

**Directeur de la revue:** BOUTARFAIA Ahmed  
(Recteur de l'Université Kasdi Merbah Ouargla)  
**Directeur de la publication:** KHELIFA Abdelkader  
**Directeur scientifique de la publication:** BISSATI Samia  
**Rédacteur en chef:** OULD EL HADJ Mohamed Didi

**ISSN 2170-1318**

**ADRESSE DE LA DIRECTION DE LA PUBLICATION**

*Algerian Journal of Arid Environment*

Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides

Faculté des sciences de la nature et de la vie

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](http://www.ouargla-univ.dz) E-mail: [ecosys.infos@yahoo.fr](mailto:ecosys.infos@yahoo.fr)

URL: <http://revues.univ-ouargla.dz/index.php/acceill/algerian-journal-of-arid-and-environment-ajae>





**Université Kasdi Merbah-Ouargla  
(Algérie)**

*Algerian Journal of Arid Environment*

**Revue des Sciences de la nature et de la vie  
Editée par l'Université Kasdi Merbah-Ouargla (Algérie)**

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

**ISSN 2170-1318**

**Directeur de la revue:** BOUTARFAIA Ahmed  
(Recteur de l'Université Kasdi Merbah Ouargla)  
**Directeur de la publication:** KHELIFA Abdelkader  
**Directeur scientifique de la publication:** BISSATI Samia  
**Rédacteur en chef:** OULD EL HADJ Mohamed Didi

Volume 5, numéro 1, Juin 2015





# ALGERIAN JOURNAL OF ARID ENVIRONMENT

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



<p><b>Directeur de la revue</b> Pr. BOUTARFAIA Ahmed</p>	<p><b>ADRESSE DE LA DIRECTION DE LA PUBLICATION</b> <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 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: <a href="http://www.ouargla-univ.dz">www.ouargla-univ.dz</a> E-mail: <a href="mailto:ecosys.infos@yahoo.fr">ecosys.infos@yahoo.fr</a></p>
<p><b>Directeur de la publication</b> Mr KHELIFA Abdelkader</p>	<p><b>Instructions aux auteurs</b></p>
<p><b>Directeur scientifique de la publication</b> Pr. BISSATI Samia</p>	<p>1.- Les articles peuvent être rédigés dans deux langues (arabe, français ou anglais). Ils doivent subir deux expertises, à la fois scientifique et linguistique, avant acceptation.</p>
<p><b>Rédacteur en chef</b> Pr. OULD EL HADJ Med Didi</p>	<p>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.</p>
<p><b>Comité de rédaction</b> - Pr. CHELOUFI Hamid - Pr. SAKER Med Lakhdar - Dr DADDI BOUHOUN Mustapha - Dr BOUAL Zakaria</p>	<p>3.- Leurs soumissions doivent parvenir à l'adresse électronique en format TNR pour le texte et JPG pour les illustrations.</p>
<p><b>Mise en page</b> Mr CHAABENA Ahmed</p>	<p>4.- L'auteur correspondant recevra après expertise et acceptation un tiré à part sous format PDF et un exemplaire de revue gratuitement.</p>
<p><b>Comité scientifique</b> - 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. 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. 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 - Pr. TRAORE S. A., Burkina Faso - Pr. O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Pr. SIBOUKER O., Algérie - Pr. TOUCHAN R., USA - Pr. BOUTATAOU D., Algérie - Pr. ADAMOUCHE A., Algérie - Dr ESNAULT M. A., France - Dr M'SADAK Y., Tunisie - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr BOURAS N., Algérie</p>	<p>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.</p>
	<p>6.- Le texte doit être en forme TNR taille 12 avec numérotation des lignes. Le titre de l'article en langue de rédaction et en anglais de forme TNR taille 14 gras, est 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.</p>
	<p>7.- Les résumés doivent être rédigés en langue de rédaction, en arabe ou anglais, de forme TNR taille 10, italique. Ils doivent comporter cinq mots clés au maximum.</p>
	<p>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.).</p>
	<p>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 :</p>
	<p>- Exemple de revue : Maduakor H., 1991 - Efficient fertilizer. Fertilizer Research, 29: 65-79.</p>
	<p>- Exemple de livre : Steel R., Torrie J., 1960 - Principles and procedures. McGraw-Hill, London, 433 p.</p>
	<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.</p>
	<p>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.</p>
	<p><b>Rédacteur en chef</b> Pr. OULD EL HADJ Med Didi</p>

# **Algerian Journal of Arid Environment**

## **“AJAE”**

vol. 5, n°1 - 2015

Sommaire

<b>Etude comparative des actinobactéries de la rhizosphère de deux cultivars de palmier dattier sensible et résistant au bayoud</b>	3
LAMARI Lynda, BOUDJELLA Hadjira, BOURAS Noureddine et SABAOU Nasserline....	
<b>Effects of sulla crop (<i>Hedysarum coronarium</i> L.) conducted in direct and conventional drillings, on the physico-chemical properties of clay soil under tunisian semi-arid climate</b>	18
BOUJILA Khedija et BEN JEDDI Faysal.....	
<b>Délimitation des peuplements du pistachier de l'Atlas (<i>Pistacia atlantica</i> desf.) dans la région orientale du Maroc par le G.P.S. combiné au S.I.G.</b>	32
FAOUZI Khalil, RHARRABTI Yahia, DARDOUR Mouhabenlafdel, BOUKROUTE Azzouz, MAHYOU Hamid, LABGHIAL Mohamed, BERRICHI Abdelbasset.....	
<b>Variations texturales et chimiques autour des touffes d'<i>Hyphaene thebaica</i> (Mart) des sols dans la région de Maradi (Niger)</b>	40
DAN LAMSO Nomaou, GUERO Yadjji, TANKARI DAN-BADJO Abdourahamane, RABAH Lamar, ANDRE Bationo Babou, PATRICE Djamen, TIDJANI Adamou Didier, ADO MAMAN Nassirou, AMBOUTA JEAN MARIE Karimou.....	
<b>Changements climatiques et ressources en eau en Algérie: vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation</b>	56
NICHANE Mohamed et KHELIL Mohamed Anouar.....	
<b>Indicateurs de dégradation des bio-ressources naturelles de l'Algérie occidentale: Cas de la steppe de la wilaya de Saida</b>	63
HASNAOUI Okkacha, BOUAZZA Mohamed.....	
<b>Performances Environnementales et énergétiques de la biométhanisation appliquée aux déjections bovines dans le contexte tunisien</b>	76
M'SADAK Youssef et BEN M'BAREK Abir.....	
<b>Valorisation des margines pour améliorer la qualité des sols dans les zones arides tunisiennes</b>	92
BOUJILA Khedija, ELLEFI Kamel et TAAMALLAH Houcine.....	
<b>Etude du potentiel de contamination des eaux de la nappe phréatique de la région de Ouargla (Sahara septentrional Est Algérien)</b>	106
SLIMANI Rabia, GUENDOZ Abdelhamid.....	
<b>Systèmes de production camelins au Sahara Algérien: cas de la région de Ouargla</b>	115
BEDDA Hafsia, ADAMOUE Abdelkader et BABELHADJ Baaissa.....	

