	$\mu\text{g/kg}$	%	$\mu\text{g/kg}$	%
0	17,31	89,18	1,83	9,43	0,27	1,39	19,41	100
10	14,09	89,02	1,51	9,53	0,23	1,45	15,83	100
25	11,0	86,2	1,5	11,75	0,26	2,03	12,76	100
50	10,6	85,41	1,6	12,89	0,21	1,69	12,41	100

3.2. Cartographie du niveau de pollution en PGE du ray-grass et du sol à l'échelle d'une exploitation agricole

La figure 2 montre les cartes de répartition des concentrations de Pd du ray-grass et du sol dans une parcelle fourragère. 5 classes de concentrations décroissantes symbolisées par 5 couleurs différentes (rouge, jaune, vert, bleu clair et bleu foncé) ont servi à établir ces cartes de pollution. Ces cartes révèlent que la pollution en Pd est détectable sur une bande d'au moins 50 m de part et d'autre de la route. Pour le Pt et le Rh, aussi bien dans le sol que dans l'herbe, la distribution de leurs concentrations dans la parcelle fourragère est hétérogène : les différentes classes de concentrations ne se démarquent pas en fonction de la distance à la route.

L'analyse des cartes de répartition de Pd montre les premiers résultats de cette nature à l'échelle d'une exploitation agricole : les teneurs en Pd de l'herbe et du sol les plus importantes s'observent le plus près de la route (entre 0 et 10 m). En effet pour la première fois, le dépôt de Pd sur le ray-grass et sur le sol est spatialisé à l'échelle de toute une parcelle fourragère et confirme la décroissance des concentrations, obtenue avec les transects. Les valeurs élevées de concentrations ont été obtenues entre 0 et 10 m de la route avec un maximum atteignant $23,5 \mu\text{g Pd/kg MS}$ pour le ray-grass et $83,6 \mu\text{g Pd/kg}$ pour le sol. La distribution décroissante dans la parcelle fourragère de concentrations de Pd du ray-grass avec l'augmentation de la distance à la route a été observée de part et d'autre de la route nationale. La situation est la même pour les concentrations de Pd de sol : une baisse des concentrations est observée de part et d'autre de la voie routière avec l'éloignement de la route. En analysant la répartition de Pd de deux côtés de la route, les échantillons du ray-grass et du sol prélevés du côté nord de la route ont révélé des concentrations élevées par rapport aux échantillons prélevés du côté sud de la route suggérant les effets de la topographie et de vents dominants de direction sud-ouest. En effet le côté nord se trouvant en déblai, a entraîné ainsi une accumulation élevée de polluants à l'intérieur de celui-ci et par conséquent une dispersion faible des polluants aux alentours. Aussi contrairement aux polluants gazeux qui se diffusent rapidement, la dispersion de polluants particuliers (PGE) est liée à leur taille et à leur poids moléculaire : une partie est précipitée à la surface de la route, le reste est dispersé par le vent à proximité immédiate de la route. Le vent de par sa direction et sa vitesse peut avoir une influence sur la répartition de PGE [18]. Les cartes montrent que le dépôt de Pd dans le sol et dans le ray-grass a lieu principalement entre 0 et 10 m de la route.

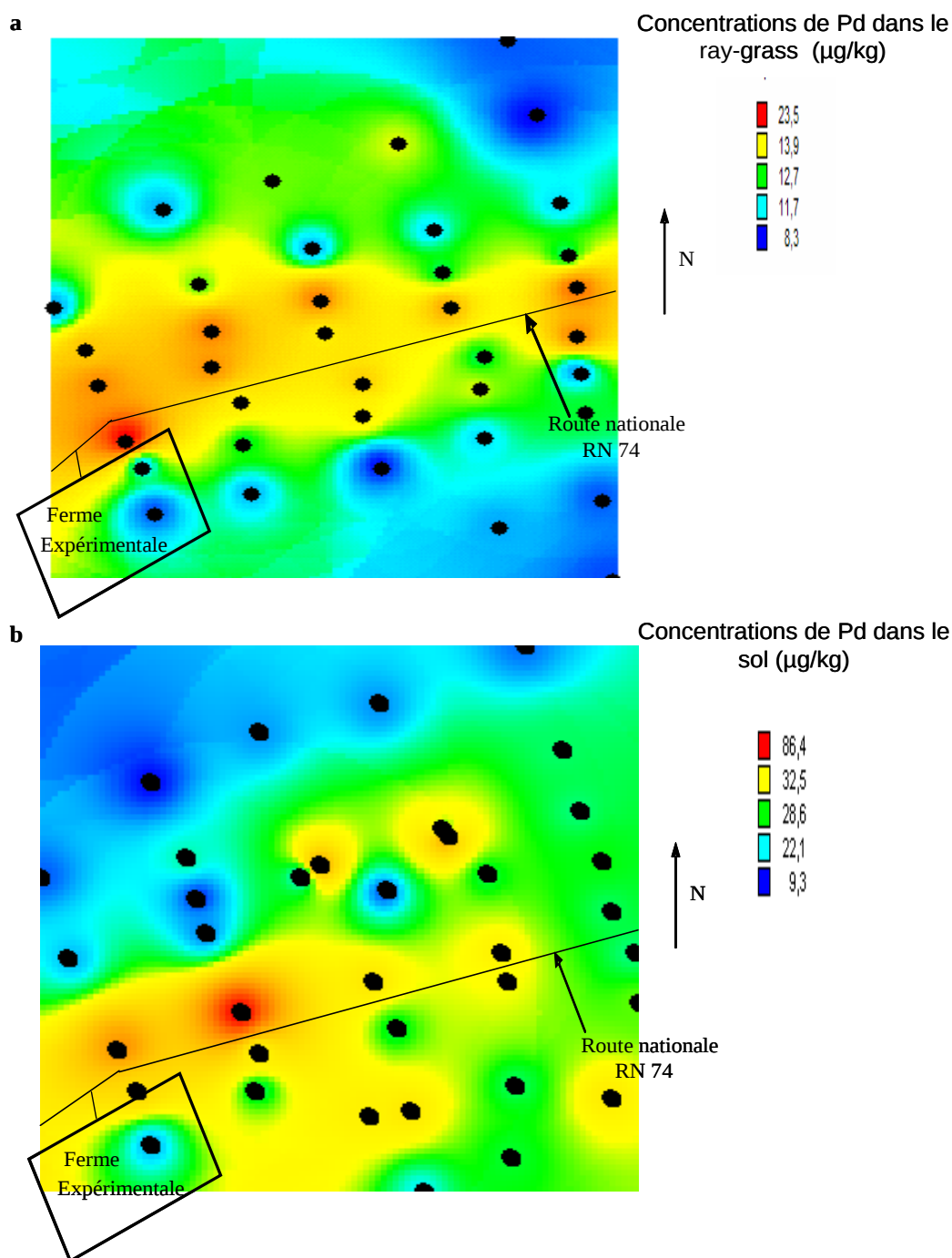


Figure 2 : Spatialisation du dépôt de Pd sur le ray-grass (a) et sur le sol (b) à l'échelle d'une exploitation agricole traversée par une route nationale. Relation entre les valeurs de concentration et la distance à la route. Noter l'adéquation entre les valeurs élevées de concentrations de Pd et la proximité de la route

Conclusion

La spatialisation de niveaux de pollution des fourrages et des sols par les PGE réalisée à l'échelle d'une exploitation agricole a montré que l'augmentation de la distance à la source d'émission (RN 74) entraîne une baisse significative des concentrations de Pd aussi bien dans le ray-grass que dans le sol. Cependant, la diminution de la concentration de Pd dans le sol (50%) est supérieure à la baisse de concentration de Pd dans le ray-grass (39%). Les cartes de

répartition de Pd et de HAP à l'échelle de l'exploitation agricole confirment pour la première fois ces résultats.

Les résultats ont révélé que la contamination en PGE est favorisée par la proximité de la route et démontrent clairement un risque de pollution de fourrages et de sols par les PGE. La distance d'impact se décèle jusqu'à une bande d'au moins 50 m de part et d'autre de la route. Toutefois, la contamination majeure a lieu au plus près de la route (0 – 10 m). Comme il est connu que les PGE en particulier le Pd, sont détectés dans le lait, le risque potentiel pour les ruminants pâturant en bord de voies routières semble se limiter à une bande de 10 m de part et d'autre de la route. En perspective, il serait souhaitable de faire la spatialisation des autres polluants et sur différentes espèces fourragères pour mieux cerner le risque d'exposition des ruminants.

Références bibliographiques

- [1] Barefoot R. R., 1999 - Distribution and speciation of platinum group elements in environmental matrices. *Trends Anal. Chem.* 18: 702-707.
- [2] Barbante C., Veyseyre A., Ferrari C., Van de Velde K., Morel C., Capodaglio G., Cescon P., Scarponi G., Boutron C., 2001 - Greenland snow evidence of large scale atmospheric contamination for platinum, palladium and rhodium. *Environ. Sci. Technol.*, 35: 835-839.
- [3] Djingova R., Kovacheva P., Wagner G., Markert B., 2003 - Distribution of platinum group elements and other traffic related elements among different plants along some highways in Germany. *Sci. Total Environ.*, 308: 235–247.
- [4] Ely J.C., Neal C., Kulpa C., Schneegurt M., Seidler J., Jain J., 2001 - Implications of platinum-group element accumulation along US roads from catalytic-converter attrition, *Environ. Sci. Technol.*, 35: 3816-3822.
- [5] Helmers E., Mergel N., 1998 - Platinum and rhodium in polluted environment: studying the emissions of automobile catalysts with emphasis on the application of CSV rhodium analysis. *J. Anal. Chem.*, 362: 522-528.
- [6] Pallas J. E., Jones J. B., 1978. - Platinum uptake by horticultural crops. *Plant Soil*, 50: 207-212.
- [7] Schäfer J., Hannker D., Eckhardt J. D., Stuben D., 1998 - Uptake of traffic related heavy metals and platinum group elements (PGE) by plants. *Sci Total Environ.*, 215: 59-67.
- [8] Gebel T., Lantzsich H., Plesow K., Dunkelberg K., 1997- Genotoxicity of platinum and palladium compounds in human and bacterial cells. *Mutat. Res.* 389: 183-190.
- [9] Castelain P. Y., Castelain M., 1987 - Contact-dermatitis to palladium. *Contact Dermatitis* 16: 46-46.
- [10] Bünger J., Stork J., Stalder K., 1996 - Cyto- and genotoxic effects of co-ordination complexes of platinum, palladium and rhodium in vitro. *Int Arch Occup Environ Health* 69: 33-38.
- [11] Tankari Dan-Badjo A., Crépineau C., Soligot C., Feidt C., Rychen G., 2007 - Deposition of platinum group elements and polycyclic hy-drocarbons on ryegrass exposed to

- vehicular traffic. *Agron. Sustain. Dev.*, 27: 261-266.
- [12] Garrec J. P., Van Haluwyn C., 2002 - Biosurveillance végétale de la qualité de l'air. Tec. et Doc, Paris, 117 p.
- [13] Klumpp A., Ansel W., Klumpp G., Belluzzo N., Calatayud V., Chaplin N., Garrec J. P., Gutsche H. J., Hayes M., Hentze H. W., Kambezidis H., Laurent O., Penuelas J., Rasmussen S., Ribas A., Ro-Poulsen H., Rossi S., Sanz M. J., Shang H., Sifakis N., Vergne P., 2002 - EuroBionet: A Pan – European Biomonitoring Network for Urban Air Quality Assessment. *Environ. Sci. Pollut. R.*, 9: 199–203.
- [14] Wedepohl, K.H., 1995 - The composition of the continental crust. *Geochim Cosmochim Acta*, 59: 1217-32.
- [15] Zechmeister H. G., Hagendorfer H., Hohenwallner D., Hanus-Illnar A., Riss A., 2006 - Analyses of platinum group elements in mosses as indicators of road traffic emissions in Austria. *Atmos. Environ.*, 40: 7720-7732.
- [16] Moldovan M., Rauch S., Gómez M., Palacios M. A., Morrison G. M., 2001 - Bioaccumulation of palladium, platinum and rhodium from urban particulates and sediments by the freshwater isopod *Asellu*. *Water Res.* 35: 4175-4183.
- [17] Zereini F., Skerstupp B., Alt F., Helmers E., Urban H., 2007 - Geochemical behaviour of platinum-group elements (PGE) in particulate emissions by automobile exhaust catalysts: experimental results and environmental investigations. *Total Environ.* 7: 37-146.
- [18] Schäfer J., Puchelt H., 1998 - Platinum-Group-Metals (PGM) emitted from automobile catalytic converters and their distribution in road side soils. *J. Geochem. Explor.*, 64: 307-314.

Les parcours sahariens entre usage et enjeu! Cas de la région de Ghardaïa

SENOUSSI Abdelhakim et BENSEMAOUNE Youcef
Laboratoire Bioressources Sahariennes; Préservation et Valorisation.
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
Université Kasdi Merbah-Ouargla (Algérie) senoussi.hakim@yahoo.fr

Résumé- La présente étude montre que les espaces pastoraux sahariens, estimés à 28 millions d'hectares sont sous l'emprise de multiples contraintes, notamment d'ordre anthropique où dans la région de Ghardaïa, le système d'élevage extensif a régressé à cause de l'évolution du mode de vie des éleveurs. Les investigations de terrain révèlent que 25% des éleveurs sont de véritables nomades, 15% seulement sont des sédentaires et majoritairement (60%) sont des semi-nomades. Par ailleurs, le mode d'exploitation des espaces de parcours montre que 60% des éleveurs les surexploitent, corollaire d'un surpâturage causé par une surcharge et de là, leur dégradation. Alors que l'extension des superficies agricoles a engendré une soustraction des espaces de parcours. Autrement dit, un système de culture vient se plaquer sur l'espace pastoral. Ce dernier est passé de 21742 ha en 2006 à 26436 ha en 2007, soit une diminution de l'ordre de 4694 ha. Devant cette situation alarmante et devant la fragilité du milieu saharien, nous admettons que l'espace pastoral saharien nous interpelle à travers un aménagement adéquat et une gestion rationnelle dans une perspective de durabilité. Pour se faire, un Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Espace (S.A.G.E.) pratique et faisable serait fortement recommandé.

Mots clés: Sahara Septentrional, Parcours, Eleveurs, Usage, Contraintes, S.A.G.E.

The Saharan routes between issue and use! If the region of Ghardaia

Abstract- This study shows that the Saharan rangelands, estimated at 28 million hectares are under the influence of multiple constraints including of a man, where in the region of Ghardaia, the system of ranching has declined because of the changing lifestyle of farmers. The field investigations show respectively 25% of farmers are true nomads, only 15% are sedentary and mostly (60%) are semi-nomadic. Ore over, the mode of operation of space travel shows that 60% of farmers over-exploit the corollary of an overload caused by overgrazing and degradation there. While the extension of agricultural land has led to a subtraction space travel. In other words, a culture system is pressed on pastoral land. The latter increased from 21,742 ha in 2006 to 26,436 ha in 2007, a decrease of about 4694 ha. Faced with this alarming situation and to the fragility of the Sahara, we assume that the space Saharan pastoral challenges us through proper management and rational management in a sustainable way. o get a Schematic Development and Management Area (SAGE) practical and feasible would be highly recommended.

Keywords: Northern Sahara, Route, Breeders, Use, Constraints, S.A.G.E.

Introduction

Le Sahara, dont le climat est caractérisé par l'irrégularité des précipitations, une forte évapotranspiration et de grands écarts thermiques, aussi marqué par un déficit hydrique permanent. C'est un espace qui est perçu par certains comme étant inculte et répulsif et que par ailleurs, le développement du monde vivant a des exigences aussi bien quantitatives que qualitatives à l'égard de l'eau. La réalité éclaire que cet écosystème demeure par excellence un milieu qui grouille de vie où des animaux et des végétaux se sont acclimatés par des mécanismes et des adaptations d'ordre morphologique, anatomique et physiologique pour emmagasiner l'eau et diminuer la transpiration. Sur les 40 millions d'hectares de parcours que recense l'Algérie, on dénombre 28 millions de type saharien où le cortège floristique de chaque formation est spécifique (Lits d'Oueds, Dayas, Hamadas, Ergs, Regs), composé de plantes vivaces et d'autres éphémères qui germent après les pluies et accomplissent en quelques jours tout leur cycle évolutif. La production des steppes désertiques est excessivement variable dans l'espace et dans le temps. Elle est généralement faible et localisée, mais atteint parfois des rendements importants à la faveur d'averses exceptionnelles (jusqu'à 2 à 3 tonnes de matière sèche à l'hectare [1]).

Au Sahara, l'élevage et l'agriculture constituent les activités les plus pratiquées par la population et cela pour répondre aux besoins locaux et régionaux en matière de produits agropastoraux. Cela ne peut se faire qu'à travers une utilisation rationnelle des plantes spontanées fourragères des parcours par les troupeaux. L'espace pastoral de la région de Ghardaïa couvre une superficie de 1344.303 ha (15% de la superficie totale de la wilaya) [2]. Il compte parmi les meilleurs espaces pastoraux sahariens à travers ses particularités; différents types de parcours (Lits d'Oued, Daya, Hamada, Reg, Erg...etc.), et diversité floristique qui exerce une grande attraction des tribus nomades des régions avoisinantes (Saïd Atba, Larbaa, Ouled Nail, Ouled Sid Cheikh et occasionnellement les Reguibat) et celles locales (les Chaamba repartis sur tout le territoire de Ghardaïa et les Mouadhi d'El-Goléa).

Une certaine complémentarité entre les régions pastorales et les régions agricoles apparaît par un bénéfice réciproque, mais cette complémentarité peut être dans certains cas, entraîner des conflits latents en matière d'occupation de l'espace. Désormais, on assiste à une véritable dynamique spatiale, marquée par l'avancement des terres de mise en valeur agricole dans la plupart des oueds et des dépressions. Nonobstant, que ces zones sont les plus riches en végétation et constituent les principaux parcours de la région, les nomades et les semi nomades de la région d'étude ont des préférences à l'égard des parcours selon les différentes formations géomorphologiques. C'est ainsi que les nomades à travers leurs déplacements, rejoignent les puits des parcours juxtaposés surtout en été, ce qui provoque un surpâturage et une dégradation de parcours aux alentours et à proximité de ces derniers. Ces conditions provoquent un prélèvement excessif et incontrôlable des ressources pastorales et une gestion anarchique de l'espace, ce qui limite les déplacements des animaux et l'augmentation de la charge.

Outre l'exploitation des espèces ligneuses (arbres) pour des utilisations domestiques, comme bois de chauffage et l'exploitation des autres espèces herbacées pour l'alimentation des troupeaux des sédentaires ou dans la thérapie traditionnelle. Cette pratique peut modifier la structure de la végétation des parcours et même la dégradation de l'écosystème pastoral saharien, dont sa résilience est très faible envers les modifications qui se produisent en son sein.

1. Matériel et méthode

Les objectifs du présent travail s'articulent autour des points suivants:

- Identifier les pratiques pastorales, les types d'aménagement et de gestion de l'espace pastoral;
- Relever les contraintes et les potentialités de la région en matière pastorale;
- Situer les conséquences des pratiques pastorales sur la biodiversité;
- Proposer des actions d'aménagements;
- Montrer les conséquences des pratiques adoptées par les acteurs (agriculteurs, éleveurs, organismes d'état);
- Montrer ce que supporte l'espace pastoral comme actions collectives et individuelles;
- Proposer un schéma d'aménagement et de gestion de l'espace des parcours.

1.1. Zonage

L'étude a porté sur la région de Ghardaïa à travers trois saisons en l'occurrence l'hiver, le printemps et l'été. Cette région supporte deux flux migratoires, celui des cheptels depuis les hauts plateaux vers le sud pour fuir le froid de l'hiver et le second du Sud vers le Nord à la quête de l'herbe, en plus des flux migratoires à rayons limités. Un certain nombre de traits fondamentaux caractérisent cet espace et qui éclairent que la région:

- n'a bénéficié d'aucun aménagement pastoral;
- les espaces de parcours ne sont pas bien définis;
- trois modes de systèmes d'élevage sont rencontrés; le système nomade, le système semi nomade et le système sédentaire;
- les parcours sont parsemés d'espèces spontanées de manière éparse à travers différentes formations géomorphologiques ;
- un espace convoité par de nombreuses tribus nomades.

Quant au choix des sites, il est basé essentiellement sur la présence des éleveurs en milieu pastoral (parcours). Ce dernier apparaît comme la principale source de pâturage des éleveurs nomades, semi-nomades et même sédentaires.

Ce travail a été réalisé à partir des enquêtes, effectuées auprès des éleveurs des communes de Metlili, Sebseb, Zelfana, Guerara, Mansoura, Hassi F'hal et El-Goléa (fig. 1), ainsi que par la collecte des informations auprès des organismes d'Etat.



Figure 1- Carte géographique de la région de Ghardaïa (Encarta 2005 adaptée)

L'enquête auprès des éleveurs a été menée suivant un guide d'entretien élaboré dans le but de répondre aux diverses interrogations relatives à la situation que connaît le monde pastoral de la région de Ghardaïa.

1.2. Echantillonnage

Un total de 140 éleveurs enquêtés dans sept (07) zones représentatives, soit 20 enquêtes par commune (tab. I).