## ETUDE COMPARATIVE DES ACTINOBACTERIES DE LA RHIZOSPHERE DE DEUX CULTIVARS DE PALMIER DATTIER SENSIBLE ET RESISTANT AU BAYOUD

LAMARI Lynda, BOUDJELLA Hadjira, BOURAS Noureddine et SABAOU Nasseridine\*

*Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (LBSM)*

*Ecole Normale Supérieure de Kouba-Alger, Algérie*

\*E-mail: [sabaou@yahoo.fr](mailto:sabaou@yahoo.fr)

**Résumé.-** L'étude porte sur la distribution quantitative et qualitative des actinobactéries de la rhizosphère de deux cultivars de palmier dattier, l'un résistant et l'autre sensible à la fusariose, ainsi que sur le pouvoir antagoniste de ces microorganismes envers l'agent pathogène *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. Les densités d'actinobactéries les plus élevées sont notées au niveau des sols rhizosphériques du cultivar sensible. En revanche, c'est à l'intérieur des racines du cultivar résistant que les espèces dominantes sont présentes, dont certaines souches testées contre *F. o. albedinis* se sont montrées très efficaces. Des différences dans la composition en genres et en espèces sont notées entre les cultivars. Les actinobactéries sont essentiellement représentées par les genres *Streptomyces* et *Nocardioïdes* avec une diminution nette du pourcentage des *Streptomyces*, surtout au niveau de l'endorhizosphère, en allant du cultivar résistant vers le cultivar sensible sain ou surtout malade. Les espèces les plus importantes numériquement sont apparentées à *Streptomyces chartreusis*, *Streptomyces gannmycicus* et *Nocardioïdes albus*.

**Mots clés:** Actinobactéries, palmier dattier, fusariose, rhizosphère, antagonisme.

### COMPARATIVE STUDY OF RHIZOSPHERIC ACTINOBACTERIA OF TWO DATE PALM SENSITIVE AND RESISTANT CULTIVARS TO BAYOUD

**Abstract.-** This report deals with the qualitative and quantitative distribution of the actinobacteria in the rhizosphere of two date-palm cultivars, one sensitive and one resistant to fusariosis, and with the antagonistic capacity of these microorganisms against the fungal pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. The highest actinobacterial densities are noticed in the rhizospheric soils of the susceptible cultivar. However, we observed that the dominant species are present in the roots of resistant cultivar, and some strains tested were very effective against *F. o. albedinis*. Differences in the composition of genera and species are found between cultivars. Actinobacteria are mainly represented by the genera *Streptomyces* and *Nocardioïdes* with a net decrease in the percentage of *Streptomyces*, especially from endorhizosphere, going from resistant cultivar to healthy susceptible cultivar or mainly sick. Numerically, the most important species are related to *Streptomyces chartreusis*, *Streptomyces gannmycicus* and *Nocardioïdes albus*.

**Key words:** Actinobacteria, date-palm, fusariosis, rhizosphere, antagonism.

### Introduction

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est susceptible d'être atteint par plusieurs maladies. La plus grave est la fusariose vasculaire, appelée bayoud, due au champignon *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Killian et Maire) Gordon, lequel est présent dans le sol et pénètre par les racines. La majorité des oasis de l'ouest algérien et celles de la région du M'zab sont touchées par cette maladie [1].

En Algérie, parmi les nombreux cultivars présents, un seul est reconnu depuis longtemps comme étant résistant: Takerbucht. Cependant des études récentes ont montré l'existence de quelques autres cultivars supposés résistants ou plus ou moins tolérants à la fusariose [2,3].

Les recherches au niveau de la rhizosphère sont nombreuses. Elles ont montré des différences entre cultivars sensibles et résistants au bayoud. Ces différences concernent l'activité biologique microbienne [4], la nature des exsudats racinaires [5,6,7] et la distribution quantitative et parfois qualitative des bactéries et des champignons [8,9,10,11]. Parmi les microorganismes du sol, les actinobactéries (bactéries à Gram positif, à pourcentage de guanine-cytosine supérieur à 55% et dont la majorité, sont mycéliennes), grâce à leurs propriétés antagonistes (production de nombreux antibiotiques dont des antifongiques), sont utilisées dans la lutte biologique des maladies de plantes.

Les études menées au niveau de la rhizosphère du palmier ont montré que les racines stimulent la croissance des actinobactéries [8,12,13]. Les espèces colonisant le système racinaire ne sont pas connues, de même que leur distribution au niveau de la rhizosphère des différents cultivars et le rôle qu'elles peuvent avoir dans la sensibilité ou la résistance des palmiers à la fusariose.

Parmi les sites d'infection possibles, il y a les racines jeunes avec leurs pointes exsudantes, voie idéale de pénétration des agents pathogènes en raison des tissus encore jeunes et vulnérables [14] et les pneumatodes signalés et décrits pour la première fois chez le palmier dattier par BELARBI-HALLI *et al.* (1983)[15]. Ainsi, BELARBI-HALLI et MANGENOT (1986) ont constaté que la structure assez lâche des pneumatodes permettait au *F. o. albedinis* de pénétrer aisément à l'intérieur de la plante, occasionnant ainsi la fusariose [16].

Le présent travail a trait à l'étude quantitative et qualitative des actinobactéries et leur distribution au niveau des sols rhizosphériques et non rhizosphériques, ou encore à l'intérieur même des racines de deux cultivars sensible et résistant au bayoud. L'étude a lieu au niveau d'une même parcelle sévèrement bayoudée et où les cultivars choisis, aussi bien sensible que résistant, se côtoient et sont nombreux. Le pouvoir antagoniste des isolats d'actinobactéries contre le champignon phytopathogène, est également recherché.

## **1.- Matériel et méthodes**

### **1.1.- Site d'étude**

Le site d'étude choisi est Bouda, oasis du sud-ouest algérien (28° 00' N, 0° 30' W) de la Wilaya d'Adrar, soumise à un climat typiquement saharien. Les travaux sont réalisés au niveau d'une parcelle en friche (160 m sur 20 m) comportant 133 palmiers (8 cultivars dont Aghamu prédominant) sensibles à la fusariose et 31 palmiers (cultivar Takerbucht) résistant. Trente pour cent des palmiers sensibles sont atteints par la maladie. La parcelle est bien entretenue, et chaque année (tous les mois d'octobre), le sol est amendé avec des ammonitrates à N-P-K et de la fumure organique. La distribution de ces fertilisants est effectuée de manière assez hétérogène par les agriculteurs.



## 1.2.- Echantillons de sol et des racines

Cinq lots (A, B, C, D et E) de la parcelle, distants entre eux d'environ 25 m sont délimités. Chaque lot est constitué de trois pieds de palmier disposés en triangle. Un pied appartient au cultivar résistant Takerbucht (TK), et les deux autres, au cultivar sensible Aghamu, dont l'un (AS) est apparemment sain (aucun symptômes), et le second (AM) présentant les symptômes typiques de la fusariose. Pour ces derniers, la maladie a été confirmée après isolement de *F. o. albedinis* à partir des rachis.

Les racines sont prélevées à une profondeur comprise entre 25 et 40 cm tout autour des palmiers. Deux types sont considérés: les racines jeunes (RJ) avec pointes racinaires exsudantes et les racines âgées (RA) portant à la base de leurs ramifications des manchons blanchâtres qui sont les pneumatodes. Au milieu de chaque triangle, un sol témoin (non rhizosphérique) est prélevé à la même profondeur que pour les racines. Les caractéristiques physico-chimiques des cinq échantillons de sol ont montré, à l'exception de la matière organique, une certaine homogénéité dans la texture (sableuse), le pH (légèrement alcalin: 8,2-8,7), la conductivité électrique à 20% (0,113 à 0,206 mS cm<sup>-1</sup>, donc sols non salés) et le calcaire total (5,7-6,8%). La distribution de la matière organique est hétérogène: le sol le plus riche est celui du lot B (6,3%), et le moins riche celui du lot D (1,1%), les autres valeurs étant de 2,1% (lot E), 3,2% (lot A) et 4,3% (lot C).

## 1.3.- Isolement et dénombrement des actinobactéries

Les actinobactéries mycéliennes sont isolées à partir des sols (témoins et rhizosphériques), des pointes racinaires et des pneumatodes. L'isolement est effectué sur boîtes de Pétri par la méthode des suspensions-dilutions [17] et étalement sur milieu «chitine-agar» de LINGAPPA et LOCKWOOD (1962) [18] composé de: chitine: 2,5 g; MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O: 0,5 g; FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O: 0,01 g; ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O: 0,01 g; eau distillée en quantité suffisante pour 1 l). Le milieu est additionné d'un antifongique, le cycloheximide, à la concentration de 50 mg/l. Pour chaque dilution, cinq répétitions sont effectuées. Les boîtes de Pétri sont incubées à 30°C.

Le dénombrement des actinobactéries est effectué après 7 jours d'incubation. Les résultats sont exprimés en UFC (unités formant colonie) par gramme de sol sec ou de racines sèches, selon les cas.

### 1.3.1.- Isolement à partir des sols témoins et des sols rhizosphériques

Cinq grammes de sol tamisé sont ajoutés dans 50 ml d'eau distillée stérile et agités avec un vortex pendant 10 minutes. A partir de cette suspension-mère, des dilutions sont effectuées. Les racines sont secouées de manière à ne laisser que les grains de terre qui y adhèrent intimement. Pour chaque palmier, cinq fragments racinaires de 3 à 4 cm de longueur sont découpés et mis dans 50 ml d'eau distillée stérile afin de recueillir la microflore associée.

Les racines jeunes comportent leurs pointes racinaires exsudantes et chaque racine âgée porte deux pneumatodes bien différenciés au départ des racines secondaires sectionnées.

### **1.3.2.- Isolement à partir des pointes racinaires et des pneumatodes**

Les pointes racinaires et les racines âgées à pneumatodes ayant servi à l'étude de la rhizosphère sont lavées plusieurs fois à l'eau distillée stérile, puis leur surface est désinfectée pendant 20 min dans une solution aqueuse d'hypochlorite de calcium à 3,5%. Les racines subissent par la suite cinq lavages successifs à l'eau distillée stérile. Des pointes racinaires (de 2 cm de longueur) et des pneumatodes, découpés de manière précise sans le reste des racines âgées, sont broyés séparément dans 50 ml d'eau distillée stérile. Le broyat est filtré, et à partir de la suspension obtenue, des dilutions sont réalisées.

### **1.4.- Détermination des actinobactéries**

#### **1.4.1.- Choix des isolats**

Sur la base d'une observation macro et micromorphologique, les isolats sont choisis en nombres représentatifs, de manière à mieux refléter la dominance de certaines espèces par rapport à d'autres. Les isolats semblables morphologiquement sont considérés comme appartenant à une même espèce.

#### **1.4.2.- Identification des genres et des espèces d'actinobactéries**

L'identification des genres est basée sur les caractéristiques morphologiques et chimiques. Les caractéristiques culturales et micromorphologiques sont déterminées selon les méthodes et les milieux préconisés par SHIRLING et GOTTLIEB (1966) [19]. L'étude chimique est effectuée grâce à la détermination de l'isomère (LL ou DL) de l'acide diaminopimélique, ainsi que la mise en évidence de la glycine, présents dans les parois cellulaires [20], l'identification des sucres dans les cellules entières [21] et la présence ou non des acides mycoliques pariétaux [22]. Le rapprochement des actinobactéries à des espèces précises est effectué après une étude morphologique et une étude physiologique basée sur 23 tests. Pour cette dernière, les tests sont ceux habituellement utilisés dans la taxonomie des actinobactéries [19,23,24]. Plusieurs clés de détermination ont été consultées [25,26,27,28,29,30].

### **1.5.- Recherche du pouvoir antagoniste des isolats d'actinobactéries**

Le pouvoir antagoniste des isolats d'actinobactéries est recherché contre *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, l'agent pathogène responsable de la fusariose.

#### **1.5.1.- Isolement de l'agent pathogène**

*F. o. albedinis* est isolé à partir du rachis d'un des cinq pieds du cultivar Aghamu malade. La partie interne du rachis est traversée par une longue bande brune caractéristique de la fusariose. Au niveau de cette bande, des fragments de 2 cm sont découpés et leur surface est désinfectée par passage à la flamme. Les fragments sont ensuite déposés sur milieu gélose nutritive additionnée de 50 mg/l de streptomycine et de 125 mg/l de tétrachloronitrobenzène.