Tableau I- Catégories d'acteurs approchés par commune

Zones Type d'éleveur	Metili	Seseb	Zelfana	Guerrara	Mansourah	Hassi F'hal	El Goléa	Total
Eleveur-berger	3	0	4	1	1	0	0	9
Nomade	2	0	0	0	5	3	1	11
Semi-nomade	6	7	3	2	12	7	8	45
Sédentaire	4	2	8	4	0	4	2	24
Agro pasteur	5	11	5	13	2	6	9	51
Total	20	20	20	20	20	20	20	140

Ainsi à partir du tableau 1 ressortent plusieurs catégories d'acteurs qui ont été approchés de manière aléatoire (choix aléatoire); chose imposée par la présence de tente(s) ou des troupeaux au niveau des sites considérés.

1.3. Critères de choix

Le choix des zones enquêtées est dicté par un certain nombre de critères et qui portent essentiellement sur :

- L'importance des cheptels et la possibilité de toucher un grand nombre d'éleveurs;
- Des zones représentatives de l'ensemble de la région (positionnées aussi bien dans le Nord que la partie Sud);
- Des zones approchées constituent un ensemble homogène (pays des Chaâmbas), excepté la commune de Guerrara;
- Ces zones sont des oasis sollicitées par les nomades locaux et constituent l'aire de nomadisme des Chaâmba;
- Des zones à vocation agro-pastorale où la population pratique l'élevage des petits ruminants (ovins, caprins), le camelin, outre de la pratique de l'agriculture oasisienne;
- Ces zones connaissent une véritable dynamique en matière d'occupation de l'espace à travers les mutations du paysage où on assiste à une extension à la fois des agglomérations et des terres agricoles.

2. Résultats et discussion

Les investigations de terrain révèlent que l'écosystème pastoral de la région d'étude présente des particularités. L'abondance des pâturages et les conditions climatiques sont

favorables dans certaines saisons, en revanche cet écosystème enregistre des perturbations dans sa fonctionnalité à cause de la mauvaise gestion en l'absence d'un aménagement adéquat. Chose qui influe négativement sur cet écosystème fragile et le devenir de l'élevage dans cette région. Ce dernier dont l'effectif des cheptels de la région de Ghardaïa est estimé en 2007 à 330.000 têtes ovines, 147.000 têtes caprines et 10.200 têtes camelines [2]. La plupart des cheptels sont conduits en système extensif. Les cheptels se déplacent sur de vastes étendues à la recherche de pâturages pour couvrir leurs besoins, essentiellement pour deux périodes en plus des besoins d'entretien; la première relative à la préparation à la lutte (augmenter la fécondité, groupement des naissances), et la deuxième à la fin de la gestation (préparation de la lactation). Le premier facteur est de loin le plus important qui limite la production des troupeaux et sa malnutrition. Celle-ci révèle deux aspects: l'aspect qualitatif lié beaucoup plus aux variations cycliques annuelles (périodes humides et sèches des saisons) et interannuelles (tous les 5, 6 ou 10 ans). Une période de sécheresse prolongée entraîne une perte importante de l'effectif. L'éleveur procède alors à une reconstitution du troupeau. Cependant l'aspect quantitatif, qui n'est autre que la biomasse fourragère présente sur les parcours. Elle est fonction des saisons et des années. Durant, la saison printanière, la quantité de fourrages disponibles est plus importante que les autres saisons [3].

2.1. Potentialités pastorales

Selon nos enquêtes, les éleveurs de la région de Ghardaïa, en fonction des saisons, préfèrent que leurs animaux pâturent certaines zones bien déterminées. Ils recherchent toujours des pâturages abondants et à proximité des puits, notamment durant la période estivale. Les parcours les plus visitées sont les Oueds riches en espèces vivaces comme *Anabasis articulata* (Baguel), *Helianthemum lippii* (Reguig), *Calligonum comosum* (Larta), alors que le Drin (*Stipagrostis pungens*) une poacée, se rencontre aux pieds des dunes. Les Oueds sablonneux et les haoudhs ensablés offrent, à leur tour, un pâturage utilisable durant toute l'année. Le reste des espèces végétales sont des espèces saisonnières. Quand aux arbustes qu'on rencontre dans l'Erg et les Haoudhs et qui peuvent atteindre les 3 mètres à l'image d'*Ephedra alata* (Alenda) et du *Retama retam* (Rtem), courante dans l'erg occidental. Cependant le *Zizyphus lotus* (Seder) est présent dans les Oueds et les Hamadas.

Les arbres sont rares et se situent au Nord, au Sud et à l'Ouest de la région de la Chabka du M'Zab, on relève essentiellement *Pistacia atlantica* (Betoum). Au Nord de Berriane, on recense *Tamarix articulata* (Ethel) et *Tamarix galica* (Tarfa), Oued Nssa est plutôt dominé par les plumeaux de l'ethel. Dans le Mechfar, la Hamada et l'Erg s'interpénètrent et forment une bande de 10 km de large en bordure des dunes. Cette frange d'Erg buissonneuse, des bassins d'épandages larges et fournies en plantes que tous les voyageurs louent unanimement, des fonds parfois salés (Sebkhat Hassi-Bouزيد par exemple) constitue de bons réservoirs des pâturages de dunes.

Les grands Oueds de l'Atlas Saharien contiennent une importante végétation arbustive, qui pousse depuis les dunes jusqu'à Sidi El-Hadj Dine, Oueds Zergoun et M'haïguen, est abouti aussi à un Mechfar non moins célèbre. La région Nord-Est de l'Erg est associée à la Chebka dans les grands Oueds des Hamadas et au pays de daya. C'est une zone idéale, très riche du point de vue couvert végétal par rapport au Mechfar.

2.2. Genres de vie

D'après l'analyse des enquêtes menées, il a été constaté que 25 % (35) des éleveurs sont de nature nomade, 60 % (84) semi-nomades, le reste de ses éleveurs 15 % (21) sont des sédentaires (fig. 2).

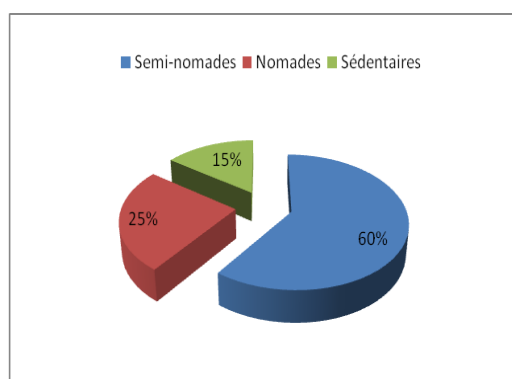


Figure 2- Genres de vie dans la région d'étude

Les nomades sont en déplacement permanent avec leurs troupeaux, à la recherche de meilleurs pâturages. Leurs habitations sont sous forme de tentes. Certes, ce mode est en régression d'une année à l'autre. Quant aux semi-nomades dont les déplacements se font entre les zones pastorales et les zones habitées (oasis), durant les périodes pluvieuses de l'hiver. Au printemps, ils se déplacent avec leurs cheptels et ne regagnent la ville que pendant la fin de l'été et le début d'automne pour la cueillette des dattes. Enfin, les sédentaires qui ne sont autres que des éleveurs habitant la ville (oasis). Ils sont de nature nomade, mais les conditions de vie les ont obligées à se sédentariser dans les villes, sans pour autant abandonner l'activité d'élevage.

2.3. Gestion de l'espace

La gestion spatiotemporelle par les nomades de la région d'étude est conditionnée par plusieurs facteurs notamment, climatiques et socioéconomiques. En effet, la tribu d'Oulad Hanich occupe la partie basse de la Chabka (Printemps); Sud de Sebseb, les Oueds ou la Gaada. Mais ces stations ne se différencient que peu en été à cause de l'abondance des puits, d'une part dans ces zones et leur richesse en pâturage, d'autre part. Dans les années de disette, cette tribu peut aller jusqu'à la bordure de l'Atlas Saharien à la recherche de la fraîcheur et du pâturage. Aux moments opportuns, ils regagnent leurs palmeraies, tandis que la tribu de Chentir (Oulad Abdolkader) se déplace sur la Hamada entre Ouargla, Ghardaïa, El-Goléa, Oued Fhal, Oued Touil, Oued M'Zab, Oued N'Sa, de façon à s'y rabattre dès que les pâturages de la Hamada se dessèchent [4].

Durant les périodes de disette, cette tribu s'aventure jusqu'au grand Erg et aux bords des grands Oueds (Zergoun, Mhaïguen) à la recherche des pâturages vivaces. En ce qui concerne les Ouled Zighem, ils pâturent dans la Chabka avec les Ouled Hanich; causant une suppression sur les parcours notamment autour des puits ainsi que la zone des Dayas (Zabbacha). Tandis que les parcours des Oued Zergoun, Oued Mhaïguen, Belegtaïf sont partagés avec les Ouled chentir. Ils peuvent monter jusqu'à la bordure de l'Atlas saharien. L'ampleur de ces déplacements est due au fait que la famille puisse profiter de certains commerces (dattes et céréales). C'est une idée de sédentaire que d'avoir assignée à des peuples nomades des limites géographiques pour leurs parcours.

De larges espaces du nomadisme sont bornés, généralement par des limites naturelles. Les escarpements, sols durs et coupants que ne peuvent piétiner les bêtes aux pieds mous. D'autres limites moins naturelles sont des murs, des haies, des terres gardées, des terres nourricières des sédentaires ou semi-sédentaires qui bornent la divagation des nomades; chaumes, vergers et plantations. Ces barrières là sont mouvantes ; elles marchent [5].

D'après nos enquêtes les éleveurs sont privés de certains parcours à cause du manque de points d'eau dans la région Sud du Oued Zargoune, Sud d'Oued M'Haiguen, Oued Metlili près de Zelfana, Hassi R'Mel, Oued Noumer, Noumérate et Oued Sebseb.

De nos jours, la gestion des parcours est conditionnée par les caprices climatiques et la tombée des pluies. Les éleveurs de la région d'étude font la course aux nuages, les déplacements sont dictés par la chute des pluies dans l'endroit ciblé.

Il est souvent noté que les éleveurs utilisent deux expressions, la première «on suit les pluies», la deuxième «on suit les fleurs» pour définir la région. Ces deux expressions montrent le caractère individuel des déplacements.

Pratiquement, il n'y a aucune règle d'exploitation pastorale que celle qui consiste à faire consommer de l'herbe où et quand il y en a [6].

Cette règle d'exploitation suit quelques principes. En zones subdésertiques, elle repose avant tout sur une étonnante rapidité de circulation de l'information entre les groupes d'éleveurs. Paradoxalement, elle implique également une forte dispersion dans l'espace des pasteurs et de leurs troupeaux, avec des rassemblements limités à quelques tentes [1].

2.4. Exploitation des parcours

En général les parcours des chaâmbas sont : les zones des daïas, la hamada, la gaâda d'Oum El Hissiâne, la zone de Chebka ainsi que les grands Oueds du Sahara Septentrional. Mais la totalité des parcours de Metlili, El-Goléa et Hassi El F'Hal se trouvent entre la Chebka et l'Erg où nous constatons une complémentarité entre ces deux formations géomorphologiques. Si la végétation est absente dans l'Erg, elle est rencontrée, par contre, dans les Oueds de Machfar.

Nous avons remarqué que les éleveurs exploitent les différentes formations géomorphologiques, selon les saisons. En été ils préfèrent les lits d'Oueds parce que la totalité des puits de la région d'étude se trouvent dedans (la Chebka); tandis qu'ils évitent l'Erg pendant cette saison, surtout les Chaâmbas Berazga, du fait qu'il fait très chaud. Contrairement aux Mouadhis qui le préfèrent puisqu'ils sont habitués à pâturer dedans durant cette saison.

Les Regs et les hamadas sont exploités pendant la saison printanière. En hiver, les cheptels des éleveurs pâturent dans les lits d'Oueds et en automne ils préfèrent les hamadas et les dépressions.

Les Chaâmbas préfèrent faire paître leurs troupeaux dans la Chebka et dans les accumulations sableuses de la région de Zelfana où existent les plantes psamophytes surtout le Drin, offrant des pâturages utilisables à longueur d'année.

Selon nos enquêtes, nous constatons qu'il y a une préférence des pâturages frais pour la totalité des éleveurs notamment durant la période printanière; il y a une large connaissance des plantes et de leurs utilisations. Les plantes les plus utilisées par les éleveurs sont les herbacées (Chih, Drin et R'tem) et les éphémères (Goulglène, Ladna, Naâmia, Ouden Naâja, Namce et M'rara). Cependant, les pâturages secs à l'image du R'guig et l'Arfej sont utilisés pour l'engraissement des animaux. Comme on note que les éleveurs procèdent dans une combinaison entre pâturage frais et pâturage sec.

La plupart des éleveurs enquêtés exploitent les plantes des parcours durant le printemps en période de floraison; et pendant leurs déplacements, ils procèdent à l'arrachage des plantes ligneuses pour divers usages domestiques et pour le troupeau.

Nos sorties de terrain ont révélé une dominance des espèces non appétantes comme le Nethail et Harmel et la disparition d'autres espèces comme l'Alfa dans la région d'étude. Certaines espèces sont en voie de disparition tels que R'tem, Drin, Arfej et R'guig.

2.5. Aménagement pastoral

Malgré la situation préoccupante qu'endure l'espace pastoral dans la région de Ghardaïa, on ne relève aucun aménagement à travers les parcours type maigre ou parcours dégradé. Hormis la fixation des dunes dans la zone de Zergoun. Cette action tend à empêcher l'ensablement des périmètres agricoles dont la partie amont est plantée par *Aristida pungens* (Drin), *Retama retam* (Rtem), *Atriplex*, *Calligonum comosum* (Arta), *Prosopis juliflora*, *Acacia formésiana* ; tandis que la partie aval est fixée par le *Tamarix articulata* (Ethel), *Eléagnus*, *Augustinolia*, *Parkinsonia aculata*. C'est une action dont l'objectif est à la fois de sauvegarder le stock de semences ainsi que l'extension des espaces de parcours. Par ailleurs les arbres constituent un abri contre la grande chaleur de l'été et le froid d'hiver, chose qui empêche le stress physiologique et augmente le gain moyen quotidien de l'animal.

2.6. Flux migratoires

Le Mechfar et les Oueds de l'Atlas Saharien exercent une grande attraction, surtout sur les nomades avoisinants (Oued Gharbi, Oued Segguer), alors que les tribus du cercle de Trafi (Elbayadh) vont dans l'annexe d'Aflou. Les Ouled Yakoub utilisent de la même manière la vallée de l'Oued Zergoun et gagnent le désert jusqu'au Mounkel et la grande Hamada que l'Oued Zergoun prolongement de l'Oued El-Melah.

A tous ces nomades s'ajoutent parfois ceux venant au printemps ou en été, des Saïd Atba, des Mekhadma, des Béni Thour d'Ouargla, s'avançant avec les Ouled Yakoub et les Mekhalif, des L'arbaâ en direction de la Chabka [4].

Nos enquêtes révèlent que les communes de Guerrara et Barriane reçoivent périodiquement des troupeaux d'ovins et de caprins en provenance des wilayas de Djelfa (Guettara, Messâad) et de Laghouat (Hassi R'mel et Hassi Delaâ).

Les communes de Zelfana, Mansoura et Metlili accueillent des troupeaux en provenance du Nord et de l'Ouest (Djelfa, El Bayadh, Saïda, et Boussâada). Les troupeaux sont de taille importante (plus de 400 têtes) et la présence de toutes ces tribus nomades n'a pour cause probablement la fuite du froid hivernal durant 3 à 4 mois, ce qui entraîne, avec les nomades locaux, une surexploitation des ressources pastorales, surtout dans les lits d'Oueds (Zergoun, Mhaïguen). Nos investigations auprès de certains éleveurs, à l'image ceux de la région de Djelfa qui se fixent en un seul endroit, tout en prolongeant leurs séjours, tant qu'il y a de quoi en tirer comme nourriture autant qu'on les exploite. Cette situation sous entend qu'exploiter le même lieu en prolongeant le séjour des animaux dont les effectifs sont importants, révèle une tendance à la surcharge, à la surexploitation, et par conséquent à la dégradation, aboutissant à une soustraction de l'espace des parcours.

2.7. Mode d'exploitation de l'espace pastoral

D'après les enquêtes menées sur le terrain, on a constaté que les éleveurs particulièrement ceux issus d'autres wilayas (Ouled Naïl), séjournent sur le même site durant toute la période de l'aazib (transhumance hivernale), autrement dit, plus de trois mois. La figure 3 montre le type d'exploitation des espaces pastoraux dans la région d'étude.

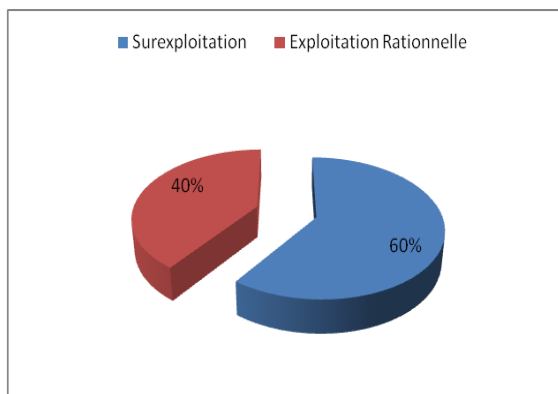


Figure 3- Modes d'exploitation de l'espace pastoral

60% des éleveurs approchés utilisent l'espace pastoral pour plus d'un mois, ce qui entraîne une surexploitation des plantes fourragères. Les herbes spontanées éphémères sont fines et nourrissantes (surtout les poacées), poussent quelques jours ; elles restent vertes pendant un mois environ [7]. En plus, ces éleveurs pâturent sur des parcours à plantes au stade plantule (spontanées, éphémères). Le long séjour sur le même site empêche la reprise de la végétation, puis la diminution de la réserve semencière et par voie de conséquence la dégradation du parcours en question. D'autres éleveurs qui pâturent au stade de floraison de certaines plantes, notamment Masa (florescence de Drin). Le surpâturage provoque la diminution du couvert végétal pérenne et celle de la valeur pastorale, et donc la dégradation des formations végétales [8].

Ce type d'éleveurs qui ne laissent pas la possibilité aux autres pasteurs à faire bénéficier leurs troupeaux des parcours de cet espace. On relève que 40 % des éleveurs exploitent les parcours de façon rationnelle dont la période d'exploitation ne dépasse pas deux jours, ces éleveurs pâturent au printemps sur les parcours lointains (Zergoun, Mhaïguen, Seggeur). Durant cette période, les troupeaux n'exigent pas beaucoup d'eau et reviennent en été aux parcours près des points d'eau. Un effectif trop élevé sur les meilleurs pâturages et autour des points d'eau provoque le piétinement et le tassement du sol. Cet effet se traduit par la dénudation du sol, la réduction de sa perméabilité et des réserves hydriques et l'augmentation du ruissellement, ce qui accroît très sensiblement le risque d'érosion [8].

2.8. Rétraction de l'espace pastoral

Les nouvelles possibilités de pâturage offertes aux troupeaux constituent une grande contrainte. Il s'agit de la mise en valeur agricole au détriment de l'espace pastoral dans la région d'étude. Les figures 4 et 5 indiquent la surface des parcours perdus entre l'année 2006 et 2007 où nous remarquons qu'il y a une augmentation de la surface agricole, passée de 21742 ha en 2006 à 26436 ha en 2007. Cette extension s'est faite au détriment de l'espace pastoral, ce dernier qui a diminué de 1348997 ha en 2006 à 1344303 ha en 2007 avec un écart de 4694 ha. Dans le même contexte, on relève, au titre de l'année 2004, une augmentation de la surface agricole qui est passée de 12207 ha en 2000 à 15252 ha en 2004. Cette extension s'est produite au détriment de l'espace pastoral. Ce dernier a connu une diminution

substantielle en régressant de 820758 ha en 2000 à 812544 ha en 2004 avec un écart de 8214 ha. [9]. Que peut-on déduire ? La soustraction de l'espace pastoral entre 2006-2007 correspond à la moitié de la surface soustraite pendant quatre ans (2000-2004). Toutes les terres de parcours steppiques et sahariens s'étalant entre les isohyètes 100 et 400 mm sont devenues propriétés de l'Etat et la gestion de ses terres relève des communes. La loi portant accession à la propriété foncière agricole de 1983 a été appliquée sur les terres de parcours [8]. On assiste à une exploitation anarchique de l'espace pastoral et l'extension des cultures céréalières à rendement très faible (de 2 à 5 Qx/ha) sur des sols fragiles. Les techniques de labours utilisées par les agro-pasteurs ont une action très érosive qui détériore l'horizon superficiel et le stérilise le plus souvent de manière irréversible. Ce phénomène provoque une destruction des espèces pérennes, une forte réduction de la végétation annuelle et par conséquent, une perte des superficies au profit des surfaces labourées. Depuis l'an 2000, 3045 ha ont été labourés dans l'espace pastoral de la région d'étude.