Ce milieu est sélectif pour les espèces *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani* [31]. Après 2 à 5 jours d'incubation à 28°C, le champignon émerge des fragments. Il est identifié à l'espèce *Fusarium oxysporum* selon BOOTH (1971) [32]. Des tests de

pathogénicité sur des plantules sensibles de palmier dattier ont confirmé son appartenance à la forme spéciale *albedinis*. La souche obtenue est désignée AGA.

### 1.5.2.- Test d'antagonisme

Les isolats d'actinobactéries sont testés envers l'agent pathogène afin de mettre en évidence un éventuel pouvoir antagoniste. Chaque isolat est ensemencé en quatre points espacés sur le milieu ISP2 coulé dans des boîtes de Pétri de 10 cm de diamètre puis incubé à 30°C pendant 7 jours. Après ce temps, un inoculum du champignon est déposé au centre de chacune des boîtes. Celles-ci sont de nouveau incubées jusqu'à l'apparition ou non d'une zone d'inhibition.

## 2.- Résultats

### 2.1.- Distribution quantitative des actinobactéries

Au total, 360 isolats d'actinobactéries mycéliennes sont obtenus. Leur distribution au niveau des sols rhizosphériques et témoins, ainsi que dans l'endorhizosphère et les pneumatodes, a été déterminée.

#### 2.1.1.- Sols rhizosphériques et sols témoins

Une grande variabilité est notée dans la distribution quantitative des actinobactéries entre les sols des différents lots, tant au niveau de la rhizosphère que des sols témoins (tab. I). L'effet rhizosphérique est nettement positif puisque les densités des actinobactéries obtenues au niveau des sols racinaires des cultivars sont plus élevées que celles des témoins. D'une manière générale, la densité des actinobactéries est plus élevée au niveau des sols des racines jeunes de Aghamu malade (AM) par rapport à Aghamu sain (AS) et surtout à Takerbucht (TK) où l'on note les plus faibles valeurs. Ces microorganismes sont présents en plus grand nombre (en général) dans les sols des racines âgées de TK par rapport à ceux des racines jeunes de ce même cultivar.

**Tableau I.-** Densités des actinobactéries (CFU  $\times 10^6$  par gramme de sol sec) dans les sols non rhizosphériques et rhizosphériques des cultivars Aghamu et Takerbucht [RJ: racines jeunes; RA: racines âgées. Chaque valeur est la moyenne de quatre répétitions. Ecart-types pour n = 4 (quatre répétitions par dilution)]

Lot	Sol non rhizosphérique	Sols rhizosphériques					
		Takerbucht		Aghamu sain		Aghamu malade	
		RJ	RA	RJ	RA	RJ	RA
A	0,32±0,06	1,74±0,67	11,60±5,10	7,54±0,33	14,0±2,10	5,14±1,12	7,60±1,50
B	0,64±0,10	1,65±0,32	5,63±0,77	1,91±0,61	1,28±0,19	3,50±0,35	3,03±0,65
C	0,51±0,04	3,47±0,43	4,63±0,50	2,70±0,54	0,84±0,21	5,53±1,71	3,25±0,11
D	0,96±0,05	2,36±0,45	5,91±1,84	3,38±0,52	4,30±0,77	7,80±2,74	6,30±1,46
E	0,25±0,14	2,60±0,38	1,77±0,18	1,39±0,63	1,10±0,22	10,0±2,00	11,40±2,20

#### 2.1.2.- Endorhizosphère et pneumatodes

Les actinobactéries arrivent à coloniser l'intérieur des pointes racinaires (endorhizosphère) et des pneumatodes (tab. II).

La densité des actinobactéries est très variable en allant d'un lot à un autre. Cette variabilité fait qu'on ne peut déceler aucune différence entre AS, AM et TK.

Cependant, dans tous les cas, la densité des actinobactéries est nettement plus importante dans les pneumatodes (P) que dans l'endorhizosphère (ER), et ce, aussi bien pour AS et AM que pour TK.

**Tableau II.-** Densité des actinobactéries (CFU  $\times 10^4$  par gramme de racines sèches) au niveau de l'endorhizosphère et des pneumatodes des cultivars Aghamu et Takerbucht [ER: endorhizosphère; P: pneumatodes; chaque valeur représente la moyenne de quatre répétitions; Ecart-types pour n = 4 (quatre répétitions par dilution)]

Lot	Takerbucht		Aghamu sain		Aghamu malade	
	ER	P	ER	P	ER	P
A	4,17 $\pm$ 0,77	32,50 $\pm$ 4,90	0,67 $\pm$ 0,17	29,50 $\pm$ 4,90	62,00 $\pm$ 4,20	17,50 $\pm$ 3,40
B	0,70 $\pm$ 0,14	8,00 $\pm$ 2,00	15,00 $\pm$ 6,50	1,50 $\pm$ 0,70	0,60 $\pm$ 0,28	55,00 $\pm$ 7,40
C	14,80 $\pm$ 6,70	47,00 $\pm$ 12,30	0,50 $\pm$ 0,40	18,30 $\pm$ 5,10	0,33 $\pm$ 0,20	12,40 $\pm$ 3,80
D	0,11 $\pm$ 0,04	30,60 $\pm$ 8,00	0,10 $\pm$ 0,04	45,00 $\pm$ 5,90	3,40 $\pm$ 2,30	4,17 $\pm$ 0,80
E	0,17 $\pm$ 0,07	11,00 $\pm$ 1,70	0,51 $\pm$ 0,18	12,20 $\pm$ 0,50	0,33 $\pm$ 0,20	83,30 $\pm$ 37,80

## 2.2.- Identification des actinobactéries

### 2.2.1.- Détermination des genres

Au total, 360 isolats d'actinobactéries ont été étudiés.