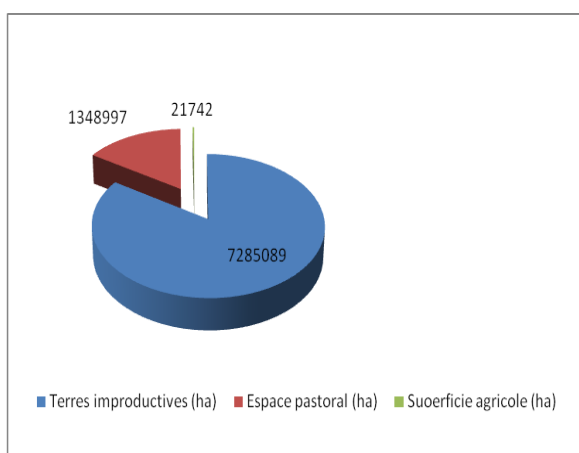


Figure 4- Occupation du sol dans la région d'étude durant 2006

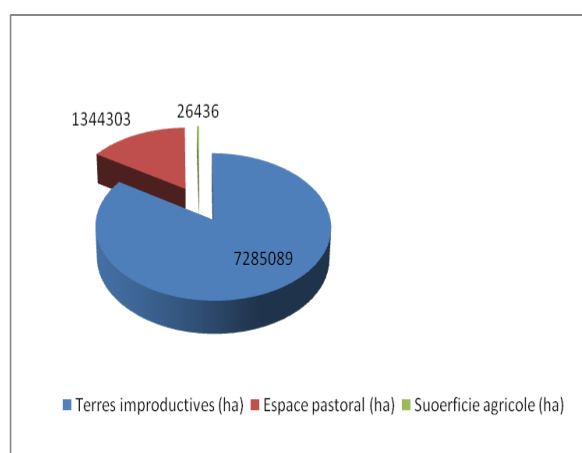


Figure 5- Occupation du sol dans la région d'étude durant 2007

Par ailleurs, les besoins en combustibles et en fourrages naturels amènent les habitants de la région d'étude à déraciner les espèces buissonnantes ligneuses (Rtem, Beguel). Les éleveurs approchés et à leur unanimité évoquent qu'au titre de l'année 2001, le Drin se fait rare à cause des prélèvements excessifs pour différents usages (confection de nattes, alimentation de bétail entre autres), malgré l'existence des lois qui empêchent le prélèvement de certaines plantes vivaces à l'image du Drin.

2.9. L'alternative pour un S.A.G.E.

En Algérie, l'espace est dominé par les étendues arides et semi-arides (plus de 80 %) où une grande partie de ces zones est consacrée à l'élevage des animaux à travers des systèmes de type intensif. Il s'agit en fait d'espaces pastoraux, au demeurant considérés comme principal pourvoyeur de l'alimentation des animaux qui ont le pouvoir de tirer partie l'essentiel de leurs besoins quotidiens.

En effet, pour répondre aux besoins croissants des cheptels sur place et pour maintenir à un niveau de productivité optimale les potentialités pastorales, un schéma d'aménagement et de gestion de l'espace pastoral s'avère comme impératif (fig. 6).

Conclusion

Si le territoire de Ghardaïa demeure réputé par sa diversité floristique à travers différents parcours (Lits d'Oueds, Dayas, Hamadas, Ergs et Regs), mais aussi par ses conditions climatiques favorables dans certaines saisons, il a subi, par ailleurs plusieurs contraintes biotiques, abiotiques et en particulier anthropiques. Le système d'élevage extensif a régressé à cause de l'évolution du mode de vie des éleveurs, en l'occurrence respectivement 15% de type sédentaire, 25% de type nomade et majoritairement (60%) de type semi-nomade.

Les nomades dans cette région ont subi plusieurs contraintes, notamment la rareté des points d'eau et la mauvaise productivité de bon nombre de parcours qui se sont reconvertis en terres de mise en valeur. Ce qui a aggravé cette situation, le prolongement de séjour des animaux sur le même site, chose qui conduit à une surcharge, causant un surpâturage et par conséquent, à une dégradation de cet espace.

A travers l'analyse des enquêtes, nous avons constaté que 40 % des éleveurs exploitent rationnellement les parcours, alors que la majorité (60 %) les surexploite. La prédation d'un système de culture inédit qui est venu se plaquer sur un milieu vulnérable, outre l'arrachage d'espèces spontanées, notamment ligneuses, au détriment des espaces pastoraux. Cette situation a entraîné une soustraction de l'espace pastoral. Face à la fragilité de cet espace, nous admettons que ce dernier exige un vaste aménagement et préalablement une bonne gestion et ce, dans la perspective de mettre un schéma directeur des espaces de parcours.

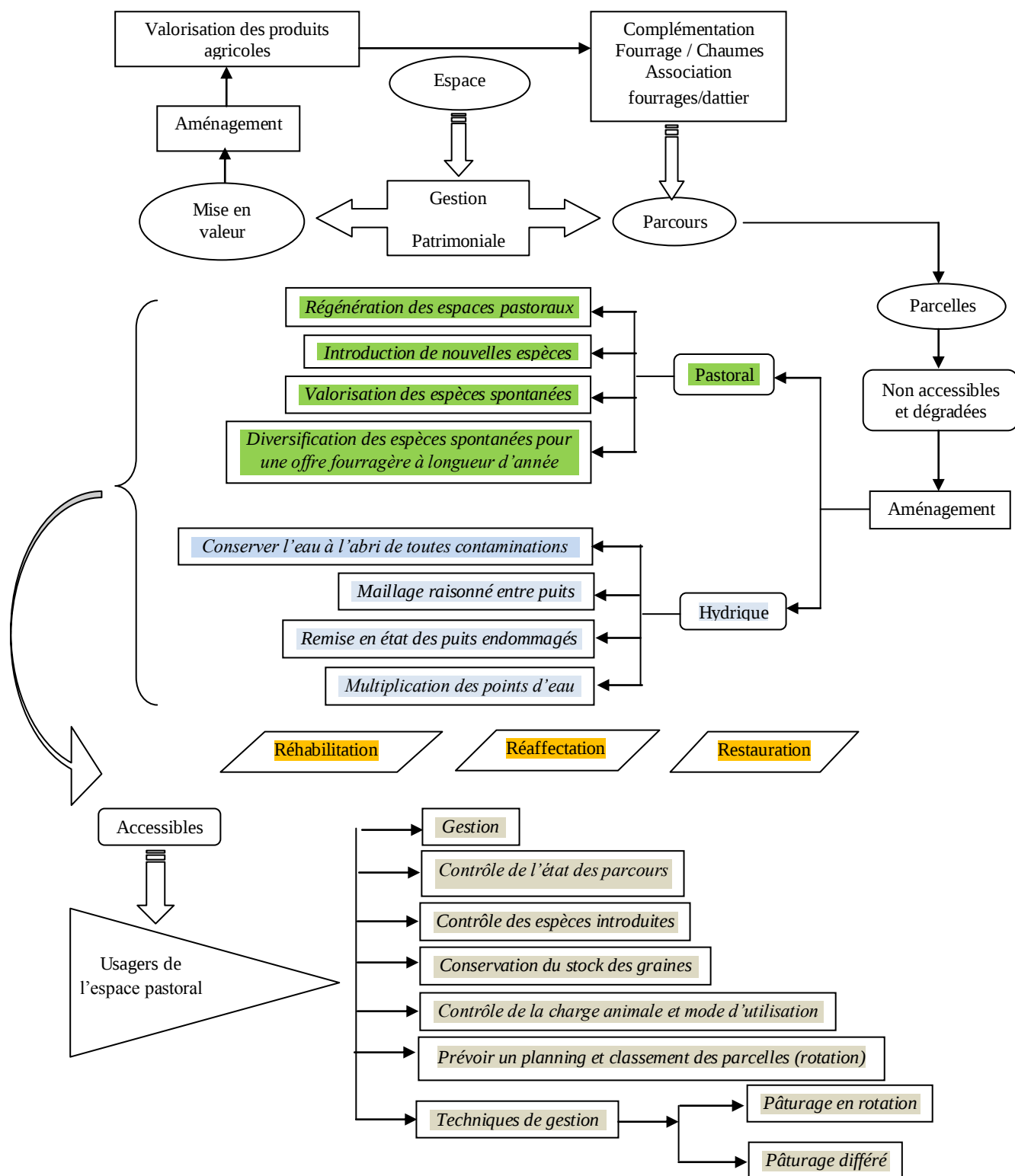


Figure 6- Schéma d'Aménagement et de Gestion de l'Espace Pastoral

Références bibliographiques

- [1]- GAUTHIER-PILTERS H., 1969- Observation sur l'écologie du dromadaire en Moyenne Mauritanie. IFAN, série A (4): 1259-1380.
- [2]- DSA, 2007- Direction des services Agricoles de la Wilaya de Ghardaïa. Rapport annuel, 39 p.
- [3]- THERIEZ M. et TCHAMITCHIAN A., 1971- Comment relever le niveau de productivité de l'élevage en méditerranée grâce à l'association des zones complémentaires. Rev. OM: 64-70.
- [4]- CAUNEILLE A., 1968- Chaamba (leur nomadisme). Ed. CNRS, Paris, 387 p.
- [5]- HUBAC P., 1948- Les nomades. Ed. Marcel Daubier, Paris, 313 p.
- [6]- LE HOUEROU H. N., 1990- Définition et limites bioclimatiques du Sahara. Sécheresse, 1(4): 246-259.
- [7]- BERNARD A. et LACROIX A., 1906- L'évolution du Nomadisme en Algérie. Ed. Challanel, Paris, 442 p.
- [8]- NEDJRAOUI D., 1999- Note de réflexion sur la politique de la lutte contre la désertification en Algérie. Rapport O.S.S., 34 p.
- [9]- BENSEMAOUNE Y. et SLIMANI N., 2006- La place des parcours à travers la conception d'un schéma d'aménagement et de gestion de l'espace (S.A.G.E.) - Cas de la région du M'Zab (Zelfana et Metlili), Mém. Ing. d'état en Ecologie, Dépt. de Biologie, Univ. Ouargla, 68p.

Analyse moléculaire de la diversité génétique de plantes Xéro/Halophytes du genre *Atriplex* moyennant RAPD-PCR

MÂALEM Souhail^{1,2,3}, KHOUI Sahari², RAHMOUNE Chaâbane³ et BENNACER M'barek²

¹ Département de Biologie, Université Cheikh Lâarbi-Tbéssi,
12002 Tébessa, Algérie, E-mail: soubenyou@yahoo.fr)

² Laboratoire de physiologie végétale et biotechnologies, INRAT, Tunis, Tunisie

³ Laboratoire d'Ecotoxicologie, Département des sciences de la nature et de la vie
Faculté des sciences, Université de Constantine, 25000 Constantine, Algérie

Résumé- Dans les zones arides et semi arides, le genre *Atriplex* représente une ressource fourragère importante. Cependant, on ne dispose à nos jours, que de peu d'information sur leur structure génétique. Les essais visant à caractériser la diversité génétique de ces espèces sont donc très utiles pour leur classification, leur conservation et leur amélioration. Dans ce contexte, nous nous sommes lancés dans l'évaluation du niveau de diversité génétique caractérisant les *Atriplex* poussant actuellement en Algérie. Il est utilisé la technique RAPD sur des génotypes de 3 différentes espèces d'*Atriplex*: *A. halimus*, *A. canescens* et *A. nummularia*. Les résultats obtenus ont mis en évidence l'amplification de 319 bandes, dont la totalité a été polymorphe. L'analyse des résultats à l'aide du logiciel NTSYSpc 2.0 for Windows a permis d'obtenir 4 groupes distincts dans lesquels les génotypes de 2 espèces introduites ont été classés en 2 groupes indépendants; alors que les génotypes de l'espèce autochtone (*A. halimus*) ont été subdivisés en 2 autres groupes indépendants. De façon générale, les résultats ont révélé un seuil élevé de divergence génétique, inter et intra espèces chez les génotypes étudiés d'*Atriplex*.

Mots clés: *Atriplex*, Chenopodiaceae, Diversité génétique, PCR-RAPD, Steppe.

Molecular analysis of genetic diversity of plants Xero / Halophytes of the genus *Atriplex* using RAPD-PCR

Abstract- In the arid and semi arid areas, salt bush (*Atriplex*) represents an important forage resource. However, until now, there is not enough information on their genetic structure. Trials aiming to characterize the genetic diversity of these species are, therefore, useful for their classification, their conservation and improvement. In this context, we tried to estimate the genetic diversity level characterizing the *Atriplex* existing currently in Algeria. PCR-RAPD technic was used to test genotypes of three different species of *Atriplex*: *A. halimus*, *A. canescens* and *A. nummularia*. Obtained results showed 319 amplified bands which were mostly polymorphic. The analysis of the results, by NTSYSpc 2.02 for windows, generated four different groups where the genotypes of two introduced species (*A. canescens* and *A. nummularia*) have been clustered into two independent groups. However, genotypes of the autochthonous species (*A. halimus*) have been subdivided into two different independent groups. In general, results revealed inter and intra high level of genetic diversity in the *Atriplex* studied species.

Key words: *Atriplex*, Chenopodiaceae, genetic Diversity, PCR-RAPD, Steppe.

Introduction

Le genre *Atriplex* est une dicotylédone qui appartient à la famille des chénopodiacées. Il renferme plusieurs espèces distinguables par leur morphologie, leur cycle de développement et par leur adaptation écologique [1]. Elles sont réparties dans la plupart des régions du globe et leur nombre total est estimé à 400 espèces [2], dont 48 sont propres aux régions du bassin méditerranéen.

Dans les régions arides et semi arides, les espèces d'*Atriplex* constituent un excellent fourrage pour le cheptel, notamment en saison de disette [3]. En raison de leur rusticité,

palatabilité et appétibilité ainsi que leur richesse en protéines brutes. Dotée d'une biomasse aérienne et racinaire assez importante, elles constituent un outil efficace et relativement peu coûteux dans la lutte contre l'érosion et la désertification des sols surtout en zones steppiques [4].

Dans les pays du Maghreb, l'état actuel de la steppe n'est pas satisfaisant, car en plus de l'impact du facteur humain, dont le plus marquant est le surpâturage, des contraintes naturelles, telles que la sécheresse et la salinisation des sols ont abouti à un état de dégradation alarmant qui a touché la quasi-totalité des surfaces de parcours [5].

En Algérie, les problèmes suscités sont les causes directes ou indirectes de la chute de la production fourragère. En effet, le taux de satisfaction des besoins alimentaires du bétail, par la production fourragère locale a diminué de façon continue, en passant de 70% en 1978 à 40% en 1986 et s'est maintenu jusqu'en 1996 [6].

Afin de remédier à cette dévastation, une régénération du couvert végétal steppique s'impose. Le choix des espèces à utiliser doit être alors bien étudié pour que la réhabilitation de ces sites dégradés puisse réussir. Le recours à des végétaux, tels que les *Atriplex* qui sont à la fois bien présents dans ces régions et adaptés aux conditions climatiques et édaphiques, est une possibilité intéressante. Ce genre doté de caractère halophile et xérophile, pourrait, en association avec d'autres espèces végétales, réhabiliter les parcours pastoraux sévèrement dégradés [7, 8, 9].

Toutefois, la structure génétique du genre *Atriplex* reste peu connue, comme c'est le cas des espèces méditerranéennes, et encore moins les espèces algériennes dont la plus représentative est *A. halimus*. Contrairement à leur biologie et physiologie, peu d'études ont portées sur l'évaluation de leur diversité génétique dont la connaissance serait nécessaire pour la bonne gestion et la valorisation de cette ressource phytogénétique [10].

A titre d'exemple; les travaux de Bouda *et al.*, [11], qui ont porté sur l'analyse moléculaire de la diversité génétique chez quelques espèces d'*Atriplex*, poussant au Maroc et aux USA. Et les travaux d'Ortiz-Dorda *et al.* [12] qui avaient le même aspect, mais réalisés sur des populations existantes dans tous les pays du bassin méditerranéen. Ces travaux sont parmi les plus rares études ayant traité la diversité génétique moléculaire des populations méditerranéennes d'*Atriplex*. Il est à noter que jusqu'à maintenant, c'est la technique RAPD-PCR qui a été uniquement utilisée. Récemment, suite aux travaux de Byrne *et al.* [13] et Anderson *et al.* [14], des amorces spécifiques pour l'espèce *A. nummularia* ont été découvertes. Mais, on ignore encore leur efficacité pour le reste des espèces du genre *Atriplex*, notamment pour l'espèce qui nous intéresse le plus *A. halimus*.

Ce travail contribue à l'étude de la variabilité génétique de trois espèces du genre *Atriplex* dont l'une est autochtone (*A. halimus*), alors que les deux autres (*A. canescens* et *A. nummularia*) sont originaires, respectivement, d'Amérique du nord et d'Australie. Pour ce faire nous avons opté pour la technique PCR-RAPD. Cette dernière, bien qu'elle ne soit pas un outil de discrimination spécifique, reste néanmoins un outil efficace dans le cas d'absence de méthodes plus spécifiques et /ou, en phase préliminaire dans les études moléculaires de la diversité génétique [12, 15, 16].

2. Matériel et Méthodes

Matériel végétal et site d'essai

Les échantillons des espèces d'*Atriplex* étudiés ont été collectés sur différents sites de la région de Tébessa (Algérie) (Fig. 01). En premier lieu, nous avons prélevé au hasard des

feuilles jeunes, sur des plants adultes existants dans la pépinière pastorale de Thlidjène (situé au Sud-est de la wilaya de Tébessa). Nous avons aléatoirement prélevé 3 échantillons pour chaque espèce. Les échantillons: H₈, H₉ et H₁₀ représentent l'espèce *A. halimus*, C₁, C₂ et C₃ de l'espèce *A. canescens* alors que, N₁, N₂ et N₃, représentent l'espèce *A. nummularia*. Puis nous avons réalisé d'autres prélèvements, hors station, sur d'autres sites, et ce seulement pour le cas de l'espèce autochtone *A. halimus* (échantillons : H1, H2, H3, H4 et H6). Les deux autres espèces n'existent pas à l'état naturel en continent Africain. Les sites d'échantillonnages, le nom des espèces ainsi que les numéros des individus étudiés sont présentés sur la figure 02.

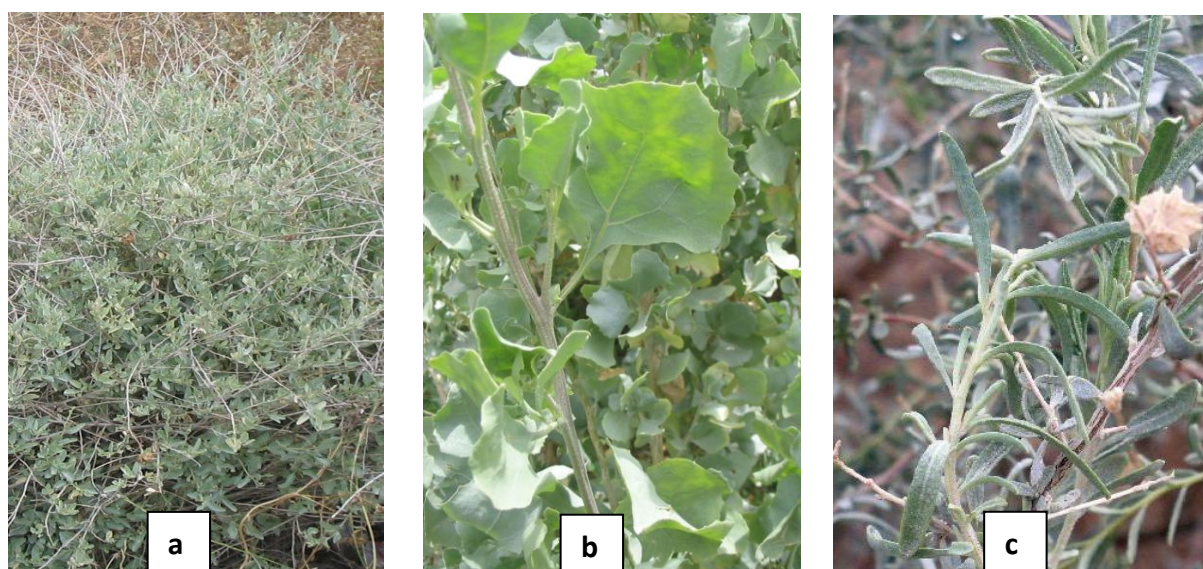


Figure 1. Espèces étudiées d'*Atriplex*: a- *A. halimus*, b- *A. nummularia*, c- *A. canescens*

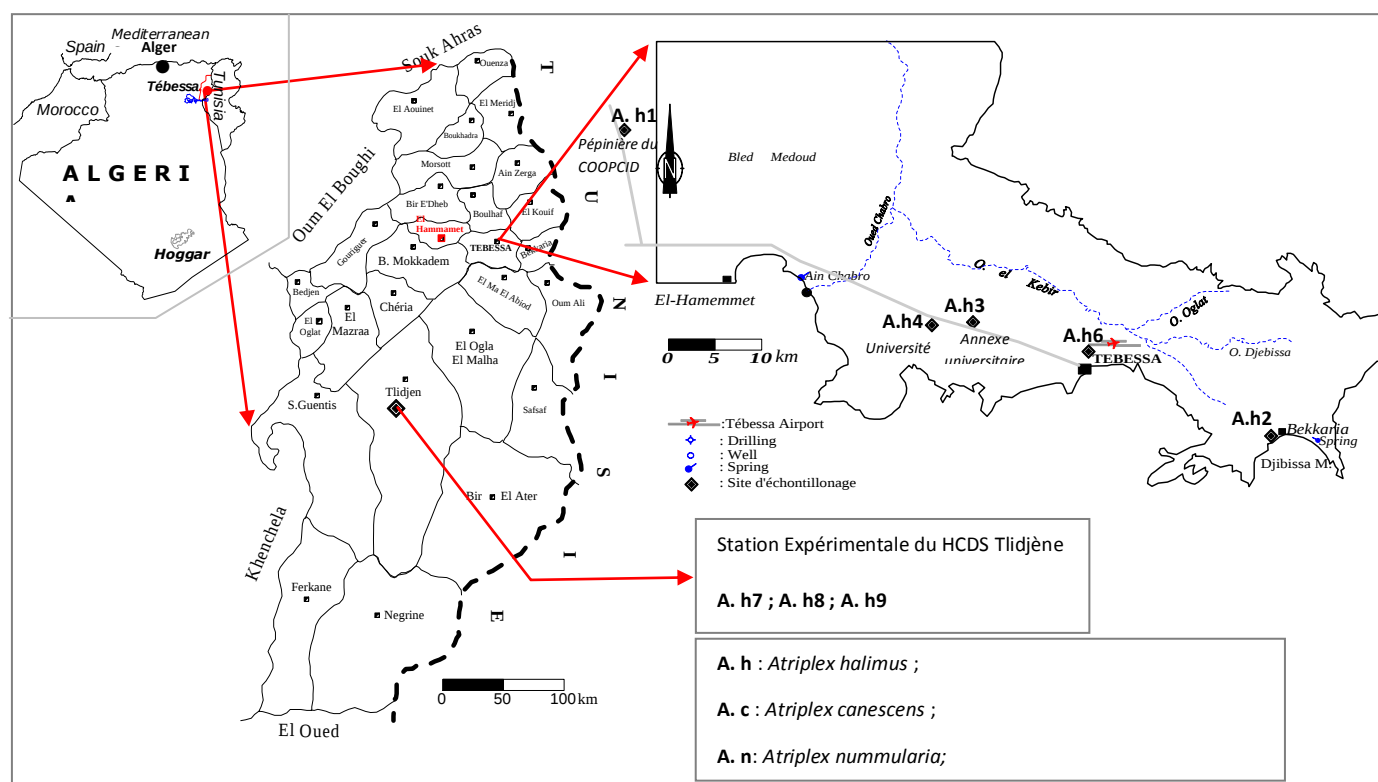


Figure 2. Représentation de la codification et de la répartition des génotypes étudiés sur les sites d'échantillonnage représentés sur la carte de la wilaya de Tébessa

Extraction et quantification de l'ADN

L'ADN génomique est extrait de jeunes feuilles en utilisant le Cetyltriméthylammonium bromure (CTAB), selon la méthode décrite par [17]. L'ADN purifié des différents échantillons a été remis en suspension dans 100µl d'une solution tampon TE. La concentration de ces ADN a été contrôlée par une quantification réalisée sur gel d'agarose à 0.8%.

Amorces utilisées

Nous avons testé un total de 40 amorces en raison de la qualité des bandes polymorphes qu'elles ont produit. Seules 20 ont été retenues. Ce sont: OPA2, 5, 7, OPB1, 3, 6, OPC7, 8, 15, OPD8, 11, 15, OPE12, 18, OPG3, OPI16, OPK9, OPL2, OPN7, OPP8. (tab. I).

Tableau I. Amorces RAPD sélectionnées et nombre de fragments amplifiés

Amorces	Séquence 5'...3'	Nombre de fragments amplifiés	Nombre de fragments polymorphes
OPA-02	TGCCGAGCTG	19	19
OPA-05	AGGGGTCTTG	13	13
OPA-07	GTTTCGCTCC	18	18
OPB-01	GTTTCGCTCC	12	12
OPB-03	CATCCCCCTG	16	16
OPB-06	TGCTCTGCCC	16	16
OPC-07	GTCCCGACGA	14	14
OPC-08	TGGACCGGTG	13	13
OPC-15	GACGGATCAG	14	14
OPD-08	GTGTGCCCCA	20	20
OPD-11	AGCGCCATTG	11	11
OPD-15	CATCCGTGCT	15	15
OPE-12	TTATCGCCCC	17	17
OPE-18	GGA CTGCAGA	11	11
OPG-03	TCTCCGCCTT	19	19
OPI-16	TCTCCGCCTT	22	22
OPK-09	CCCTACCGAC	19	19
OPL-02	TGGGCGTCAA	17	17
OPN-07	ACATCGCCCA	7	7
OPP-08	TCTGTTCCCC	26	26
Total		319	319

Amplification d'ADN et électrophorèse

L'amplification a été effectuée dans un volume total de 25µl contenant 2µl d'extrait d'ADN (10ng/µl), 5µl de tampon de l'enzyme de polymérisation (5x), 2µl de MgCl₂ (2.5mM), 2.5µl de dNTPs (2mM), 3.8µl d'amorce oligonucléotide (2µM), 0.2µl de Taq DNA polymérase (5U/µl). Le processus de la PCR consiste en une pré-dénaturation initiale (3 min à 95°C), suivie de 45 cycles d'amplification (30sec de dénaturation à 95 °C, 1 min d'hybridation à 37 °C, 2 min d'extension à 72 °C) et en une extension finale (10 min à 72 °C). Les produits PCR sont séparés par électrophorèse sur gel d'agarose à 2% (p/v TBE) contenant du Bromure d'éthidium pendant 90 min. Les bandes d'ADN sont alors observées à la lumière ultraviolette puis photographiées.

Analyse bioinformatique des données

Pour chacun des individus et pour chaque amorce, la lecture visuelle des gels a permis de noter les bandes polymorphes. Ainsi, nous avons attribué la valeur 1 pour les bandes présentes et 0 pour les bandes absentes. Après saisi des données correspondantes à la matrice binaire obtenues, le programme SIMQUAL (*Similarity for quantitative Data Program*) du logiciel NTSYS-pc (*The numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System For Personnel computer*), Version 2.0 a permis d'élaborer un dendrogramme et une matrice basée sur le coefficient SM (Simple matching) de similarité génétique entre les différents génotypes d'*Atriplex* étudiés.

3. Résultats et discussion

Empreintes génétiques

Cette étude a permis de détecter des empreintes génétiques spécifiques pour les 14 génotypes étudiés. Les 20 amorces de RAPD retenues dans cet essai ont généré un très grand nombre de bandes polymorphes caractérisées par un poids moléculaire compris entre 200 à 1500 pb. La figure 3 présente un exemple des profils générés par l'amorce OPA02 et OPA08.

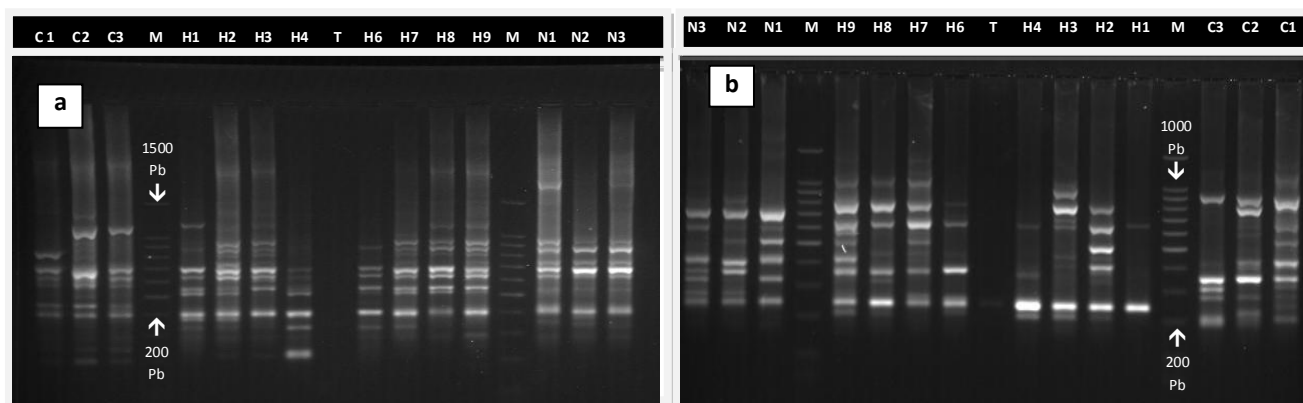


Figure 3. Exemple de gel d'agarose montrant un profil d'ADN amplifié avec la réaction RAPD-PCR, utilisant l'amorce OPA02 (Photo **a**) et OPC08 (Photo **b**) et 14 génotypes appartenant à 3 espèces d'*Atriplex* [C, H et N correspondent respectivement aux noms des espèces: *A. canescens*, *A. halimus* et *A. nummularia* ; M : marqueur de taille (100Pb Ladder) ; T : témoin négatif (sans ADN)]

Les 20 amorces retenues ont produit un total de 319 bandes polymorphes. Pour tous les génotypes, le nombre le plus élevé de bandes polymorphes est obtenu par l'amorce OPI 16 avec 26 bandes, alors que le plus faible a marqué l'amorce OPE 18 avec seulement 7 bandes. En moyenne, 17 bandes par amorce ont été produites (Tab. I).

Similarité génétique

La matrice de similarité (Figure 4.), affiche une variation du coefficient de similarité génétique comprise entre 0,533 et 0,831, avec une moyenne de 0,682. Les similarités les plus élevées ont été observées entre les composantes génotypiques suivantes: (H4-H6: 0,831), (H7-H9: 0,796) et (C2-C3: 0,796). Les similarités les plus faibles ont été obtenues avec les combinaisons (H9-N3: 0,533), (N1-C2: 0,533) et (N3-H2: 0,539).

	C1	C2	C3	H1	H2	H3	H4	H6	H7	H8	H9	N1	N2	N3
C1	1													
C2	0.762	1												
C3	0.759	0.796	1											
H1	0.655	0.712	0.727	1										
H2	0.564	0.589	0.599	0.69	1									
H3	0.58	0.63	0.652	0.693	0.771	1								
H4	0.665	0.69	0.73	0.796	0.668	0.727	1							
H6	0.639	0.696	0.737	0.828	0.699	0.708	0.831	1						
H7	0.549	0.592	0.621	0.674	0.734	0.774	0.677	0.69	1					
H8	0.577	0.614	0.655	0.74	0.705	0.74	0.73	0.743	0.777	1				
H9	0.552	0.577	0.599	0.646	0.762	0.759	0.655	0.655	0.796	0.749	1			
N1	0.552	0.533	0.567	0.602	0.586	0.583	0.574	0.586	0.564	0.599	0.592	1		
N2	0.618	0.586	0.627	0.699	0.627	0.618	0.702	0.696	0.611	0.671	0.621	0.69	1	
N3	0.567	0.574	0.596	0.605	0.539	0.542	0.596	0.602	0.561	0.589	0.533	0.727	0.712	1

Figure 4. Matrice des corrélations générées par les marqueurs RAPD et représentant le coefficient de similarité existant entre les génotypes étudiés.

Polymorphisme inter et intra-spécifique

Pour cette étude, nous avons fixé au niveau du dendrogramme (Figure 5.), un point sur l'échelle du coefficient de similarité (pointé par une ligne verticale discontinue), marquant le repère de la détermination du nombre de groupes produits.

D'après ce dendrogramme généré par l'approche RAPD, nous avons séparé les génotypes étudiés en 4 groupes distincts: le premier (G1) renferme tous les individus appartenant seulement à l'espèce d'origine américaine *A. canescens* (C1, C2 et C3), le second groupe (G2) renferme aussi et exclusivement les individus de l'espèce australienne *A. nummularia* (N1, N2 et N3). Cependant, les individus de l'espèce locale (*A. halimus*) ont été partagés entre le groupes 3 (G3) et 4 (G4), contenant respectivement les génotypes (H1, H4 et H6) et (H2, H3, H7, H8 et H9).

Ces résultats montrent que les individus du G3 sont génétiquement les plus proches entre eux par rapport aux autres existant au sein d'un même groupe. Dans cette étude, le couple H4-H6 est exceptionnellement le plus génétiquement convergeant, avec le coefficient de similarité le plus élevé (0.831). Les individus du G4 appartenant aussi à l'espèce locale viennent avec ceux du G1, à la seconde place. Cependant, les individus de l'espèce Australienne paraissent comme les plus distants entre eux. Ceci révèle que le niveau de variabilité génétique intra-spécifique de cette dernière espèce est très élevé. La nature de la reproduction de l'espèce (*A. nummularia*) pourrait, peut être expliqué ce caractère, sachant que les plantes de cette espèce ont un mode de reproduction exclusivement allogame, contrairement aux deux autres [18].

Le dendrogramme nous permet aussi de remarquer que le groupe 4 (G4) est lui-même subdivisé en 2 sous groupes: le premier est composé des génotypes: H2 et H3, et le second est composé des génotypes H7, H8 et H9.

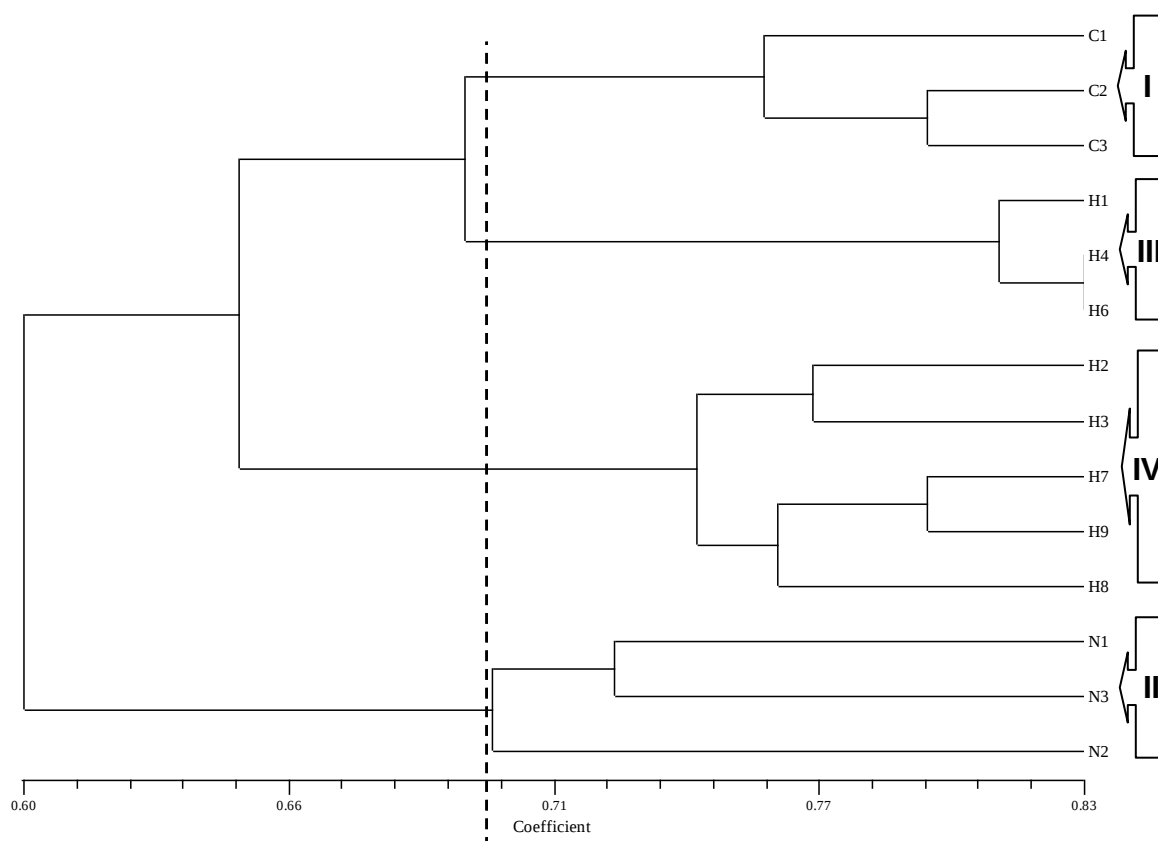


Figure 5. Dendrogramme représentant les distances génétiques existantes entre les génotypes étudiés, générées par les marqueurs RAPD. (Basé sur le coefficient de similarité simple matching (SM)). Les groupes formés (I, II, III et IV) sont indiqués à droite de la figure. La ligne discontinue verticale indique le point repère de la séparation des groupes.

Le rapprochement génétique enregistré entre ces derniers génotypes (G4) est justifié par le fait que tous leurs plants sont reproduits au sein de la même pépinière pastorale. Par conséquent, leurs semences pourraient appartenir à des plants ayant des parents communs, voire même, elles auraient pu être recueillies sur un même pied ou encore être multipliées par bouturage dans cette même pépinière.

Paradoxalement, les génotypes H4 et H6 d'*Atriplex halimus*, existant à l'état spontané (fig. 2) et qui enregistrent la plus grande similarité dans cette étude, sont géographiquement, relativement éloignés l'un de l'autre. Cependant, des études tunisiennes [19] et marocaines [10] menées sur cette espèce en question dévoilent que le polymorphisme y est d'autant plus important lorsqu'elles sont situées dans un climat différent, c'est-à-dire sur un axe d'orientation nord-sud, parallèlement au gradient d'aridité climatique, ce qui n'est pas le cas dans notre étude.

Plus difficile encore à concevoir, est le fait que les génotypes du G3 sont plus proches de ceux du G1 que de ceux du G4, alors que les groupes G3 et G4 correspondent à une même espèce (*A. halimus*), et le groupe G1 caractérise une autre espèce (*A. canescens*).

Cette grande divergence enregistrée entre les génotypes du G3 et G4 pourrait trouver aussi son origine dans la grande diversité génétique caractérisant les populations d'*A. halimus*. En effet, et selon une étude isoenzymatique réalisée au Maroc, une ample convergence génétique a été enregistrée entre des populations d'*A. halimus* et qu'elle est due

paraît-il, aux différences de fréquences des allèles plutôt qu'à leur polymorphisme. [20]

Ortiz-Dorda *et al.* [12] trouvent aussi que la large diversité génétique caractérisant les populations d'*A. halimus* est peut être due, en plus de leur adaptation écologique, à leur mode de reproduction allogame, conduisant à un niveau élevé de flux de gènes. D'après Soltis et Soltis [21], le caractère polyploïde des plantes fait qu'elles incorporent une grande diversité génétique à partir de multiples ancêtres ce qui engendre un niveau d'hétérozygotie plus élevé. En ce qui concerne la relation génétique interspécifique, le dendrogramme (Figure 05) localise l'espèce locale *A. halimus* (originnaire d'Afrique du nord) en position intermédiaire et ce en fonction de la distance génétique qui sépare les trois espèces étudiées. Ceci va de paire avec leurs origines géographiques, sachant que les deux espèces exotiques (*A. nummularia* et *A. canescens*) sont introduites respectivement d'Australie et d'Amérique du nord. Cependant, une étude marocaine comparable à la notre a située l'espèce *A. canescens* en position intermédiaire entre *A. halimus* et *A. nummularia* [11].

4. Conclusion

Les résultats de la présente étude, ont permis de mettre en évidence les points suivants:

- Les marqueurs moléculaires de type RAPD, malgré leurs caractères non spécifiques, ont montré une forte aptitude à la caractérisation génétique chez les espèces d'*Atriplex* et un haut niveau de polymorphisme.
- La technique RAPD-PCR permet, dans les cas d'études préliminaires et/ou de non disponibilité de marqueurs plus spécifiques, de réaliser des discriminations exploitables. Dans notre cas, les différentes espèces étudiées ont été isolées dans des groupes à part. Cependant, l'interprétation de quelques cas de séparation et/ou de rapprochement génétique restent fortement discutée.
- D'une façon générale, nous remarquons qu'au sein d'un même groupe, que les génotypes étudiés de l'espèce locale (*A. halimus*) se sont montrés les plus proches génétiquement, de même pour les génotypes de l'espèce américaine (*A. canescens*). Cependant, les individus de l'espèce australienne (*A. nummularia*) se sont caractérisés par une importante dissemblance entre eux, due peut être à leur mode de reproduction exclusivement allogame.
- Le rapprochement surprenant observé entre le G3 de l'espèce *A. halimus* et le G1 de l'espèce *A. canescens*, pourrait être expliqué par la théorie de flux de gène lié au mode de reproduction allogame de ces espèces.
- Nous pensons aussi que la grande divergence existante entre les génotypes de l'espèce *A. halimus*, appartenant aux deux groupes G3 et G4, trouverait son origine dans le caractère hétérozygote et polyploïde caractérisant cette dernière espèce.
- Il est aussi à retenir que les résultats de l'analyse de la variabilité génétique interspécifique casent l'espèce locale en position intermédiaire, ce qui corrobore avec sa situation géographique.

En guise de perspective, et grâce aux progrès du génie génétique, les *Atriplex* pourront avoir, sans doute, une meilleure caractérisation de leur structure génétique. C'est pourquoi, il est impératif de recourir à des méthodes d'investigation génétiques plus pointues, allant de l'utilisation de marqueurs plus spécifiques, jusqu'à l'identification, le séquençage et le transfert de gènes d'intérêt.

Ainsi, et en impliquant des effectifs de génotypes plus représentatifs, on arrivera, à terme, à obtenir le maximum d'informations génétiques, aboutissant à une meilleur gestion et une plus grande valorisation de cette ressource phyto-génétique que sont les plantes du genre *Atriplex* dont l'importance est déterminée dans les régions du Maghreb.