- 282 isolats (78,4%) possèdent un mycélium aérien (MA) qui produit de longues chaînes de spores non mobiles (droites à flexueuses, en crochets ou en boucles ou encore spiralées) portées par des sporophores et un mycélium du substrat (MS) non fragmenté. Leurs cellules contiennent l'isomère LL de l'acide diaminopimélique (DAP), de la glycine et des sucres comme le ribose, le glucose et le galactose. Les acides mycoliques sont absents. Ces caractéristiques permettent de rattacher ces isolats au genre *Streptomyces*.
- 58 isolats (16,7%) produisent un MA et un MS dont les filaments, très courts, se fragmentent en éléments non mobiles. Leurs cellules contiennent l'isomère LL de DAP, de la glycine, du ribose, du glucose et du galactose. Les acides mycoliques sont absents. Ces caractéristiques permettent de les rattacher au genre *Nocardioïdes*.
- 08 isolats (2,3%) ne produisent pas de MA. Le MS produit des spores isolées et non mobiles, sessiles ou portées par de courts sporophores. Leurs cellules contiennent l'isomère DL (*meso*) de DAP, de la glycine, du xylose et de l'arabinose. Les acides mycoliques sont absents. Ces isolats appartiennent au genre *Micromonospora*.
- 06 isolats (1,7%) produisent un MA qui se fragmente de manière anarchique en spores non mobiles. Le MS se fragmente à des degrés divers. Leurs cellules contiennent l'isomère DL de DAP (mais pas de glycine), ainsi que du rhamnose, du mannose et du galactose. Les acides mycoliques sont présents. Ces isolats appartiennent au genre *Saccharothrix*.
- 06 isolats (1,7%) produisent un MA et un MS dont les filaments se fragmentent en éléments non mobiles. Leurs cellules contiennent l'isomère DL (*meso*) de DAP (mais pas de glycine), de l'arabinose et du galactose. Les acides mycoliques sont présents. Ces isolats appartiennent au genre *Nocardia*.

### 2.2.2.- Détermination des espèces

Sur la base des critères macromorphologiques (couleur du MA, du MS et des pigments diffusibles) et micromorphologiques (production ou non de spores, arrangement et nombre de spores, chaînes de spores droites à flexueuses, ou bien en crochets et en boucles, ou encore en spirales), et sur la base des critères physiologiques (plusieurs tests), les actinobactéries ont été rapprochées de 42 espèces dont 35 espèces de *Streptomyces*, une de *Nocardioïdes* (*Nd. albus*), une de *Saccharothrix* (*Sx. mutabilis*), une de *Nocardia* (*N. asteroides*) et une de *Micromonospora* (*M. carbonacea*). Les espèces les plus importantes numériquement sont *Streptomyces chartreusis* (73 isolats) qui représente 25,9% des *Streptomyces* et 20,3% du total, *S. gannmycicus* (65 isolats; 23,1% des *Streptomyces*) et *Nocardioïdes albus* (58 isolats; 16% du total des actinobactéries).

### 2.3.- Distribution des actinobactéries dans la rhizosphère

#### 2.3.1.- Distribution des genres

Les résultats sont présentés dans le tableau III. Les actinobactéries sont essentiellement représentées, au niveau de la rhizosphère, par les genres *Streptomyces* et *Nocardioïdes*. Les différences entre les cultivars sont notées surtout au niveau de l'endorhizosphère où nous remarquons une diminution nette du pourcentage de *Streptomyces* en allant de TK vers AS et AM et ce, au profit du genre *Nocardioïdes* avec un pourcentage particulièrement élevé dans AM. Le pourcentage de *Streptomyces* diminue aussi nettement dans AM (par rapport à AS et TK) au niveau des pneumatodes.

**Tableau III.-** Pourcentages des genres d'actinobactéries issues des sols non rhizosphériques et rhizosphériques, ainsi que de l'endorhizosphère et des pneumatodes des cultivars Takerbucht et Aghamu (RJ: racines jeunes; RA: racines âgées; ER: endorhizosphère; P: pneumatodes)

Genres	Sol témoin	Takerbucht				Rhizosphère Aghamu sain				Aghamu malade			
		RJ	ER	RA	P	RJ	ER	RA	P	RJ	ER	RA	P
<i>Streptomyces</i>	83	93	87	91	88	90	68	83	87,5	72	30	93	46
<i>Nocardioïdes</i>	0	0	8,5	0	12	10	32	10	12,5	14	70	0	54
Autres actinobactéries	17	7	4,5	7	0	0	0	7	0	14	0	7	0

#### 2.3.2.- Distribution des espèces

La distribution des espèces est donnée dans les tableaux IV et V. Nous remarquons que la grande majorité de ces espèces, retrouvées aussi bien dans les sols témoins qu'au niveau des sols racinaires de RJ et RA, appartient au genre *Streptomyces*.

L'espèce *S. gannmycicus* qui représente 20% des isolats déterminés, prédomine dans les sols de RA (46%) du cultivar Takerbucht et ne constitue que 14% dans les sols de RJ lesquels sont par contre caractérisés par une plus forte présence de *S. cyanocolor* et *S. naraensis* (42%) avec au total 51 isolats. Les espèces comme *S. chartreusis* (5 isolats) et *Nocardioïdes albus* (9 isolats) sont moins fréquentes.

Au niveau des sols de RJ du cultivar Aghamu sain, c'est l'espèce *S. cyanocolor* que l'on retrouve surtout (40%). Par contre dans les sols de RA, les espèces *S. gannmycicus* et *S. coeruleus* (29% pour les deux) sont les plus fréquentes. Le cultivar Aghamu malade se distingue par la dominance de *S. gannmycicus* dans RJ (42%) et *S. coeruleorubidus*, *S. naraensis* et à un degré moindre *S. gannmycicus*, dans RA (53% pour les trois).

Relativement peu d'espèces arrivent à coloniser l'intérieur des racines. L'espèce *S. chartreusis* est majoritaire dans l'endorhizosphère de TK (65%); le pourcentage de cette espèce baisse légèrement dans AS (50%) et fortement dans AM (8%). Pour TK et AS, *S. chartreusis* se retrouve dans 4 lots sur 5. Des résultats inverses sont obtenus pour l'espèce *Nd. albus*, laquelle représente 9% dans TK, 29% dans AS et 72% dans AM. A l'intérieur des pneumatodes, *S. chartreusis* prédomine nettement dans AS (79%) où elle se retrouve dans 4 lots sur 5 et moindre dans AM et TK (35%). Par contre *Nd. albus* reste majoritaire dans AM (54%) contre 12% pour TK et AS où elle est présente au niveau de 4 lots.

L'espèce *S. gannmycicus*, majoritaire dans les sols rhizosphériques, constitue 9 à 12% des isolats de ER (AS, AM et TK). Par contre, dans P, elle représente jusqu'à 24% dans TK et est absente dans AS et AM.

Les espèces *S. coeruleorubidus*, *S. cyaneogriseus*, *S. cyanocolor* et *S. naraensis*, assez fréquentes dans les sols racinaires, sont rares ou absentes dans ER et P.