5. Références bibliographiques

- [1] BARROW J. R. and OSUNA P., 2002. Phosphorus solubilization and uptake by dark septate fungi in fourwing saltbush, *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. *Journal of Arid Environments*, 51: 449-459.
- [2] KAOCHKEKI A., 1996. The use of halophytes of forage production and combating desertification in Iran. In *halophytes and biosaline agriculture*. Ed. Marcel Dekker, 219 p.
- [3] RAHMOUNE C., MAALEM S. et BENNACEUR M., 2004. Etude comparative du rendement en matière sèche (MS) et en matière azotée totale (MAT) de trois espèces de plantes steppiques du genre *Atriplex*. *Options Méditerranéennes*, 60: 219-221.
- [4] ESSAFI N E., MOUNSIF M., ABOUSALIM A. H., BENDAOU M., BRHADDA N., 2007. Effets du stress hydrique sur la valeur nutritive d'*Atriplex halimus* L. *Sécheresse*, 18 (2): 123-128.
- [5] RAHMOUNE C., MAALEM S., KADRI K. et BENNACEUR M., 2006. Etude de l'utilisation des eaux fortement salées pour l'irrigation des plantes du genre *Atriplex* en zones semi arides. *Revue des Régions Arides*, Numéro spécial, Actes du séminaire international: Gestion des ressources et applications biotechnologiques en aridoculture et cultures oasiennes: Perspectives pour la valorisation des potentialités du Sahara : 924-929.
- [6] HOUMANI M., 1997. Évolution des terres de parcours et bilan fourrager dans les zones arides algériennes. In *Actualité scientifique. Biotechnologies, amélioration des plantes et sécurité alimentaire*. Universités francophones, ESTEM, Paris, 399 p.
- [7] VALDERRABANO J., MUNOZ F., DELGADO I. BROWSING K., 1997. Ability and utilization by sheep and goats of *Atriplex halimus* L. shrubs. *Small Ruminant Research*, 19: 131-136.
- [8] Le HOUÉROU H. N., GRAZING J., 1989. Lands of Mediterranean basin. *Journal of arid environments*, 5 (1): 321-334.
- [9] DUTUIT P., POURRAT Y. et DODEMAN V. L., 1991. Stratégie d'implantation d'un système d'espèces adaptées aux conditions d'aridité du pourtour méditerranéen. In: *L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides*. John Libbey Eurotext, 491 p.
- [10] ABBAD A., CHERKAOUI M., WAHID N., EL HADRAMI A. B. and BENCHAAABANE A. R., 2004. Variabilités phénotypique et génétique de trois populations naturelles d'*Atriplex halimus*. *C R Biologies*, 327: 371-380.
- [11] BOUDA S., DEL CAMPO F. F., HADDIOUI A., BAAZIZ M., and HERNÁNDEZ L. E., 2008. RAPD and ITS-based variability revealed in *Atriplex* species introduced to semi-arid zones of Morocco. *Scientia Horticulturae*, 118: 172-179.
- [12] ORTIZ-DORDA J., MARTINEZ-MORA C., CORREAL E., SIMON B. and CENIS L., 2005. Genetic structure of *Atriplex halimus* populations in the Mediterranean basin. *Annals of Botany*, 95: 827-834.
- [13] BYRNE M., HANKINSON M., SAMPSON J. F. and STANKOWSKI S., 2008. Microsatellite markers isolated from a polyploid saltbush, *Atriplex nummularia* Lindl. (Chenopodiaceae). *Molecular Ecology Resources*, 8: 1426-1428.
- [14] ANDERSON A., BRUNO B, CARSON C., 2008. Primer development consortium. Permanent Genetic Resources Notes added to Molecular Ecology Resources Database 31 March 2008–31 May 2008.
- [15] ABDELHAMID S, KÜPFER P., 2004. Identification moléculaire des variétés de Châtaignier en Suisse. *Revue Suisse Vitic Arboric Hortic*, 36 (6): 349-354.
- [16] KADRI K, SNOUSSI H, BENNACEUR M, Ben ABDALLAH A., 2006. Application de marqueurs moléculaires pour l'analyse de la diversité génétique chez l'amandier (*Prunus Dulcis* Mill.). *Cahier Agriculture*, 15 (2) :195-202.

- [15] POREBSKI S, BAILEY G. and BAUM R. B., 1997. Modification of a CTAB DNA extraction protocol for plants containing high polysaccharide and polyphenol components. *Plant molecular Biology Reporter*, 15: 8-15.
- [16] RUSSELL J. R., FULLER J. D. and MACAULAY M., 1997. Direct comparison of levels of genetic variation among barley accessions detected by RLFPs, AFLPs, SSRs and RAPDs. *Theor Appl Genet*, 95: 714-722.
- [17] SAGHI-MAROOF M. A., BIYASHEV R. M., YANG G. P., ZHANG Q. and ALLARD R. W., 1994. Extraordinarily polymorphic microsatellite R. W. DNA in barley: Species diversity chromosomal locations, and population dynamics. *Proc Nalt Acad Sci*, 91: 5466-5470.
- [18] FRANCIET A. et Le HOUEROU H. N., 1971. *Les Atriplex en Afrique du nord*. FAO, Rome, 931 p.
- [19] CHALBI N., BEZZAOUIA M. A. et El GAZZAH M., 1997. Résultats préliminaires sur le polymorphisme morphogénétique et la répartition des populations naturelles de l'espèce *Atriplex halimus* en Tunisie. In : *Étude de la diversité biologique de l'Atriplex halimus pour le repérage in vitro et in vivo d'individus résistants à des conditions extrêmes du milieu et constitution de clones*. Rapport annuel du projet STD3 no TS 3 CT 940264, Paris, 497.
- [20] HADDIOUI A. et BAAZIZ M., 2001. Genetic diversity of natural populations of *Atriplex halimus* L. in Morocco: an isoenzyme-based overview. *Euphytica*, 121: 99-106.
- [21] SOLTIS P. S., SOLTIS DE., 2000. The role of genetic and genomic attributes in the success of polyploids. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 343 p.

Caractéristiques biochimiques de quelques espèces de fruits charnus communes dans le Sahel algérois recherchées par les oiseaux frugivores

Amel MILLA^{1*}, Samia DAOUDI-HACINI², Jean-François VOISIN³ et Salaheddine
DOUMANDJI²

¹⁻ Ecole nationale vétérinaire, El Harrach, Alger 16200, Algérie amelmilla@hotmail.com)

²⁻ Département de zoologie agricole et forestière, Institut National Agronomique, El Harrach
Alger 16200, Algérie

³⁻ Laboratoire des Mammifères et Oiseaux, Muséum national d'histoire naturelle
Paris, France

Résumé- Dans le Sahel algérois les disponibilités en fruits diversifiés sont importantes. Il a été recensé 90 espèces de plantes à fruits charnus exotiques et indigènes appartenant à 28 familles végétales. L'échelonnement de la fructification des espèces productrices de baies durant 4 saisons, est tel que les oiseaux trouvent des fruits disponibles tout au long de l'année. Les caractéristiques biochimiques des fruits de 8 espèces de plantes les plus communes dans le Sahel algérois, sont étudiées. Leurs teneurs en eau varient entre $9,21 \pm 6,07\%$ et $86,40 \pm 1,79\%$. La catégorie la plus répandue correspondant aux fruits ayant des teneurs en eau comprises entre 50 et 75%, représentées par 22 espèces (38,6 %). Les taux en glucides fluctuent entre 21,5% pour *Phoenix canariensis* et 87,5% pour *Myrtus communis*. Quant aux lipides, ils atteignent un minimum de 9,0% dans les dattes de *Washingtonia filifera* et 31,7% dans les olives d'*Olea europaea*. Les pourcentages des protéines se situent entre 9,6% pour *Myrtus communis* et 48,4 % pour *Pistacia lentiscus*. *Olea europaea* et *Ficus retusa* restent les plus riches en calories avec respectivement 584,1 et 518,4 kcal / g, correspondant à 2441,3 et 2166,9 kJ / g. *Melia azedarach* quant à elle, possède la valeur nutritive la plus faible avec 305,3 kcal / g (1276,2 kJ / g). L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les éléments nutritifs et les espèces de plantes.

Mots clés : Fruits charnus, teneur d'eau, glucides, lipides, protéines, Sahel algérois

Abstract- In the Sahel of algeirs the availability of diverse fruits are important. We identified 90 species of fruit-bearing plants and exotic species belonging to 28 families of plants. The timing of fruit-producing species of berries during 4 seasons is such that the birds are fruits available throughout the year. We studied the biochemical characteristics of the fruits of 8 plant species most common in the Sahel Algiers. The biochemical characteristics of the fruits are taken into account the levels of water, carbohydrates, lipids and proteins. The rate for water varies between $9.21 \pm 6.07\%$ and $86.4 \pm 1.79\%$. The most prevalent for the fruit with water levels between 50 and 75%, represented by 22 species (38.6%). Carbohydrate levels fluctuate between 21.5% *Phoenix canariensis* and 87.5% for *Myrtus communis*. As for the level of lipids they reach a minimum of 9.0% in the dates of *Washingtonia filifera* and 31.7% in olives of *Olea europaea*. The percentages of protein ranged between 9.6% for *Myrtus communis* and 48.4% for *Pistacia lentiscus*. We notice that *Olea europaea* and *Ficus retusa* are the richest in calories respectively with 584.1 and 518.4 Kcal / g. corresponding to 2441.3 and 2166.9 kJ / g. *Melia azedarach* meanwhile, has the nutritional value the lowest with 305.3 Kcal / g. corresponding to 1276.2 kJ / g. The analysis of variance revealed a significant difference between nutrients and plant species.

Keywords: Fleshy fruits, water content, carbohydrates, lipids, proteins, Sahel Algiers

Introduction

Les fruits dont le mésocarpe est charnu et succulent constituent le prix, coûteux en énergie que la plante doit payer à l'animal pour se faire disperser et que le système ne peut fonctionner que si chaque partenaire y trouve son compte. La plante nourrit l'animal qui, en retour, disperse ses graines. CHARLES-DOMINIQUE (1995) précise que les interactions plantes-animaux frugivores sont examinées sous l'angle des bilans énergétiques. Il précise que les fruits doivent être généreusement offerts aux animaux [1]. Pour cela, une partie de l'énergie disponible au niveau de la plante est allouée aux structures attractives. Ces structures sont la valeur nutritive, la coloration, la phénologie de la fructification et la distribution spatiale des plantes. Cependant, ce sont bien les fruits riches en eau et en éléments nutritifs

que les oiseaux recherchent. Leurs teneurs varient en fonction des espèces végétales, du type biologique, des saisons et de la distribution géographique. Les oiseaux ont des besoins très variables en eau. L'absorption de cet élément peut se faire en nature ou bien il est contenu dans les aliments ingérés [2, 3, 4]. En allant de l'été vers l'hiver la composition en eau et en carbohydrates des fruits diminue alors que leur teneur en lipides augmente. Les fruits de l'été sont plus aqueux et leur ingurgitation par les oiseaux compense le manque de l'eau dans la nature [5]. D'après BAIRLEIN (1996), les protéines sont le dernier élément choisi par les oiseaux après les sucres et les lipides [6]. BOSQUE et CALCHI (1983) au Venezuela, remarquent que les oiseaux choisissent les protéines plus par rapport à leurs types qu'en fonction de leurs quantités [7]. Par contre, une exception est à souligner au Venezuela où une espèce commune d'oiseau le Tangara évêque *Thraupis episcopus* préfère plutôt les fruits riches en protéines [8]. Plusieurs travaux ont été réalisés sur la composition biochimique des fruits, notamment ceux de HERRERA (1983) [9] en Espagne, de DEBUSSCHE (2002) [5] et DEBUSSCHE et ISENMANN (1989) [10] en France, de SNOW (1971) [11] et SNOW (1988) [12] en Angleterre, de COMPTON *et al.* (1996) [13] en Afrique du Sud, de KORINE *et al.* (1998) [14] dans l'Est du pourtour méditerranéen, de HAMPE et BAIRLEIN (2000) [15] en Europe centrale, de TRAVESET *et al.* (2001) [16] dans le Sud-Est de l'Alaska, et de SCHAEFER *et al.* (2003) [7] et SCHAEFER et SCHAEFER (2006) [17] au Venezuela.

1.- Méthodologie

Les aliments se composent d'eau et de matière sèche, celle-ci comportant des matières minérales et des matières organiques, lesquelles peuvent être des glucides, des lipides ou des protéines [18]. La valeur nutritive des aliments dépend de leur composition biochimique, et c'est pourquoi il est dosé chacun de ces composés dans les fruits consommés par les oiseaux dans le Sahel algérois à l'aide de différentes méthodes. La teneur en eau d'un aliment est, par convention, la perte de masse qu'il subit en étant maintenu dans des conditions déterminées de dessiccation à $103\pm 1^{\circ}\text{C}$. pendant 4 heures dans une étuve [18]. La teneur en matière sèche des différents aliments est déterminée conventionnellement par le poids de ces aliments après dessiccation dans une étuve [18]. L'azote total ou les protéines brutes est dosé par la méthode de Kjeldahl: l'azote organique est minéralisé par l'acide sulfurique. Puis le sulfate d'ammonium ainsi formé est déplacé par la soude et dosé par titrimétrie [18]. Les matières grasses brutes correspondent aux substances extraites sous reflux par un solvant [18]. La détermination des sucres totaux est réalisée par la méthode de Dubois. Le principe en un dosage des oses et des hexoses en utilisant le phénol et l'acide sulfurique concentré. En présence de ces deux réactifs, les oses donnent une couleur jaune-orange dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des glucides.

2.- Résultats

Dans cette étude, elles sont traitées les composantes biochimiques des fruits de quelques espèces retrouvées dans le Sahel algérois. Il s'agit de la teneur en eau, en glucides, en protéines et en lipides des fruits.

2.1.- Teneur en eau des fruits charnus

Les teneurs en eau des fruits et des fleurs charnus du Sahel et le Littoral algérois sont représentées dans le tableau I.

Les teneurs en eau de 57 espèces de fruits et de fleurs charnus répandues dans le Sahel algérois (Tab. I), sont calculées. La teneur en eau varie entre $9,21\pm 6,07\%$ chez *Schinus molle*

et $86,4 \pm 1,79\%$ chez *Dracaena draco*. *Salpichroa oranifolia* renferme également une teneur en eau élevée avec $86,3 \pm 2,14 \%$.

Tableau I- Teneurs en eau des fruits charnus exprimées en pourcentages
(- : Absence de données)

Espèces	Teneurs en eau (%)	Espèces	Teneurs en eau (%)
<i>Juniperus phoenicea</i>	-	<i>Prunus pisardi</i>	-
<i>Juniperus oxycedrus</i>	-	<i>Pyracantha coccinea</i>	$74,94 \pm 0,08$
<i>Asparagus acutifolius</i>	-	<i>Raphiolepis indica</i>	-
<i>Asparagus falcatus</i>	$72,84 \pm 3,47$	<i>Raphiolepis ovata</i>	-
<i>Asparagus plumosus</i>	$63,33 \pm 1,04$	<i>Rosa gallica</i>	$47,00 \pm 2,71$
<i>Asparagus sprengeri</i>	$71,70 \pm 1,47$	<i>Rosa canina</i>	$87,21 \pm 5,99$
<i>Smilax aspera</i>	$18,61 \pm 1,96$	<i>Rubus ulmifolius</i>	$73,49 \pm 0,88$
<i>Ruscus hypophyllum</i>	$61,38 \pm 4,43$	<i>Eugenia jambolana</i>	-
<i>Ruscus aculeatus</i>	-	<i>Eugenia uniflora</i>	$56,44 \pm 1,52$
<i>Dracaena draco</i>	$86,41 \pm 1,79$	<i>Eugenia cayeuxi</i>	-
<i>Arecastrum romanzoffianum</i>	$35,91 \pm 5,71$	<i>Feijoa sellowiana</i>	-
<i>Chamaerops humilis</i>	$40,29 \pm 9,83$	<i>Myrtus communis</i>	$75,71 \pm 0,01$
<i>Corypha australis</i>	-	<i>Punica granatum</i>	$80,00 \pm 2,51$
<i>Kentia forsteriana</i>	-	<i>Bryonia dioica</i>	$49,66 \pm 13,14$
<i>Latania borbonica</i>	-	<i>Hedera helix</i>	$65,44 \pm 1,25$
<i>Phoenix canariensis</i>	$64,95 \pm 2,82$	<i>Meryta denhamii</i>	-
<i>Phoenix dactylifera</i>	-	<i>Lonicera implexa</i>	-
<i>Sabal umbraculifera</i>	$38,74 \pm 2,14$	<i>Lonicera japonica</i>	-
<i>Washingtonia filifera</i>	$29,98 \pm 4,28$	<i>Viburnum tinus</i>	$22,46 \pm 2,32$
<i>Washingtonia robusta</i>	$20,92 \pm 1,15$	<i>Arbutus unedo</i>	$44,63 \pm 3,23$
<i>Aberia caffra</i>	-	<i>Diospyros kaki</i>	-
<i>Pittosporum tobira</i>	$48,92 \pm 1,58$	<i>Jasminum fruticans</i>	-
<i>Casimiroa edulis</i>	-	<i>Jasminum primulinum</i>	-
<i>Citrus aurantium</i>	-	<i>Ligustrum japonicum</i>	$61,13 \pm 0,82$
<i>Murraya exotica</i>	$66,72 \pm 1,59$	<i>Olea europaea</i>	$53,94 \pm 1,60$
<i>Melia azedarach</i>	$25,45 \pm 3,32$	<i>Phillyrea angustifolia</i>	$62,02 \pm 1,43$
<i>Evonymus japonicus</i>	-	<i>Cordia domestica</i>	$76,74 \pm 1,81$
<i>Rhamnus alaternus</i>	$56,52 \pm 1,58$	<i>Cordia arborea</i>	$81,72 \pm 0,68$
<i>Zizyphus jujuba</i>	$54,51 \pm 3,27$	<i>Salpichroa</i>	$86,34 \pm 2,14$
<i>Vitis vinifera</i>	$79,71 \pm 7,14$	<i>Solanum nigrum</i>	$77,97 \pm 1,76$
<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	$76,35 \pm 1,59$	<i>Solanum sodomaeum</i>	$76,89 \pm 1,07$
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	$10,81 \pm 2,66$	<i>Iochroma tubulosa</i> (*)	$49,88 \pm 1,66$
<i>Sapindus utilis</i>	-	<i>Duranta plumieri</i>	$77,72 \pm 0,85$
<i>Corynocarpus sp.</i>	$41,79 \pm 2,88$	<i>Lantana camara</i>	$58,92 \pm 3,55$
<i>Pistacia atlantica</i>	$63,15 \pm 5,18$	<i>Laurus nobilis</i>	-
<i>Pistacia lentiscus</i>	$50,74 \pm 2,89$	<i>Celtis australis</i>	$28,13 \pm 3,81$

<i>Pistacia terebenthus</i>	21,47 ± 2,47	<i>Ficus carica</i>	81,27 ± 2,90
<i>Pistacia vera</i>	39,76 ± 7,59	<i>Ficus elastica</i>	-
<i>Schinus dependens</i>	-	<i>Ficus macrophylla</i>	50,84 ± 15,96
<i>Schinus molle</i>	9,21 ± 6,07	<i>Ficus retusa</i>	50,99 ± 6,75
<i>Schinus terebenthifolius</i>	12,87 ± 1,43	<i>Ficus rubiginosa</i>	70,44 ± 2,04
<i>Crataegus oxyacantha</i>	-	<i>Maclura pomifera</i>	-
<i>Crataegus monogyna</i>	58,54 ± 2,27	<i>Morus alba</i>	80,26 ± 2,48
<i>Cotoneaster racimosa</i>	-	<i>Morus nigra</i>	83,26 ± 2,15
<i>Eriobotrya japonica</i>	-	<i>Opuntia ficus indica</i>	-
		57	

Tableau II- Catégories de teneur en eau des fruits et des fleurs charnus dans le Sahel algérois
(N: nombres des espèces; % : pourcentages)

Teneurs en eau (%)	Sahel algérois	
	N	%
< 25 %	7	12,28
25 % - 50 %	13	22,81
50 % - 75 %	22	38,60
> 75 %	15	26,32
Total	57	100

Les fruits et les fleurs charnus sont répartis entre 4 catégories en fonction de leurs teneurs en eau (Tab. II). La catégorie 1 englobe les fruits et fleurs charnus ayant une teneur en eau inférieure à 25 %, la catégorie 2 entre 25 et 50 %, la catégorie 3 entre 50 et 75 % et la catégorie 4 supérieure à 75 %. La catégorie 3 est la plus répandue correspondant à 22 espèces (38,6 %). Elle est suivie par la catégorie 4 représentant 15 espèces (26,3 %), par la catégorie 2 avec 13 espèces (22,8 %) et enfin par la catégorie 1 avec 7 espèces (12,3 %).

Dans les six stations d'étude, les fruits et les fleurs charnus qui ont des teneurs en eau comprises entre 50 et 75% sont importants (Tab. III). On retrouve dans la forêt de Baïnem 13 espèces sur 28 (46,4%), dans la station de Tixeraïne 13 espèces sur 30 (43,3%), dans le centre cynégétique de Zéralda 14 espèces sur 37 (37,8%), dans le Marais de Réghaïa 13 espèces sur 33 (39,4%), dans les jardins de l'institut national agronomique d'El Harrach (Algérie) 22 espèces sur 55 (40%) et dans le Jardins d'essai du Hamma 22 espèces sur 55 (40%). Ils sont suivis par les fruits ayant plus de 75% d'eau dans la forêt de Baïnem avec 9 espèces sur 28 (32,1%), dans la station de Tixeraïne 11 espèces sur 30 (36,7%), dans le centre cynégétique de Zéralda 12 espèces sur 37 (32,4%), dans le Marais de Réghaïa 11 espèces sur 33 (33,3%) et dans les jardins de l'institut national agronomique d'El Harrach 15 espèces sur 55 (27,3%). Dans le Jardin d'essai du Hamma, les fruits et les fleurs ayant une teneur en eau entre 25 et 50% et 50 et 75% viennent en deuxième position avec 13 espèces pour chaque catégorie sur 55 (23,6%). Par contre dans le maquis de Saoula, les deux catégories ayant une teneur en eau entre 50 et 75% et plus de 75% viennent en première position avec chacune 9 espèces sur 22 (40,9%).