**Tableau IV.-** Pourcentage des différentes espèces d'actinobactéries (dominantes ou non) au niveau des sols rhizosphériques ou non des cultivars Takerbucht et Aghamu (RJ: racines jeunes; RA: racines âgées. Le nombre d'isolats est donné entre parenthèses)

Espèces d'actinobactéries	Sols témoins (40)	Takerbucht		Aghamu sain		Aghamu malade	
		RJ (14)	RA (35)	RJ (10)	RA (30)	RJ (36)	RA (42)
<b>Genre <i>Streptomyces</i></b>							
<i>S. gannmycicus</i>	20	14,3	46	0	16,7	42	12
<i>S. cyanocolor</i>	7,5	21,4	2,7	40	3,3	5,5	9,5
<i>S. griseorubens</i>	7,5	0	0	0	0	0	0
<i>S. coeruleorubidus</i>	5	7	11,4	10	13,3	11,1	24
<i>S. chartreusis</i>	2,5	0	3	0	3,3	2,8	2,4
<i>S. naraensis</i>	2,5	21,4	0	0	0	2,8	16,7
<i>S. cyaneogriseus</i>	5	7	11,4	20	3,3	2,8	2,4
<i>S. toxitricini</i>	7,5	0	0	0	0	0	0
<b>Autres genres</b>							
<i>Nocardioides albus</i>	0	0	0	10	10	14	0
<i>Saccharothrix mutabilis</i>	12,5	0	0	0	0	2,8	0
<i>Nocardia asteroides</i>	0	7	2,7	0	0	2,8	0
<i>Micromonospora carbonacea</i>	5	0	5,8	0	0	5,5	4,8

**Tableau V.-** Pourcentage des différentes espèces d'actinobactéries (dominantes ou non) au niveau de l'endorhizosphère et des pneumatodes des cultivars Takerbucht et Aghamu (ER: endorhizosphère; P: pneumatodes. Le nombre d'isolats est donné entre parenthèses.)

Espèces d'actinobactéries	Takerbucht		Aghamu sain		Aghamu malade	
	ER (23)	P (42)	ER (22)	P (24)	ER (26)	P (26)
<b>Genre <i>Streptomyces</i></b>						
<i>S. chartreusis</i>	65,2	35,7	50	79	11,5	35
<i>S. gannmycicus</i>	9	2,4	9	0	11,5	0
<i>S. cyaneogriseus</i>	4,4	0	9	0	7,7	0
<i>S. naraensis</i>	4,4	0	0	0	0	0
<i>S. bottropensis</i>	0	7,2	0	0	0	0
<i>S. parvullus</i>	0	7,2	0	4,2	0	0
<i>S. diastatochromogenes</i>	0	4,8	0	0	0	0
<i>S. coeruleorubidus</i>	4,4	0	0	0	0	11,5
<i>S. neyagawaensis</i>	0	4,8	0	0	0	0
<i>S. tendae</i>	0	4,8	0	0	0	0
<i>S. exfoliatus</i>	0	0	0	4,2	0	0
<b>Autres genres</b>						
<i>Nocardioides albus</i>	9	12	32	12,5	69,2	54
<i>Nocardia asteroides</i>	4,4	0	0	0	0	0

#### 2.4.- Pouvoir antagoniste des actinobactéries contre *F.o. albedinis*

Les résultats sont présentés dans le tableau VI. Au niveau des sols témoins et rhizosphériques, nous remarquons que le pourcentage total des actinobactéries inhibant *F. o. albedinis* est très élevé. Il atteint 53,7% dans le cas de RA chez AS. Il n'y a pas de différence significative entre les cultivars. Cependant, la majorité des actinobactéries antagonistes, provenant des sols témoins et rhizosphériques, a une forte action contre l'agent pathogène. Des écarts nets sont notés entre les cultivars, mais de manière différente selon le type de racines. En effet, au niveau des pneumatodes (P), le pourcentage des actinobactéries actives, relativement bas chez AM (31%), augmente sensiblement chez AS (37,5%) et nettement chez TK (50%). Dans le cas de ER, c'est le phénomène inverse que l'on observe: 37,5% chez TK et AS et seulement 20% chez AM. Cependant, toutes ces différences ne sont dues qu'à la présence d'actinobactéries faiblement à moyennement actives et qui sont dominantes. Les actinobactéries (de l'intérieur des racines) ayant une forte action contre *F. o. albedinis* sont rencontrées au niveau des pneumatodes de TK où elles représentent 50%. Il est à noter que les isolats présentant un antagonisme élevé appartiennent presque tous à l'espèce *Streptomyces chartreusis*, les autres (action faible à moyenne) appartiennent aux espèces *S. gannmycicus* et *S. coeruleorubidus*. En revanche, les espèces appartenant aux autres genres n'ont montré aucune activité antifongique.

### 3. - Discussion

Dans la parcelle d'étude, les densités des actinobactéries dans les sols non rhizosphériques sont relativement faibles. Ces densités sont cinq à dix fois plus faibles par rapport à celles obtenues par certains auteurs [13,8,33,34]. Ceci peut être en relation avec la nature de la matière organique et l'amendement hétérogène des sols, qui ont provoqué

une variabilité quantitative entre les lots étudiés, mais aussi la prolifération de bactéries non mycéliennes au détriment des actinobactéries mycéliennes.

**Tableau VI.-** Pourcentages d'actinobactéries antagonistes du *F. o. albedinis* [(RJ et RA: sols racinaires, racines jeunes et âgées respectivement; ER: endorhizosphère); P: pneumatode. Le nombre d'isolats est donné entre parenthèses. (\*: Zone d'inhibition comprise entre 1 et 8 mm et disparaissant après 15 jours d'incubation, \*\*: Zone d'inhibition comprise entre 9 et 15 mm et persistant après 15 jours d'incubation)]

Activité des actinobactéries	Sol non rhizosphérique	Rhizosphère											
		Takerbucht				Aghamu sain				Aghamu malade			
	(54)	RJ (33)	ER (24)	RA (50)	P (46)	RJ (11)	ER (24)	RA (41)	P (32)	RJ (47)	ER (25)	RA (54)	P (29)
Faible à moyenne*	37	18,2	37,5	44	24	9,1	37,5	48,8	21,9	46,8	8	37	27,6
Forte**	3,7	6	0	4	26	9,1	0	4,9	15,6	2,1	12	7,4	3,4
Total	40,7	24,2	37,5	48	50	18,2	37,5	53,7	37,5	48,9	20	44,4	31

Les cultivars Aghamu et Takerbucht exercent un effet rhizosphérique positif sur les actinobactéries. Cet effet a déjà été signalé chez le palmier dattier dans les oasis algériennes [8,12,13] et aussi dans les palmeraies marocaines [10].