Tableau III - Catégories de teneur en eau des fruits et des fleurs charnus dans les différentes stations du Sahel algérois (FB: Forêt de Bainem; Sa: Saoula; Tx: Tixeraïne; CZ: Centre cynégétique de Zéralda; MR: Marais de Réghaïa; INA: Institut national agronomique d'El Harrach; JD: Jardin d'essai du Hamma; N: Nombres de cas; %: Fréquences centésimales)

Teneurs en eau (%)	FB		Sa		Tx		CZ		MR		INA		JD	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
< 25 %	3	10,71	1	4,55	2	6,67	3	8,11	3	9,09	7	12,73	7	12,73
25 % - 50 %	3	10,71	3	13,64	4	13,33	8	21,62	6	18,18	11	20	13	23,64
50 % - 75 %	13	46,43	9	40,91	13	43,33	14	37,84	13	39,39	22	40	22	40
> 75 %	9	32,14	9	40,91	11	36,67	12	32,43	11	33,33	15	27,27	13	23,64
Totaux	28	100	22	100	30	100	37	100	33	100	55	100	55	100

2.2.- Composition en glucides, en protéines et en lipides des fruits charnus du Sahel algérois

Les teneurs en glucides, en lipides et en protéines de 8 espèces retrouvées dans le présent travail sont calculées par rapport à leur matière sèche (Tab. IV). L'importance relative de la matière sèche varie entre 24,3% pour *Myrtus communis* et 74,6% pour *Washingtonia robusta*. Les teneurs en glucides fluctuent entre 21,5% pour *Phoenix canariensis* et 87,5% pour *Myrtus communis*. Quant aux taux de lipides, ils atteignent un minimum de 9,0% dans les fruits de *Washingtonia filifera* et 31,7% dans les olives d'*Olea europaea*. Les pourcentages des protéines se situent entre 9,6% pour *Myrtus communis* et 48,4% pour *Pistacia lentiscus*.

Tableau IV- Teneurs en matière sèche, en glucides, en lipides et en protéines de huit espèces communes dans le Sahel algérois

Espèces	Matière sèche (%)	Glucides (%)	Lipides (%)	Protéines (%)
<i>Phoenix canariensis</i>	36,59	21,5	23,69	20,98
<i>Washingtonia robusta</i>	74,62	24,4	16,62	34,15
<i>Washingtonia filifera</i>	74,38	23,6	8,96	35,09
<i>Melia azedarach</i>	74,55	31,3	13,68	18,53
<i>Pistacia lentiscus</i>	49,26	27,5	17,73	48,36
<i>Olea europaea</i>	46,06	66,5	31,70	18,75
<i>Myrtus communis</i>	24,29	87,5	16,76	9,55
<i>Ficus retusa</i>	68,69	40,4	16,02	18,09

Il se remarque que *Olea europaea* et *Ficu retusa* sont les plus riches en calories avec respectivement 584,1 et 518,4 kcal /g. correspondant à 2441,3 et 2166,9 kJ /g. *Melia azedarach* quant à elle possède la valeur nutritive la plus faible avec 305,3 kcal /g. correspondant à 1276,2 kJ /g (Tab. V).

Tableau V- Estimation des valeurs énergétiques de 8 espèces de fruits dans le Sahel algérois

Espèces	Glucides	Lipides	Protéines	Total	kJ / g
<i>Phoenix canariensis</i>	70,52	213,21	90,21	373,94	1563,07
<i>Washingtonia robusta</i>	79,95	149,58	146,85	376,38	1573,27
<i>Washingtonia filifera</i>	77,49	80,64	150,89	309,02	1291,70
<i>Melia azedarach</i>	102,5	123,12	79,68	305,3	1276,15
<i>Pistacia lentiscus</i>	90,2	159,57	207,95	457,72	1913,27
<i>Olea europaea</i>	218,12	285,3	80,63	584,05	2441,33
<i>Myrtus communis</i>	287,0	150,84	41,07	478,91	2001,84
<i>Ficus retusa</i>	296,43	144,18	77,79	518,4	2166,91

3.- Discussion

3.1- Teneur en eau des fruits charnus

La présente étude a permis de constater que les plantes à fruits qui renferment des teneurs élevées en eau comprises entre 50 et 75%, sont fortement représentées (38,6%) dans le milieu d'étude. Même ceux qui contiennent plus de 75% d'eau au Sahel et au Littoral algérois correspondent à un pourcentage égal à 26,3% (Tab. I). Dans la région méditerranéenne, DEBUSSCHE *et al.* (1987) remarquent que les fruits renferment entre 16 et 90% d'eau et que cette teneur varie au cours des saisons. Selon ces mêmes auteurs, elle est forte en été et plus faible en hiver, soit 81% en été, 67% en automne et 43% en hiver [5]. Les fruits de l'été sont donc plus aqueux et leur ingurgitation par les oiseaux compense le manque de l'eau dans la nature. TEWKSBURY (2002) signale que les animaux frugivores cherchent de l'eau dans les fruits [4]. Les oiseaux frugivores consomment la pulpe du fruit, ils y trouvent des éléments nutritifs et de l'eau. D'après MAYAUD (1952) et DORST (2002), les oiseaux ont des besoins très variables en eau [2,3]. L'absorption de cet élément peut se faire directement dans la nature ou bien les oiseaux le retrouvent dans les aliments ingérés. La teneur en eau peut varier en fonction des familles botaniques. C'est un fait signalé par DEBUSSCHE et ISENMANN (1989) [10]. Ils notent une teneur inférieure à 65% chez les Rosacées, entre 65 et 73% chez les Caprifoliacées, entre 74 et 82% chez les monocotylédones et plus de 82% chez d'autres familles. A l'est de la Méditerranée, les fruits renferment entre 13,0 et 87,3% d'eau [14]. Ces auteurs ajoutent que les oiseaux recherchent les fruits ayant $65,8 \pm 16,2\%$ d'eau et que les chauves-souris préfèrent ceux qui contiennent $59,1 \pm 28,1\%$ d'eau. Cette teneur varie également en fonction du type biologique des plantes, de leur répartition géographique et de la couleur du fruit. A cet effet, DEBUSSCHE *et al.* (1987) remarquent que les plantes herbacées tendent à avoir des fruits plus aqueux. Ils indiquent également que les plantes à répartition strictement méditerranéenne ont des fruits moins aqueux que ceux à large répartition ou que ceux qui sont rares dans l'aire méditerranéenne [5]. En effet la teneur en eau de *Myrtus communis* est de 65% chez les fruits bleus et de 69% chez les fruits blancs [16], tandis que celle des figues des *Ficus* sp. qui sont fréquents mais dispersés en Afrique du Sud, est égale à 87,2% [13]. Dans le même sens, les fruits de la bourdaine *Frangula alnus* (Rhamnaceae) renferment $82,5 \pm 1,8\%$ d'eau dans le Sud de la Péninsule Ibérique et entre $84,5 \pm 1,8\%$ et $86,2 \pm 1,4\%$ d'eau en Europe centrale [15]. Dans le Sud de la Grande Bretagne, SNOW et SNOW (1996) retrouvent des fruits avec une teneur en eau comprise entre 72 et 85% [12].

3.2.- Teneur en glucides des fruits charnus

La teneur en glucides ou en sucres totaux dans les fruits communs dans le Sahel algérois varie entre 21,5 et 87,5% (Tab. IV). La teneur en sucres peut varier également en fonction de la distribution géographique, des saisons et du type biologique. Pour ce qui est de la distribution géographique, SNOW et SNOW (1996) remarquent dans la partie méridionale de la Grande Bretagne, que les taux des sucres solubles varient entre 37,1 et 93,5% [12]. Il est à constater que dans une même région les taux de sucres contenus varient beaucoup d'un type de fruit à un autre. Dans l'Est du pourtour méditerranéen où KORINE *et al.* (1998) indiquent que les pourcentages des sucres fluctuent entre 19,9 et 88,5% et que les oiseaux choisissent des fruits ayant $63,7 \pm 27,3\%$ de sucres, alors que les chauves-souris frugivores recherchent ceux qui en renferment $80,6 \pm 7,9\%$ [14]. SCHAEFER *et al.* (2003) rapportent qu'au Venezuela les oiseaux sont capables de détecter une différence de 1% de sucres et de 2% de lipides [7]. Ces variations en teneurs de glucides sont importantes même dans un pays froid comme le Sud-Est de l'Alaska où TRAVASET *et al.* (2004) signalent que les fruits renferment des taux de sucres allant de 0,7 à 86,4 mg, ce qui correspond à 3,7 et 43,2% [19]. HAMPE et BAIRLEIN (2000) ont étudié les éléments nutritifs de *Frangula alnus* dans le Sud de la Péninsule Ibérique et en Europe centrale [15]. Ils ont analysé le taux du glucose et du fructose. Des teneurs de $25,9 \pm 3,1\%$ de glucose et de $25,8 \pm 3,4\%$ de fructose ont été notés dans la Péninsule Ibérique, alors que des teneurs allant de 20,9 3,0% et $15,2 \pm 2,1\%$ de glucose et de $26,8 \pm 3,5\%$ et $22,0 \pm 2,9\%$ de fructose ont été retrouvées en Europe centrale. Pour ce qui concerne l'influence des saisons, DEBUSSCHE *et al.* (1987) notent qu'en allant de l'été vers l'hiver, la composition en carbohydrates des fruits diminue, constatation confirmée par TRAVESET *et al.* (2004) dans le sud-est de l'Alaska [5, 19]. Le type biologique des fruits intervient aussi. Les teneurs en sucres varient d'une espèce de plante à une autre. Précisément dans la région méditerranéenne, DEBUSSCHE et ISENMANN (1989) notent que les taux de sucres fluctuent en fonction des familles botaniques [10]. Ils sont inférieurs à 29% chez les Rosaceae, entre 29 et 49% chez les Caprifoliaceae et supérieurs à 49% chez les Monocotylédones. Debussche *et al.* (1987) remarquent également que chez les plantes herbacées tendent à avoir des fruits avec des quantités de carbohydrates plus grandes que chez les ligneux [5]. Les teneurs en glucides fluctuent également en fonction de la couleur des fruits. Effectivement, Traveset *et al.* (2001) travaillant, sur les compositions chimiques de *Myrtus communis*, soulignent le fait que les pourcentages des sucres varient en fonction de la couleur des fruits [16]. Ils sont de 48,2% chez les fruits bleus et 44,4% chez les fruits blancs. De même, chez *Goupia glabra* au Venezuela, les fruits noirs sont plus riches en sucres que les fruits rouges et verts [17]. BAIRLEIM (1996), TEWKSBARY (2002) et SCHAEFER *et al.* (2003) indiquent que les oiseaux recherchent dans les fruits en premier lieu les glucides, puis les lipides et enfin les protéines [6, 4 et 7].

3.3.- Teneur en lipides des fruits charnus

Dans la présente étude les teneurs en lipides varient entre 9,0 % et 31,7 % (Tab. IV). Plusieurs auteurs montrent l'influence des saisons sur le taux de matières grasses contenues dans les fruits. HERRERA (1983), en Espagne signale que les fruits riches en matières grasses se retrouvent surtout entre octobre et mars [9]. Il ajoute qu'en été tous les fruits ont une teneur inférieure à 5% de lipides. En automne, la majorité des fruits ont également une teneur en lipides inférieure à 5%, à l'exception de *Pistacia terebenthus* qui en renferme entre 40 et 80%. En hiver, la majorité des fruits ont des teneurs en lipides supérieures à 5%, à l'exception de *Myrtus communis* qui en contient 5% de lipides. De même d'après DEBUSSCHE *et al.* (1987) la teneur en lipides varie entre 1 et 61%, et qu'elle augmente de l'été vers l'hiver [5]. En Algérie, YOUSFI *et al.* (2003) ont étudié les acides gras des graines

de *Pistacia atlantica* et trouvent une prédominance des acides gras oléiques et palmitiques [20]. Ils ajoutent que les acides gras libres et totaux sont caractérisés principalement par des acides gras insaturés. DEBUSSCHE et ISENMANN (1989) dans la région méditerranéenne remarquent que la teneur en lipides varie en fonction des familles botaniques [10]. Ils trouvent un taux inférieur à 2% chez les Rosaceae, entre 2 et 10% chez les Caprifoliaceae et plus de 10% chez les Monocotylédones. Ces teneurs varient en fonction des régions biogéographiques. Effectivement, KORINE *et al.* (1987) dans l'est de la Méditerranée, indiquent que la teneur en lipides varie entre 0,2 et 56,8% et que les oiseaux choisissent les fruits qui renferment $18,6 \pm 23,4\%$ de lipides alors que les chauves-souris préfèrent des fruits qui contiennent seulement $2,3 \pm 1,3\%$ [14]. HAMPE et BAIRLEIN (2000) trouvent que le taux de lipides chez la bourdaine (*Frangula alnus*, Rhamnaceae) varie d'une région à l'autre [15]. Il est de $2,4 \pm 0,7\%$ dans la Péninsule Ibérique et de $2,8 \pm 1,0$ et $2,7 \pm 0,8\%$ en Europe centrale. SNOW et SNOW (1988) notent des teneurs en lipides qui fluctuent entre 0,2 et 35,8% dans la même région [12]. Cette valeur varie également en fonction de la couleur du fruit. SCHAEFER et SCHAEFER (2006) au Venezuela, remarquent pour la Kopie *Goupia glabra* (Celastracées) que la teneur en lipides est plus élevée dans les fruits noirs que dans ceux qui sont verts [17].

3.4.- Teneur en protéines des fruits charnus

Pour ce qui est des protéines, il est retrouvé dans le Sahel algérois des teneurs variant entre 9,6 et 48,4% (Tab. IV). Selon DEBUSSCHE *et al.* (1987) les teneurs en protéines fluctuent entre 1 et 16% et qu'elles sont plus élevées pour les plantes herbacées que pour les ligneux [5]. Les fruits d'été sont plus riches en protéines que les fruits mûrs d'automne et d'hiver. D'après BAIRLEIN (1996), les protéines sont le dernier élément choisi par les oiseaux après les sucres et les lipides [6]. Ils complètent le manque de ces derniers par l'ingurgitation de protéines. SCHAEFER *et al.* (2003a) au Venezuela, remarquent que les oiseaux choisissent les protéines plus par rapport à leurs types qu'en fonction de leurs quantités [7]. Une exception est à souligner au Venezuela où une espèce commune d'oiseau le Tangara évêque *Thraupis episcopus* préfère plutôt les fruits riches en protéines [8]. DEBUSSCHE et ISENMANN (1989) dans la région méditerranéenne remarquent que la teneur en protéines varie en fonction des familles botaniques [10]. Ils trouvent un taux inférieur à 4% chez les Rosacées, entre 4 et 5% chez les Caprifoliacées et plus de 5% chez les Monocotylédones. La teneur en protéines varie en fonction des régions géographiques. Pour KORINE *et al.* (1998), dans l'est de la Méditerranée, la teneur en protéines varie entre 1,1 et 8,4% [14]. Selon ces auteurs les oiseaux choisissent les fruits qui renferment $4,8 \pm 1,3\%$ de protéines, préférence comparable à celle des chauves-souris qui recherchent les fruits qui en contiennent $4,7 \pm 1,3\%$. SNOW (1971) en grande Bretagne, précise que les teneurs en protéines varient entre 0 et 8% [11]. Pourtant SNOW et SNOW (1988) notent des teneurs en protéines comprises entre 1,0 et 27,7% dans la même région [12]. HAMPE et BAIRLEIN (2000) montrent précisément que le taux de protéines chez *Frangula alnus* varie d'une région à l'autre [15]. Il est de $4,3 \pm 0,6\%$ dans la Péninsule Ibérique et se situe entre $5,8 \pm 1,2$ et $8,9 \pm 1,1\%$ en Europe centrale. La teneur en protéines dépend également de la couleur du fruit. En effet, TRAVESET *et al.* (2001) remarquent pour *Myrtus communis*, la teneur en protéines est plus élevée dans les fruits bleus (3,0%) que dans les fruits blancs (2,3%). En plus des glucides, des lipides et des protéines importants dans la composition chimique des fruits, on retrouve également des caroténoïdes [21] et des éléments minéraux comme le calcium, le magnésium, le potassium, le sodium, le phosphore, le fer, le cuivre, le zinc et le manganèse [16, 22].

3.5.- Estimation des valeurs énergétiques des fruits charnus

Pour ce qui concerne les valeurs énergétiques, les fruits analysés dans la présente étude renferment entre 305,3 et 584,1 kcal/g (Tab. V). D'après SNOW et SNOW (1988) dans le sud-est de la Grande Bretagne, l'énergie apportée par les fruits varie entre 2,9 et 4,8 kcal/g. Selon TRAVESET *et al.* (2004), la valeur nutritive change au cours des saisons [19]. Ils ajoutent que les espèces ayant une grande énergie calorique sont des Rosaceae comme *Rosa nutkana*, *Malus fusca*, *Rubus chameemorus* et *Rubus spectabilis*. SCHAEFER *et al.* (2003b) précisent que les oiseaux cherchent dans les fruits une source d'énergie qui est représentée le plus souvent par des sucres et les lipides [23]. On peut dire que la composition chimique des fruits varie en fonction de plusieurs paramètres liés à la plante et à sa distribution géographique, mais non liés aux pressions exercées par les oiseaux frugivores.

4.- Conclusion

Les caractères biochimiques des fruits pris en considération sont les teneurs en eau, en glucides, en lipides et en protéines. Le taux en eau varie entre $9,21 \pm 6,07\%$ et $86,4 \pm 1,79\%$. La catégorie la plus répandue correspondant aux fruits ayant des teneurs en eau comprises entre 50 et 75%, représentés par 22 espèces (38,6%). Les teneurs en glucides fluctuent entre 21,5% pour *Phoenix canariensis* et 87,5% pour *Myrtus communis*. Quant aux taux de lipides ils atteignent un minimum de 9,0% dans les dattes de *Washingtonia filifera* et 31,7% dans les olives d'*Olea europaea*. Les pourcentages des protéines se situent entre 9,6% pour *Myrtus communis* et 48,4% pour *Pistacia lentiscus*. On remarque que *Olea europaea* et *Ficu retusa* sont les plus riches en calories avec respectivement 584,1 et 518,4 kcal/ g correspondant, à 2441,3 et 2166,9 kj / g. *Melia azedarach* quant à elle, possède la valeur nutritive la plus faible avec 305,3 kcal/ g correspondant, à 1276,2 kj /g. L'analyse de la variance révèle une différence significative entre les éléments nutritifs et les espèces de plantes.

Références bibliographiques

- [1] Charles-Dominique P., 1995. Interactions plantes-animaux frugivores, conséquences sur la dissémination des graines et la régénération forestière. *Revue Ecologique (Terre et Vie)*, vol. 50 (3): 223-235.
- [2] Mayaud N., Alimentation, cité par Grasse P.P., 1950. *Traité de zoologie "les oiseaux"*. Ed. Masson et Cie., Paris, T. 15: 654-688.
- [3] Dorst J., 1971. *La vie des oiseaux*. Ed. Bordas, Paris, T. 1, 382 p.
- [4] Tewksbury J. J., 2002. Fruits, frugivores and the evolutionary arms race. *New Phytologist*, Vol. 156 (2): 137-144.
- [5] Debussche M., Cortez J. and Rimbault I., 1987. Variation in fleshy fruit composition in the Mediterranean region: the importance of ripening season, life-forme, fruit type and geographical distribution. *Oikos*, vol. 49 (3): 244-252.
- [6] Bairlein F., 1996, Fruit-Eating in birds and its nutritional consequences. *Comp. Biochem. Physiol.*, vol. 113 A (3): 215-224.
- [7] Schaefer H. M., Schmidt V. and Bairlein F., 2003a, Discrimination abilities for nutrients: which difference matters for choosy birds and why? *Animal behaviour*, vol. 65 (3): 531-541.
- [8] Bosque C. and Calchi R., 2003. Food choice by Blue-gray Tanagers in relation to protein content. *Comparative Biochemistry and Physiology*, vol.135 (A): 321-327.
- [9] Herrera C. M., 1983. Coevolución de plantas y frugivoros: la invernada mediterranea de algunos passeriformes. *Alytes*, vol. 1 (2): 177-190.
- [10] Debussche M. and Isenmann P., 1971. 1989. Fleshy fruit characters and the choices of

- bird and mammal seed dispersers in a Mediterranean region. *Oikos*, vol.56 (3): 327-338.
- [11] Snow D. W., Evolutionary aspects of fruit-eating by birds. *Ibis*, vol. 113 (2): 194-202.
- [12] Snow B. and Snow D., 1988. Birds and berries. Ed. T & A. D. Poyser, Calton, 268 p.
- [13] Compton S. G., Craig A. J. F. K. and Waters I. W. R., 1996. Seed dispersal in an African fig tree: birds as high quality, low quality dispersers? *J. Biogeography*, vol. 23 (4): 553-563.
- [14] Korine C., Izhaki I. and Arad Z., 1998. Comparison of fruit syndromes between the Egyptian fruit-bat (*Rousettus aegyptiacus*) and birds in East Mediterranean habitats. *Acta Oecologica*, vol.19 (2): 147-153.
- [15] Hampe A. and Bairlein F., 2000. Modified dispersal-related traits in disjunct populations of bird-dispersed *Frangula alnus* (Rhamnaceae): a result of its quaternary distribution shifts?. *Ecography*, vol. 23 (5): 603-613.
- [16] Traveset A., Riera N. and Mas R. E., 2001. Ecology of fruit-colour polymorphism in *Myrtus communis* and differential effects of birds and mammals on seed germination and seedling growth. *J. Ecology*, vol. 89 (4): 749-760.
- [17] Schaefer H. M. and Schaefer V., 2006. The fruits of selectivity: how birds forage on *Goupia glabra* fruits of different ripeness. *J. Ornithology*, vol. 147 (3): 638-643.
- [18] Jarrige R., 1989. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. Institut national de la recherche agronomique (I.N.R.A.), Paris, 471 p.
- [19] Traveset A., Wilson M. F. and Verdu M., 2004. Characteristics of fleshy fruits in Southeast Alaska : phylogenetic comparison with fruits from Illinois. *Ecography*, vol. 27 (1): 41-48.
- [20] Yousfi M., Nedjemi B., Belal R. et Benbertal D., 2003. Etude des acides gras d'huile de fruit de pistachier de l'Atlas algérien. Fiche technique, vol. 10 (5/6) : 425-427.
- [21] Fraser P. D. and Bramley P. M., 2004. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Progress in lipid research*, vol.43 (3): 228-265.
- [22] Madejón P., Marañón T. and Murillo J. M., 2006. Biomonitoring of trace elements in the leaves and fruits of wild olive and holm oak trees. *Science of the total environment*, vol. 355 (1/3): 187-203.
- [23] Schaefer H. M., Schmidt V. and Winkler H., 2003b. Testing the defense trade-off hypothesis: how contents of nutrients and secondary compounds affect fruit removal. *Oikos*, vol. 102 (2): 318-328.

Contribution à la connaissance de la population cameline femelle «Tergui» dans la wilaya de Tamanrasset

LONGO-HAMMOUDA F. H.^{1*}, TOUMI K.², MOUATS A.³ et BENLAMNOUAR N.⁴

¹Département de zootechnie, Ecole nationale supérieure agronomique

El Harrach, Alger 16200 Algérie

²Institut technique de développement des élevages de Baba Ali, Alger, Algérie

³Département de physiologie, université de Mostaganem, Mostaganem, Algérie

⁴Direction des services agricoles, Touggourt, Algérie

fhlongohammouda@yahoo.fr

Résumé- Dans la perspective de la connaissance et de la préservation de la population cameline «Tergui» dans la wilaya de Tamanrasset et, plus exactement, dans la région de l'Atakor, 25 éleveurs ont été recensés dont la taille des troupeaux varie de 10 à plus de 50 têtes. Les éleveurs sont repartis sur trois (03) zones : In-Amguel, Sillet et Tamanrasset. L'enquête menée a concerné un total de 66 femelles. Cette étude a permis d'identifier deux rameaux de la population cameline «Tergui» à savoir, le Mehri et le Merrouki.

Mots clés: Population cameline, race «Tergui», Tamanrasset, Algérie.

Contribution to knowledge of the female camel population "Tergui" in the region of Tamanrasset

Summary- In the perspective of knowledge and preservation of the cameline population "Tergui" in the wilaya of Tamanrasset and, more exactly, in the region of atakor, 25 stockbreeders has been counted which the size of herds varies of 10 in more of 50 heads. The stockbreeders are divided on three (03): In-Amguel, Sillet and Tamanrasset. The led inquiry conserved a total of 66 females. This study allowed us to identify two branches of the population cameline "Tergui" to be known, Mehri and Merrouki.

Keywords: Cameline population, "Tergui", Tamanrasset, Algeria.

Introduction

Le dromadaire *Camelus dromedarius*, l'animal le mieux adapté aux conditions arides et semi-aride constitue la source vitale pour des millions d'habitants des régions du Sud.

En effet, c'est une source principale de protéines pour la population saharienne avec un apport notamment de lait et de viande et c'est grâce à ses particularités anatomiques et même corporelles qu'il peut être utilisé pour diverses activités dont le transport, la charge, le labour etc....

Cependant très peu de travaux lui ont été consacrés afin de le caractériser en différentes races et d'améliorer leurs performances zootechniques.

Les études et les recherches sur *Camelus dromedarius* ont porté sur les différents paramètres, essentiellement sur les systèmes d'élevages, peu d'études se sont intéressées à la reproduction et encore moins de travaux sur l'identification et la caractérisation des «races».

Certes, il y a eu quelques tentatives d'études pour caractériser les populations camelines. En Libye, une classification, basée sur les paramètres morphologiques, a été faite en vue d'un classement selon la production (lait, viande et poils) [1].

Une étude similaire a été réalisée en Arabie saoudite pour caractériser les types existants en utilisant des mesures morphométriques [2, 3].

En Algérie, BATOUT (1994) et AYAD et HARKAT (1996) ont travaillé sur les caractères phénotypiques notamment les mensurations corporelles afin de déterminer les caractères morphologiques et la formule barymétrique du poids vif de l'animal au Sahara septentrional [4, 5].

Au Maroc, l'IAV en 1997, s'est intéressé à l'étude du polymorphisme biochimique des protéines et des enzymes sanguines en vue d'établir le profil génétique de chaque population.

En 2000, BENLEMNAOUAR a mené un travail sur les paramètres morphologiques de la population «Tergui» dans la wilaya de Tamanrasset [6].

Une étude sur la diversité génétique des populations camelines dans la région du Hoggar a été reprise par HAREK (2008) [7].

Les classifications actuelles utilisées sont basées soit sur la couleur dominante de la robe, le relief, le mode d'utilisation, soit sur l'origine tribale. C'est dans ce sens que s'inscrit notre étude sur la connaissance de la population cameline dans la wilaya de Tamanrasset, plus précisément la population cameline «Tergui » dans la région du Hoggar, en nous basant sur les critères phénotypiques tels que les mensurations morphologiques, l'étude de la robe, la production laitière et la production de poil «l'Oubar» ainsi que la détermination du poids vif par barymétrie.

1. Matériel et Méthodes

La présente étude a pour but de caractériser la population cameline femelle «Tergui» dans la wilaya de Tamanrasset où nous avons essayé d'identifier les types existants dans cette population dans les régions du Hoggar (Silet, Ablessa et In-Amguel), en se basant sur les critères phénotypiques et morphologiques (mensurations, couleur de la robe, taille notamment).

La zone d'étude a concerné la région de l'Attakor, les communes ciblées sont : Ablessa, Tamanrasset (Oued Amded, Oued Tamanrasset) et In-Aguel (Anohgrine et Ouan chebri).

Nous nous sommes intéressés, dans le premier volet du questionnaire que nous avons élaboré et qui est le support de nos enquêtes, à la situation de l'élevage camelin dans la wilaya de Tamanrasset.

Dans la deuxième partie, nous avons tenté d'identifier la population cameline existante. Au cours de nos pré -enquêtes, nous avons relevé une forte hétérogénéité entre les différents exploitants. En effet, il existe une grande variabilité notamment dans la taille des troupeaux et l'appartenance tribale.

En nous rapprochant des associations des éleveurs et des subdivisions agricoles (DSA, IVM, CAM), nous avons estimé un chiffre approximatif de 1436 éleveurs dans la wilaya de Tamanrasset.

En l'absence de données concernant le nombre d'éleveurs par catégorie (nomades, semi-nomades et sédentaires), notre étude a porté sur 25 éleveurs.

Les mesures ont porté sur 66 sujets femelles appartenant à la population «Tergui». L'échantillon est aléatoire.

Les paramètres suivants ont été enregistrés:

- l'âge de l'animal (adulte, plus de 6 ans).
- la couleur de la robe.
- les caractéristiques du poil ("Oubar").
- les caractères biométriques à savoir : la hauteur au garrot (HG), la hauteur au bassin (HBa), la longueur du corps (LCp), la longueur du cou (LCo), la longueur au gigot (LGi), le tour au canon (TCa), le tour au coussinet (TCou) et le poids (pds).

Notons que le poids des animaux a été calculé par la formule de BOUE (1948) [8] qui est applicable au sud algérien:

$$\text{Poids vif} = 53(\text{TP} \times \text{TBo} \times \text{HG})$$

où

TP: Tour de poitrine

TBo: Tour à la bosse

HG : Hauteur au garrot

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'analyses statistiques (stat view): calcul des moyennes des caractéristiques morphologiques, analyse des corrélations et analyse de la variance (analyse de l'homogénéité ou de l'hétérogénéité de la population).

2. Résultats et discussion

2.1. Caractérisation de la population « Tergui »

2.1.1. Analyse descriptive des caractères phénotypiques (mesures)

Les tableaux I et II nous rapportent les caractères phénotypiques et quelques paramètres de productions, avec les coefficients de variation des «races Mehri et Merrouki» femelles.

La femelle «Mehri» a presque les mêmes critères morphologiques que le mâle, la différence réside au niveau des mesures [9]. La hauteur au garrot peut atteindre 1.91 m avec une moyenne de 1.80 et 1.43 m pour la hauteur à la croupe. La bosse est pointue et bien développée. Elle peut atteindre une hauteur moyenne de 1.90 m et le tour de bosse est en moyenne de 2.26 m. Les mamelles sont bien développées, la distance entre les trayons peut atteindre 0.18 m. La valeur du coefficient de variation est faible pour la majorité des mesures, ce qui confirme l'homogénéité des individus entre eux (tableau I).

Tableau I: Les moyennes des caractères phénotypiques : quelques paramètres de production avec les coefficients de variation de la «race Mehri» femelles

Mesures (cm)	Moyennes	Coefficient de variation
Hauteur au garrot	180.27 +- 4.92	0.027
Hauteur à la bosse	190.55 +- 7.06	0.037
Hauteur au bassin	171.75 +- 5.47	0.032

Hauteur à la croupe	143.71 +- 5.97	0.042
Longueur du corps	146.90 +- 5.38	0.037
Largeur au bassin	040.67 +- 0.34	0.049
Longueur de la tête	054.64 +- 2.81	0.051
Longueur des oreilles	011.20 +- 0.18	0.096
Longueur du cou	126.20 +- 9.56	0.076
Longueur du gigot	031.59 +- 2.05	0.065
Longueur de la charge	030.11 +- 3.94	0.131
Profondeur de la poitrine	055.62 +- 3.71	0.067
Tour à la bosse	225.56 +- 11.40	0.051
Tour à la poitrine	186.39 +- 15.42	0.083
Tour au sternum	196.81 +- 7.77	0.039
Tour au canon	023.28 +- 1.63	0.070
Tour au coussinet	061.64 +- 3.42	0.056
Tour au bas ventre	165.50 +- 12.16	0.074
Distance entre deux trayons	002.54 +- 0.81	0.321
Distance diagonale entre trayons	006.34 +- 3.61	0.571
Poids vif (Kg)	403.95 +- 54.65	0.135
Oubar (%)	067.10 +- 19.96	0.298
Poil (%)	032.64 +- 19.29	0.591
Quantité de lait (litre/j)	008.04 +- 2.93	0.365

Quant à la femelle «Merrouki», contrairement à la femelle «Mehri», elle se caractérise par des membres courts (tableau II). La hauteur au garrot est de 1.79 m. La bosse est bien développée, large et moins haute que celle de la femelle «Mehri». La distance entre les deux trayons est de 0.03 m. Les coefficients de variation sont faibles, ce qui révèle une bonne homogénéité entre les individus.

Tableau II : Les moyennes des caractères phénotypiques: quelques paramètres de production avec les coefficients de variation de la «race Merrouki» femelles

Mesures en cm	Moyennes	Coefficient de variation
Hauteur au garrot	178,96 +- 5,51	0.031
Hauteur à la bosse	184. 36 +- 33.48	0.182
Hauteur au bassin	170.66 +- 6.60	0.039
Hauteur à la croupe	143.50 +- 6.90	0.048
Longueur du corps	148.32 +- 8.58	0.058
Largeur au bassin	039.20 +- 0.67	0.086
Longueur de la tête	054.07 +- 3.13	0.058
Longueur des oreilles	010.28 +- 0.49	0 ,247
Longueur du cou	118.80 +- 14.81	0.125
Longueur du gigot	031.24 +- 2.10	0.067
Longueur de la charge	026.34 +- 3.73	0.142
Profondeur de la poitrine	058.61 +- 25.17	0.429
Tour à la bosse	228.03 +- 19.14	0.084
Tour à la poitrine	180.60 +- 9.09	0.050
Tour au sternum	189.10 +- 33.54	0.177
Tour au canon	024.24 +- 7.01	0.289
Tour au coussinet	066.32 +- 4.72	0.076
Tour au bas ventre	169.37 +- 16.31	0.096
Distance entre deux trayons	003.27 +- 2.10	0.641
Distance diagonale entre trayons	008.02 +- 4.99	0.622

Poids vif (Kg)	391.95 +- 50.96	0.130
Oubar (%)	057.00 +- 20.52	0.360
Poil (%)	040.33 +- 18.26	0.453
Quantité de lait par jour (litre)	008.14 +- 1.86	0.229

Cependant, nous avons relevé quelques hétérogénéités pour certaines mesures (la hauteur de la bosse, la production laitière) qui peuvent être liées au croisement entre «Mehri» et «Merrouki» et aux difficultés de faire les mesures morphologiques sur l'animal, notamment son agressivité.

2.1.2. Analyse des corrélations

Les tableaux III, IV et V nous rapportent l'analyse de corrélations distinctives. La présence de l'effet race nous permet de dire que les « races » « Mehri » et « Merrouki » sont différentes et que l'absence de l'effet sur d'autres mesures que les quelques ressemblances qui existent entre les deux « races » peuvent être dues aux croisements entre elles. Il ressort que pour la population cameline femelle « Tergui », il y'a deux rameaux distincts qui sont différents morphologiquement et qui doivent posséder des caractères génétiques distinctifs.

Tableau III : La corrélation des femelles « Mehri » adultes
(0.05)=0.3494 (*), (0.01)=0.4487 (**), (0.001)=0.5541 (***)

[illegible]

Tableau IV : La corrélation des femelles « Marrouki » adultes
(0.05)=0.4144 (*), (0.01)=0.585 (**), (0.001)=0.6441 (***)

[illegible]

Tableau V : Tables d'Anova de l'effet « race » des femelles adultes

Mesures	HP	HG	Hge	HBo	HBA	HCr	LCp	LTr	LBA	LTe	LO	LCo	LQ	LGI	LCh	LTrs	PP	TBo	TP	TSt	TCa	TCou	TVB	DT	DOT	QLJJ	Oubar	Poll	Pds
DOL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Carré moyen	89,521	27,165	28,171	693,403	18,627	0,745	31,969	15,220	31,406	5,269	12,684	806,403	2,171	1,752	205,594	4,000	133,065	51,150	540,00	957,675	13,280	332,60	211,25	5,69	29,81	0,450	1457,6	1281,8	23247,47468
Valeur de F	3,125	1,310	1,464	1,135	0,519	0,016	0,664	0,545	4,459	0,607	3,730	5,499	0,097	0,405	13,805	0,598	0,461	0,399	3,131	1,680	0,605	1,748	1,075	2,56	1,656	0,097	2,731	1,771	0,824
Valeur de P	0,0832	0,3188	0,2311	0,2909	0,4741	0,8630	0,4181	0,4634	0,0391	0,4386	0,0563	0,0225	0,7567	0,5272	0,0005	0,442	0,4905	0,5315	0,0816	0,1751	0,4366	0,1613	0,3043	0,117	0,205	0,9359	0,1044	0,1990	0,3674

(*) : Significatif < 5%.
(**) : Hautement significatif < 2%.
(***) : Très hautement significatif < 1%.

- D.D.L : Degré de liberté. - F : Valeur critique de la probabilité. - P : La probabilité.

3. Conclusion

L'étude des caractères phénotypiques de la population cameline «Tergui» dans la wilaya de Tamanrasset a permis de faire ressortir trois rameaux («races»), à savoir le «Mehri», le «Marrouki» et l' «Azzerghaf » chez le mâle. Ce dernier n'est pas croisé avec les femelles. Nous supposons que les deux premiers rameaux se distinguent réellement ou bien ce sont des sous «races» d'une «race» unique de la population cameline «Tergui».

Enfin, la présente étude n'est qu'une modeste contribution à la connaissance de la population «Tergui». Des travaux plus approfondis, notamment l'étude des critères génétiques

basés sur des projets de développement, sont nécessaires si nous voulons préserver la population cameline dans la wilaya de Tamanrasset.

Références bibliographiques

- [1] SHAREHA A., 1990. Etudes sur la possibilité de répertorier les animaux selon leurs productions. Symposium international des dromadaires sur l'introduction des «races» à viande et à lait, Lybie, les 10 au 13 octobre 1990.
- [2] SOUAD A. O. S. et AL-MOTAIRY H., 1988. Camels in Saudi Arabia. Camel News letter, n°4: 13-16.
- [3] MARZOUK M. E., 2003. Sciences et Techniques, n° 68; Pp 141.
- [4] BATOUT M. S., 1994. Les caractères morphologiques des camelins au Sahara septentrional en Algérie. Thèse ing. Agro. INFSA/AS, 75 p.
- [5] AYAD S. et HARKAT A., 1996. Contraintes de développement de l'élevage camelin en Algérie. Cas de la wilaya d'El Oued. Thèse d'ing. Agro., INA, El Harrach, Alger, 121 p.
- [6] BENLEMNAOUAR N., 2000. Contribution à la connaissance de la population cameline «Tergui» dans la wilaya de Tamanrasset: Cas de l'Attakor. Thèse ing. d'état en Agron., spécialité Zootechnie, INES de Blida, 113p.
- [7] HAREK D., 2008. Contribution à l'étude de la diversité génétique des populations camelines (genre Camelus) dans la région du Hoggar (Sud Algérien). Thèse de Magister en sciences Agronomiques, INA, El Harrach, Alger, 114 p.
- [8] BOUE A., 1948. Les chameaux de l'Ouest saharien in Revue d'Elevage et de Médecine vétérinaire des pays tropicaux. n° 2: 193-201.
- [9] TOUMI K., BENLAMNOUAR N, LONGO-HAMMOUDA F. H., HARRAK D., SIZIANI Y. et REBIA A., 2001. Contribution à la connaissance de la population cameline mâle «Tergui» dans la wilaya de Tamanrasset. Symposium international sur les populations camelines: Caractérisation des «races », Libye, juin 2001, .6 p.

Problèmes de la lutte chimique au Sahara algérien: cas des acridicides

Mohamed Didi OULD EL HADJ, BOUZIANE Nawel, MINAMI Abdi et OULD EL HADJ-KHELIL Aminata

Laboratoire Protection des Ecosystèmes en zones Arides et Semi-Arides
Université Kasdi Merbah-Ouargla, BP 511 Ouargla 30000 Algérie)

Résumé-Au Sahara *Schistocerca gregaria* (Forsk. 1775), pose d'énormes problèmes économiques et jusqu'ici il n'a été possible de le combattre efficacement que par des pulvérisations intenses de substances chimiques. Le Sahara algérien a été très souvent le théâtre de cette lutte, au cours d'invasion acridienne ou durant la lutte préventive. Les applications répétées anarchiques et à grande échelle dans les oasis au cours d'une invasion acridienne massive, soulèvent des inquiétudes et à laisser apparaître leurs effets sur l'environnement saharien et la santé. L'effet des acridicides organophosphorés, organochlorés, les carbamates ou les pyréthrénoïdes de synthèse sur les vertébrés et les invertébrés est nettement perceptible au cours d'une lutte chimique en palmeraie, biotope marqué par l'activité de l'homme. Des effets négatifs après une campagne de lutte, sont notés sur toutes les catégories d'organismes non visés y compris des familles comprenant la faune utile naturelle du palmier dattier. Il a été constaté sur terrain l'action phytotoxique de certaines classes d'insecticides sur la physiologie du palmier, perceptible sur la qualité morphologique de la datt qui prend un aspect crénelé. De plus les dattes fixent fortement ces produits dangereux pour la consommation humaine. Les zones d'épandage de ces produits se caractérisent par des sols sablonneux. Dans ces solum vu les pores d'un trop grand diamètre, les eaux de ruissellement polluées par les acridicides ne sont pas retenues dans les couches superficielles mais s'infiltrent et gagnent les couches profondes. La composition des eaux profondes dépend de la qualité physico-chimique de ces eaux; une telle qualité que l'on retrouve dans la nappe.

Mots clés: Sahara, palmier, acridien, acridicide, eau souterraine, lutte chimique.

Issues of chemical control in the Algerian Sahara: case of acaricides

Abstract-In the Sahara *Schistocerca gregaria* (Forsk. 1775), poses enormous economic problems and so far it has not been possible to fight effectively with any method other than intense chemical spraying. The Algerian Sahara has been the scene of this struggle over locust invasion or during the preventive control. Repeated random applications at a large scale in the oasis during the course of an invasion frequently raise concern and revealed an evident impact on the Saharan environment and inhabitants' health. The effects of certain types of acaricides including organophosphates, organochlorines, cabamates or synthetic pyrethroids on vertebrates and invertebrates is clearly visible during chemical control measures in palmaries, biotope marked with human activity. After a campaign, adverse effects are noticed on all categories of non-targeted organisms including those useful for the natural wildlife of date palms. Furthermore, the phytotoxic action of certain classes of insecticides on the physiology of date palms was noted, impacting on the morphological quality of dates which appear crenellated. In addition, these toxic substances adhere to dates which may be destined for human consumption. The zones subjected to these substances are characterized by sandy soils, with the solum showing extensively wide diameters. As such, polluted streaming water is not retained in the superficial layers and can easily infiltrates into deeper layers. The composition of deep water depends on the physicochemical properties of these waters,

Keywords: Sahara, palm tree, locust, acaricides, groundwater, chemical control.