Au niveau des racines jeunes (sol rhizosphérique) le cultivar malade (AM) stimule plus les actinobactéries que le résistant (TK). Les densités obtenues au niveau du cultivar sensible sain (AS) sont peu différentes de celles de TK. Cette faible activité de Takerbucht semble être due à son génome qui, par l'intermédiaire des exsudats racinaires, contrôlerait la composition de la microflore tellurique, comme ceci a été signalé pour d'autres plantes [35,36,37,38]. Pour le palmier dattier, nos résultats peuvent être expliqués par ceux obtenus par BENNACEUR (1981) qui a constaté que les exsudats d'un cultivar sensible sont riches en glucides, protides, lipides et sels minéraux facilement assimilable, alors que le cultivar résistant se distingue par la sécrétion de substances telles des acides organiques et des composés phénoliques qui pourraient inhiber les microorganismes [5].

Au niveau des sols adhérant aux racines âgées, il n'y a pas de différence entre les deux cultivars, probablement en raison d'absence d'exsudats.

L'étude de la population actinobactérienne à l'intérieur des racines a montré que les pneumatodes sont beaucoup plus facilement colonisés que les pointes racinaires. L'anatomie de ces pneumatodes, étudiée par BELARBI-HALLI *et al.* (1983) et BELARBI-HALLI et MANGENOT (1986), a révélé une structure très lâche par rapport à celle des jeunes racines [16,15]. Cette structure permet une entrée relativement aisée de la microflore rhizosphérique et de l'agent pathogène. Cependant, dans les deux cas (endorhizosphère ou pneumatodes) aucune différence n'apparaît entre les cultivars Takerbucht et Aghamu, en raison surtout de la grande variabilité de la densité des germes observée entre les lots, et ce, pour un même cultivar.

La détermination des 360 souches d'actinobactéries a permis de les rattacher à 5 genres et de les rapprocher de 41 espèces. Les genres trouvés sont parmi les plus répandus dans les sols de par le monde [39], à l'exception de *Nocardioides*, plus rarement isolé [40]. SABAOU (1988) a répertorié 6 genres dans les sols non rhizosphériques de la palmeraie d'Adrar, à partir de 74 isolats étudiés [33]. Dans notre cas, le nombre relativement peu élevé de genres, compte tenu du nombre important d'isolats, peut s'expliquer par le choix



des colonies dirigé surtout vers celles qui sont les plus représentatives. La dominance très nette des *Streptomyces* (78,4% du total) et la quantité appréciable des *Nocardioïdes* (16%) peuvent être dues au fait qu'une grande partie des isolats provient des sols rhizosphériques, zone de compétition intense. En effet, dans les milieux de culture, la croissance des *Streptomyces* et des *Nocardioïdes* est beaucoup plus rapide que celle des autres actinobactéries, ce qui suppose donc un pouvoir compétitif plus élevé.

Les *Streptomyces* sont connus pour être les actinobactéries majoritaires dans les sols des régions tempérées et tropicales [37,41] ou des régions chaudes et désertiques [42,43] à l'exception des sols boueux plus riches en *Micromonospora* [44]. Dans les palmeraies algériennes, SABAOU (1988) a fait la même constatation au niveau des sols témoins et dans le système racinaire du palmier dattier [33].

Les espèces les plus représentatives sont *Streptomyces gannmicicus* et à un degré moindre *S. coeruleorubidus* qui prédominent au niveau des sols rhizosphériques du palmier et *S. chartreusis* et *Nocardioïdes albus*, à l'intérieur des pointes racinaires et des pneumatodes. Les trois espèces de *Streptomyces* n'ont jamais été signalées de par le monde comme étant majoritaires. *S. chartreusis* et *S. coeruleorubidus* sont isolées en faible quantité et *S. gannmicicus* est totalement absente dans les sols de plusieurs palmeraies [33]. *Nocardioïdes albus* est rarement retrouvée dans le monde sauf dans des conditions écologiques assez spéciales telles que dans des sédiments gypseux ou du kaolin préparé pour l'industrie céramique [38,40] ou dans des poches de sable situées à un mètre de profondeur, dans la palmeraie de Béni-Abbès [33].

L'espèce *S. gannmicicus* prédomine dans les sols adhérant aux racines âgées du cultivar résistant et pénètre en grande quantité dans les pneumatodes. La plupart des souches ont, en outre, montré une action antifongique contre *F. o. albedinis*. Cette espèce est plus rare chez le cultivar sensible. Si, comme l'a considéré BELARBI (1986), les pneumatodes constituent une porte ouverte au bayoud, *S. gannmicicus* pourrait jouer un certain rôle dans l'élimination de l'agent pathogène à ce niveau précis de la racine [45].

La déficience des racines jeunes de Takerbucht en souches de *S. gannmicicus* est comblée par la présence d'un nombre important d'isolats de *S. chartreusis* dans l'endorhizosphère dont la majorité est active contre *F. o. albedinis*. Par contre, le cultivar sensible sain et surtout le malade, sont plus riches en *Nd. albus* dont toutes les souches se sont montrées inaptes à inhiber le champignon. Donc, si les pointes racinaires représentent une voie de pénétration du *F. o. albedinis*, *S. chartreusis* pourrait, à ce niveau, jouer un rôle non négligeable en limitant la progression de cet agent pathogène.

Les résultats que nous avons obtenus ont donc apporté certaines informations sur la composition en genres et en espèces des actinobactéries au niveau du système racinaire du palmier. Certaines différences ont été décelées entre cultivars résistant et sensible (sain ou malade), particulièrement dans la distribution de certaines espèces dominantes. Il importe de connaître le rôle que peuvent avoir ces espèces sur l'expression de la fusariose vasculaire. De plus, en considérant les pourcentages d'actinobactéries fortement antagonistes du *F. o. albedinis*, une approche de lutte biologique (ou encore de lutte intégrée) est envisageable afin de limiter la maladie.

## Dédicace

Le défunt MOUSTIRI Ahmed a été le principal artisan de ce travail, en collaboration avec les co-auteurs ci-dessus. Cette publication est dédiée à sa mémoire, lui qui a été une personne exceptionnelle de bonté et qui a été ravi très tôt à son entourage, qu'il repose en paix.