Introduction

Il n'y a pratiquement aucun groupe d'animaux, que celui des acridiens qui de tout temps ait été associé à l'homme à l'imagination des événements catastrophiques destructeurs fatalement inévitables [1]. Jusqu'au début de ce siècle, il n'y avait pratiquement rien de changer, quand à l'impuissance à l'égard de la présence massive des criquets grégariaptés, qui s'accompagnent le plus souvent d'une disette non seulement régionale mais encore beaucoup plus large, de misère, d'exode et de nombreux morts. Parmi les locustes *Schistocerca gregaria* célèbre dans les faits et dans les fables, depuis les temps les plus anciens, a toujours menacé l'Afrique et l'Asie [2]. Les

invasions de ce Caelifère peuvent couvrir une vaste superficie de 29 millions de kilomètres carrés, en touchant des collectivités agricoles de 57 pays d'Afrique et d'Asie [3]. Quatre facteurs donnent à cet acridien une importance particulière: sa grande mobilité, la fréquence élevée de ses invasions, sa voracité et sa polyphagie en phase grégaire [4].

L'Algérie est l'un des pays les plus menacés par le fléau acridien. Elle offre des conditions si favorables au développement de cet insecte qu'elle a été considérée par (1929) comme étant leur terre d'élection [5]. Au Sahara, le criquet du désert pose d'énormes problèmes. Certes, l'histoire nous a laissé le souvenir des invasions et des dégâts de la sauterelle pèlerine, subit par l'agriculture saharienne. Le remède à envisager, a une telle calamité à court terme contre ce terrible péril acridien reste encore l'épandage de pesticides. A la veille du troisième millénaire, le souci de plus en plus marqué de préserver l'environnement saharien a projeté au premier plan les risques de pollution chimique et son impact sur la faune utile et nuisible du milieu saharien, ses conséquences sur le végétal et les populations. Face à ce constat et sachant que le Sahara est un milieu très fragile, il s'avère important de noter les conséquences d'une lutte chimique à base d'insecticide à large spectre sur cet écosystème aride.

Le Sahara en relation avec son écosystème faunistique et floristique: cas de la palmeraie

Si le mot désert signifie absence de vie, il ne faut pas croire pour autant qu'au Sahara, flore, faune et population soient réduites à néant. Ce qui caractérise avant tout, la vie au désert, c'est moins son absence que son extrême irrégularité. Les conditions arides, si elles étaient homogènes, excluent pratiquement toute vie sur toute la surface du Sahara. Pour de nombreuses raisons locales, elles peuvent s'atténuer. Les êtres vivants disposent ainsi de stations plus favorables qui leur servent d'abri. Ces microclimats sont dus tantôt au relief tels que les trous de rochers, des surplombs, des talwegs, tantôt à la végétation. C'est ainsi que la température de l'air est inférieure de plusieurs degrés à l'intérieur d'un buisson par rapport à l'air ambiant [6]. La température du sol à l'ombre du même buisson peut être de 10 à 12° plus faible que les points exposés au soleil. Après une pluie ou une rosée, le sol se maintient humide beaucoup plus longtemps dans les parties qui sont abritées par des arbres et des arbustes [7]. Une palmeraie dense constitue un mésoclimat sous-jacent où la luminosité, la turbulence des vents et l'évaporation sont considérablement réduites par rapport à une palmeraie à plantation régulière et à recouvrement partiel. La végétation de ces lieux permet des conditions de vie différentes du milieu ambiant saharien.

L'agriculture d'oasis a traditionnellement constitué le support des implantations humaines au Sahara. L'oasis peut se définir comme un espace cultivé dans un milieu désertique fortement marqué par l'aridité [8]. Elle constitue un écosystème dans lequel l'artificialisation du milieu naturel est très grande. Le palmier dattier est à la base de cette mise en valeur, l'irrigation étant l'autre élément fondamental. De ce fait, on peut même penser que sans le palmier dattier aucune production agricole ne serait possible et qu'en conséquence aucune vie humaine ne pourrait se maintenir au Sahara [9]. Car l'adaptation animale est toujours moins parfaite que l'adaptation végétale au milieu saharien. A la différence des plantes, les animaux du moins les plus mobiles, peuvent se déplacer en direction des régions momentanément plus clémentes, plus arrosées et plus riches en substances alimentaires. Beaucoup d'animaux vivant dans les déserts, sont originaires des zones voisines et ne font que passer. Ceux qui sont condamnés à rester au Sahara doivent présenter des adaptations pour résister aux conditions difficiles du milieu [10, 11, 12]. D'après VIAL et VIAL (1974), il n'existe pas au Sahara de vertébrés étroitement adaptés à la vie souterraine comme la taupe des régions tempérées. Mais de nombreuses espèces sont terricoles [7]. La végétation des palmeraies, permet des conditions de vie différentes du milieu ambiant saharien. La faune y trouve généralement une température et une humidité différente des alternances de plages d'ombre et de soleil et un abri contre le vent. Ce biotope marqué par l'activité humaine, frappe d'abord par la présence d'espèces qui, traditionnellement accompagnent

l'homme, ne subsistent souvent que grâce à lui. Le peuplement des palmeraies n'a rien d'original. Il s'y trouve moins d'insectes phytophages que dans un lit d'oued. Il faut noter que la rareté et la dispersion des ressources alimentaires constituent, avec leurs fluctuations temporaires, un important élément de la biologie désertique. Les animaux ont su exploiter au maximum les multiples possibilités offertes par certains habitats. Nombre d'entre eux doivent à la permanence des microclimats de type oasien d'avoir pu se maintenir au Sahara. DOUMANDJI-MITICHE (1999) note que la palmeraie est un biotope à la fois diversifié par la richesse de sa flore et de sa faune et fragilisée par les agressions du milieu extérieur rude [13].

Bilan et conséquence d'une organisation de lutte au Sahara

Au Sahara les criquets posent d'énormes problèmes (photo 1), et jusqu'ici, il n'a été possible de les combattre efficacement que par des pulvérisations intensives de pesticides chimiques qui pour l'instant, sont le seul recours possible en cas d'infestation grave. Leurs applications répétées, anarchiques et à grande échelle, ont des incidences sur l'environnement saharien pouvant être graves. Les effets toxiques qui résultent des substances elles mêmes, et leurs produits de dégradation ou de leurs impuretés peuvent se manifester dans différentes conditions. Le pesticide le plus efficace, le dieldrine, est interdit dans la plupart des pays [14], fut jadis utilisée dans cette bande aride.



Photo 1- Dégâts du criquet pèlerin en palmeraie (Exploitation agricole ex-ITAS) [15]

Le Sahara algérien dans son ensemble fait partie de l'aire d'invasion du criquet du désert et abrite des aires grégaires de cet insecte dévastateur. Lors de l'invasion de 1987-1988, l'Algérie, en plus de ces moyens matériels, mobilise 40 millions de dollars pour couvrir les frais organisationnels, l'acquisition de pesticides (4.500.000 litres de pesticides achetés entre 1987-1988); l'affrètement d'aéronefs (45 avions et hélicoptères ont été mis en opération pendant les périodes de pointe et de protection des utilisateurs). Ainsi 2000 personnes environ (technicien et

personnel de soutien) ont participé d'une manière active aux opérations de lutte. La superficie traitée à l'époque en Algérie a été de 2.200.000 ha dont les 90% des surfaces traitées sont localisées dans le Sahara (oued, palmeraie et périmètres irrigués) [16]. Durant cette période, il a été constaté après la campagne de lutte antiacridienne, l'effet de certains acridicides en palmeraie, les oiseaux et les invertébrés. Des effets négatifs des produits ont été observés sur toutes les catégories d'organismes, y compris des familles comprenant des ennemis naturels des acridiens mais aussi des auxiliaires du palmier dattier. En plus l'empoisonnement des écosystèmes naturels et des eaux souterraines par les résidus de ces produits, il y a risque d'apparition d'espèce résistante. Vu qu'il a été démontré que les acridiens ont la capacité d'élaborer des mécanismes de résistance à ces produits [17]. Ceci conduit à une dégradation parfois irréversible du milieu oasien, suite aux acridicides à large spectre. La phytotoxicité et l'accumulation des résidus toxiques au niveau des produits destinés à la consommation ont fait leur apparition [18]. Des effets de ces acridicides ont été perceptibles sur le palmier dattier qui réagit mal à cet arsenal chimique par la production de dattes d'aspect crénelé. En plus, les dattes fixent fortement ces produits dangereux pour la consommation humaine et pour l'environnement.

De même en 1995, malgré le déficit pluviométrique notable dans tout le Sahara, dans la wilaya d'Adrar, on a assisté à des fortes concentrations de *S. gregaria*. Ces pullulations ont lieu dans les zones de mise en valeur de Stah Azzi, Reggane, Aoulef, Tsabit, Baâmar, Mriguen et Aougrouit. L'endroit le plus infesté dans cette région était la zone de Zaouiet Kounta (plateau de Stah Azzi). Cette partie englobait 45 pivots de céréales; elle représente à elle seule 60% des surfaces de cultures maraîchères de plein champ et plasticulture de la wilaya. Les palmeraies aux alentours ont connu les attaques de ce locuste. Au cours de la lutte purement chimique dans cette zone aride, qui dura 5 mois, allant du 17 Février au 11 Juillet 1995, plus de 10.550 ha ont été traités [19]. Les acridicides utilisés durant cette campagne de lutte sont le malathion et le diazinon. Cependant la plupart des pesticides modernes de substitution sont beaucoup moins toxiques et sont pour cela appliqués plus fréquemment dans les traitements de couverture. Bien qu'ils soient moins toxiques que la dieldrine, leurs incidences sur l'environnement peuvent être plus graves [20]. En plus de son aspect polluant, la lutte chimique est trop coûteuse comme en témoignent les dépenses.

De Mars à Mai 2004 et Octobre à Mars 2005, dans la région de Ouargla le bilan matériel de ces deux campagnes de lutte antiacridienne se compose de 1166 pulvérisateurs motorisés à dos, 600 pulvérisateurs manuels à dos, 12 véhicules tous-terrains, 5 hélicoptères, 8 camions équipés par des appareils de pulvérisation, 52 citernes de 3000 litres tractés aménagés. Durant cette période plus de 102.876 ha ont été infestés par le criquet du désert, dont 87% des superficies ont été traitées [15]. L'acridicide miracle durant cette période de lutte chimique intense est une solution huileuse largement utilisée en lutte antiacridienne sous l'appellation d'alphytrine. Il est de la famille des pyréthrinoides de synthèse ayant pour matière active le deltaméthrine à concentration 25 g/l.

OULD EL HADJ (2003) à la recherche de l'impact du traitement d'un acridicide sur l'entomofaune associée en palmeraie dans la cuvette de Ouargla (nord-est Sahara septentrional algérien), rapportent que l'usage du Dursban 240, a décimé indistinctement l'entomofaune utile et nuisible du palmier dattier. Sur les 33 espèces identifiées, 69,7 % sont tuées; 23,1% n'ont pas été retrouvées ni mortes, ni vivantes; 9,1% ont manifesté une résistance physique vis à vis de l'acridicide. Ce sont *Parlatoria blanchardi*, *Ectomyelois ceratoniae* et *Apate monachus*, considérés comme les principaux ravageurs du palmier dattier. Le cas le plus spectaculaire est observé pour la cochenille blanche du palmier dattier. L'acridicide a décimé toutes les larves mobiles alors que celles fixées et les adultes se trouvant protégé par les boucliers sont demeurées vivants quelle que soit la dose appliquée. L'équilibre biologique de cet écosystème est rompu [21].

MAUJOUR (1988) rapporte que malgré le progrès prodigieux réalisé dans cette entreprise gigantesque les données accumulées sur les derniers cycles d'invasions particulièrement celles ayant trait à l'importance des essaims et à l'envergure de leurs déplacements ont montré clairement qu'il est pratiquement impossible d'arrêter une invasion lorsqu'elle atteint une certaine ampleur: la lutte chimique entreprise à ce stade avancé du développement de l'invasion ne fait que limiter les dégâts sans pour autant parvenir à la juguler. La solution du problème acridien ne se situe donc plus dans l'emploi des grands moyens, elle réside plutôt dans l'utilisation judicieuse des connaissances acquises dans le domaine de la bio-écologie de l'insecte [22].

Au Sahara pour les campagnes antiacridiennes on s'est servi de quantités de pesticides sans précédentes, dont la plupart étaient interdites. Notons que la plupart du temps la palmeraie est le théâtre d'une intense lutte; là où la lutte chimique est inacceptable. Au cours d'une invasion acridienne de grande envergure surtout en milieu saharien, à la recherche d'un traitement de choc et radical même les pesticides interdits dans la plupart des pays sont utilisés d'une manière anarchique (photos 2 et 3).



Photo 2- Résultat d'un traitement au Sahara (Région de Ouargla) [15]



Photo 3- Résultat d'un traitement au Sahara (Région de Ouargla) [15]

Conséquences et devenir des acridicides

La lutte chimique massive pratiquée jadis, soulève des réserves à propos de certains de ses aspects touchant à son coût, à sa nocivité vis-à-vis de l'homme, des animaux et de l'environnement. Il n'est plus permis de déverser, sur de vastes régions infestées, des quantités de produits chimiques aussi importantes que celles employées dans les campagnes antérieures [22]. Les effets résultant de pollution chronique n'apparaissent qu'à très long terme, les causes de nuisance ne sont pas faciles à mettre en évidence, et les effets sont constatés à posteriori; lorsqu'ils ne peuvent plus être évités. C'est pourquoi il est souhaitable de prévoir les effets des pesticides avant de les utiliser et d'évaluer les risques susceptibles de concerner l'homme et son environnement [23]. Selon les mêmes auteurs, la prévision de l'écotoxicité d'un pesticide est un

problème difficile à résoudre du fait de la complexité des mécanismes en cause et de la multiplicité des organismes concernés. Les acridicides sont en effet systématiquement tous présumés néfastes puisque la totalité contient des substances actives classées au code de la santé publique comme substances vénéneuses dites toxiques et nocives. Les produits toxiques diffusés volontairement ou non, ont un devenir qu'il importe de connaître puis de surveiller avec soin. La pollution des écosystèmes naturels par un produit toxique peu biodégradable se traduit, à plus ou moins long terme, par une série de phénomènes écotoxicologiques, souvent très complexes. Une utilisation irrationnelle de pesticides peut avoir un impact négatif sur l'homme et sur l'environnement. Il peut arriver selon ANONYME (1993), une dégradation du pesticide dans le sol en métabolites encore plus dangereux, sous l'effet de la chaleur. De même il arrive un lessivage du pesticide suivi de la contamination de la nappe phréatique [24]. Les zones d'épandage des acridicides se caractérisent par des sols sablonneux. Dans ces sols vu les pores d'un trop grand diamètre, les eaux de ruissellement polluées par les pesticides ne sont pas retenues dans les couches superficielles mais s'infiltrent et gagnent les couches profondes. Ainsi la composition des eaux profondes dépend de la qualité physico-chimique de ces eaux; une telle qualité que l'on retrouve, dans la nappe phréatique. Il peut arriver aussi que les acridicides présentent un effet négatif sur les organismes tels que les oiseaux, les mammifères sauvages ou domestiques. Pour JOUAN (1980) deux types de risques se présentent alors que l'on peut rattacher dans un langage courant [25]:

- Risque écologique: effet sur la faune et la flore
- Risque toxicologique: risque pour l'homme.

Le problème est complexe, car le plus souvent nous ne disposons qu'aucune connaissance concernant l'évolution d'un acridicide, son métabolisme, ses possibilités de bioaccumulation ou de biomagnification et les phénomènes de synergie résultant de la présence simultanée d'autres substances ou des conditions du milieu aride. Cependant, l'arsenal chimique utilisé en lutte antiacridienne est très diversifié. Il se compose de produits organo-chlorés (dieldrine, lidane, alderine, texaphène, HCH, etc.); de produits organo-phosphorés (fenitrothion, malathion, diazinon, parathion, chlorpyrifos-éthyle); des carbamates (propoxur, carbaryl, bendiocarbe, etc.); des pyréthrinoides de synthèse (delmethrine, cyperméthrine, paraméthrine, decaméthrine, fendalenate, etc.); des régulateurs de croissance (telfubenzuron, diffubenzuron).

Conclusion

Cet exposé n'aurait pas atteint son but s'il n'avait pas fait sentir comme nous l'espérons que la régulation des acridicides est une action en perpétuelle évolution. D'après la définition donnée à Stockholm à la conférence de l'ONU, sur l'environnement, la pollution n'existe que lorsque la santé de l'homme, son bien-être et ses ressources sont en danger ou susceptible d'être en danger. C'est le cas des acridicides au Sahara.

Références bibliographiques

- [1] KARA Z., 1997- Etude de quelques aspects écologiques et régimes alimentaire de *Schistocerca gregaria* (Forskäl, 1775) (Orthoptera, Cyrtacantacridinae) dans la région d'Adar et en conditions contrôlées. Thèse Magister, INA, El Harrach, 182 p.
- [2] PARQUIER M., 1942- Prévision et période d'invasion de la sauterelle pèlerine en Afrique du Nord. Les difficultés de la lutte au siècle dernier. Bull. soc. Agr., Algérie: 1-20.
- [3] RAINA S. K., 1991- Elaboration d'une stratégie de lutte contre le criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria*. Ed. Cab International, Royaume Uni: 54-55.
- [4] POPOV G. B., LAUNOIS-LUONG M. H. et VAN DER WELL J.-J., 1990- Les oothèques des criquets du Sahel. Ed. Prifas, "Coll. Acrid. opér.", (7): 153 p.
- [5] PARQUIER M. et DELASSUS M., 1929- Lutte contre les sauterelles en Algérie. Direction de l'agriculture, du commerce et de colonisation, Alger, 94 p.

- [6] DREUX P., 1980 - Précis d'écologie. Ed. Presses univ. France, Paris, 231 p.
- [7] VIAL Y. et VIAL M., 1974- Le Sahara milieu vivant. Ed. Hatier, Paris, 223 p.
- [8] COTE M., 1992- Espoir et menace sur le Sahara: les formes récentes de mise en valeur agricole. 8^{ème} session, du 11 au 20 Avril, Ghardaïa, 17 p.
- [9] VILARDEBO A., 1975- Enquête-diagnostic sur les problèmes phytosanitaires entomologiques dans les palmeraies de dattier du Sud-Est algérien. Bull. soc. Agr., Algérie, vol. 1 (3): 1-27.
- [10] GAUTIER F., 1929- Le Sahara. Ed. Payot, Paris, 232 p.
- [11] MONOD T., 1973- Les déserts. Ed. Horizons, Paris, 247 p.
- [12] MONOD T., 1992- Du désert. Sécheresse, (3): 7-24.
- [13] DOUMANDJI-MITICHE B., 1999- La lutte biologique en palmeraies algérienne contre quelques déprédateurs. Recueil des résumés, II^{èmes} journées scientifiques sur l'agriculture saharienne, Touggourt, les 11, 12 et 13 Octobre: 16-17.
- [14] BRADER L. H. DJIBO H., FAYE F. G, GHAOUT S., LAZAR M., LUZIETOSO P. N. et OULD BABAH M. A., 2006- Evaluation multilatérale de la campagne 2003- 2005 contre le Criquet pèlerin. Ed. FAO, Rome, 101 p.
- [15] BOUZIANE N., 2005- Problème acridien actuel dans la région de Ouargla- Bilan et perspectives. Mém. Ing., Université Kasdi Merbah, Ouargla, 117 p.
- [16] INPV, 1999- Index des produits phytosanitaires. Ed. INPV, El Harrach, 144 p.
- [17] CODERNE D., 1992- La lutte biologique: toile de fond de la situation. Ed. Gaëtan Morin éditeurs, Montréal: 3-16.
- [18] DRIDI B., 1999- Lutte contre le ver de la datte *Ectomyoloides ceratonia* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) par l'utilisation de la technique des insectes stériles (TIS), 1^{ère} application dans la wilaya de Biskra. Atelier sur la faune utile et nuisible du palmier dattier et de la datte; Ouargla les 22 et 23 Février: 11-15.
- [19] OULD EL HADJ M. D., 2002- Les nouvelles formes de mise en valeur dans le Sahara algérien et le problème acridien. Sécheresse, Vol. 13 (1): 37-42.
- [20] SAIZONOU N. J., 2000- Lubilosa et lutte biologique contre les acridiens. Agriculture, hors série, (1): 3-17.
- [21] OULD EL HADJ M. D., TANKARI DANBADJO A. et HALOUANE F., 2003 - Etude comparative de la toxicité de trois substances acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskäl, 1775) (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae). Rev. Courrier du savoir, Univ. Mohamed Khider, Biskra, (3): 47-51.
- [22] MAHJOUB N., 1988- Le problème du criquet pèlerin et les perspectives de sa solution. Sahel PV INFO, 7: 8-11.
- [23] CABRIDENCE R., COURILINKOV I. et de LAVAU E., 1980- Evaluation au stade laboratoire des risques toxiques résultant des pesticides. Cahier de nutrition et de diététique, France, 4: 69-74.
- [24] ANONYME, 1993- Lutte contre le criquet pèlerin par les techniques existantes, évaluation des stratégies. Compte rendu du séminaire de Wageningen, Pays Bas, 140 p.
- [25] JOUAN Y., 1980- Effets des pesticides sur les chaînes trophiques. Cahier de nutrition et de diététique, Paris, 4: 47-54.