## Références bibliographiques

- [1].- Brac de la Perrière R.A., Benkhalifa A., 1991.- Progression de la fusariose du palmier dattier en Algérie. *Sécheresse*, 2: 119-128.
- [2].- Sedra H., 2006.- Le Bayoud en Afrique du Nord: Extension, particularités de la variabilité génétique des souches de l'agent causal et nouveaux clones marocains du palmier prometteurs pour combattre la maladie. Conférence régionale «Mutagenèse induite et biotechnologies d'appui pour la protection du palmier dattier contre le bayoud».
- [3].- Sedra H., 2011.- Development of new Moroccan selected date palm varieties resistant to bayoud and of good fruit quality. In: Jain S.M., Al-Khayri J.M., Johnson D.V., eds. *Date Palm Biotechnology*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, London, New York: 13-531.
- [4].- Ali Haïmoud A., Chami M., Djellali N., Bounaga D., 1979.- Le palmier dattier et la fusariose. VI. Activité microbiologique de la rhizosphère de quelques variétés de palmier dattier (*Phoenix dactylifera*). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 68: 3-36.
- [5].- Bennaceur M., 1981.- Sur la fusariose du palmier dattier : effets des exsudats racinaires sur le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Killian et Maire) Gordon. Thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Montpellier, 78 p.
- [6].- Baaziz M., Mokhlisse N., Bendiab K., Koulla L., Aouad A., Hdadou H., Majourhat K., 1996.- Peroxidases as markers in date palm culture. In: Obinger C., Burner U., Ebermann R., Penel C., Greppin H., eds. *Plant peroxidases, biochemistry and physiology*. University of Agriculture, Vienna, and University of Geneva: 298-302.
- [7].- Azouaoui-Ait kettout T., Rahmania F., 2013.- Contribution à l'étude de l'activité toxique de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, agent causal du bayoud. *Algerian Journal of Arid Environment*, 3: 68-81.
- [8].- Amir H., Bennaceur M., Laoufi Z., Amir A., Bounaga N., 1985.- Le palmier dattier et la fusariose. XIII. Contribution à l'étude de l'écologie microbienne du sol de 2 palmeraies sahariennes atteintes de bayoud. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, 22: 313-330.
- [9].- Rouhi R., 1989.- Contribution à l'étude de la mycoflore rhizosphérique du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) sur un sol infesté de bayoud. Thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Marrakech, 176 p.

- [10].- Zaarati H., 1989.- Analyse de la mycoflore associée à la rhizosphère du palmier dattier indemne de bayoud et recherche de quelques antagonistes vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. Thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle, Faculté des sciences de Marrakech, 163 p.
- [11].- Lamari L., Sabaou N., 1993.- Etude comparative de la flore bactérienne de la rhizosphère de deux cultivars de palmier dattier sensible et résistant à la fusariose. *Canadian Journal of Microbiology*, 39: 874-881.
- [12].- Belarbi R., 1980.- Recherches sur la rhizosphère du palmier dattier *Phoenix dactylifera*. Thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Nancy I, 158 p.
- [13].- Sabaou N., Amir H., Bounaga D., 1980.- Le palmier dattier et la fusariose. X.- Dénombrement des actinomycètes de la rhizosphère; leur antagonisme vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. *Annals of Phytopathology*, 12: 253-257.
- [14].- Garber R. H., Houston B. R., 1966.- Penetration and development of *Verticillium albo atrum* in the cotton plant. *Phytopathology*, 56: 1121-1126.
- [15].- Belarbi-Halli R., Dexheimer J., Mangenot F., 1983.- Le pneumatode chez *Phoenix dactylifera*. I. Structure et ultrastructure. *Canadian Journal of Botany*, 61: 1367-1376.
- [16].- Belarbi-Halli R. et Mangenot F., 1986. - Bayoud disease of date palm: ultrastructure of root infection through pneumatodes. *Canadian Journal of Botany*, 64: 1703-1711.
- [17].- Rappilly F., 1968.- Techniques de mycologie en pathologie végétale. *Annales des Epiphyties*, 19, numéro hors série, 102 p.
- [18].- Lingappa Y., Lockwood J.L., 1962.- Chitin media for selective isolation and cultures of actinomycetes. *Phytopathology*, 52: 317-323.
- [19].- Shirling E.B., Gottlieb D., 1966.- Methods for characterization of *Streptomyces* species. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 16: 313-340.
- [20].- Becker B., Lechevalier M.P., Gordon R.E., Lechevalier H.A., 1964.- Rapid differentiation between *Nocardia* and *Streptomyces* by paper chromatography of whole-cell hydrolysates. *Applied Microbiology*, 12: 421-423.
- [21].- Lechevalier M.P., Lechevalier H.A., 1970.- Composition of whole-cell hydrolysates as a criterion in the classification of aerobic actinomycetes. In: *The Actinomycetales*. H. Prauser Edition Gustav Fisher Verlag, Jena: 311-316.
- [22].- Minnikin D.E., Alshamaony L., Goodfellow M., 1975.- Differentiation of *Mycobacterium*, *Nocardia* and related taxa by thin-layer chromatographic analysis of whole-organism methanolysates. *Journal of General Microbiology*, 88: 200-204.
- [23].- Luedemann G.M., 1971.- Species concepts and criteria in the genus *Micromonospora*. *Transactions of the New York Academy of Sciences*, 33: 207-218.
- [24].- Gordon R.E., Barnett D.A., Handerhan J .E., Hor-Nay Pang C., 1974.- *Nocardia*

- coeliaca*, *Nocardia autotrophica* and the nocardin strains. International Journal of Systematic Bacteriology, 24: 54-63.
- [25].- Shirling E.B., Gottlieb D., 1968a.- Cooperative description of type cultures of *Streptomyces*. II. Species description from first study. International Journal of Systematic Bacteriology, 18: 69-189.
- [26].- Shirling E.B., Gottlieb D., 1968b.- Cooperative description of type cultures of *Streptomyces*. III. Additional species descriptions from first and second studies. International Journal of Systematic Bacteriology, 18: 279-392.
- [27].- Shirling E.B. et Gottlieb D., 1969.- Cooperative description of type cultures of *Streptomyces*. IV. Species description from the second, third and fourth studies. International Journal of Systematic Bacteriology, 19: 391-512.
- [28].- Shirling E.B., Gottlieb D., 1972.- Cooperative description of type cultures of *Streptomyces*. V. Additional descriptions. International Journal of Systematic Bacteriology, 22: 265-394.
- [29].- Nonomura H., 1974.- Key for classification and identification of 458 species of the Streptomycetes included in I.S.P. Journal of Fermentation Technology, 52: 78-92.
- [30].- Whitman W.B., Goodfellow M., Kämpfer P., Busse H.J., Trujillo M.E., Ludwig W., Suzuki K.I., Parte A., . 2012.- The Actinobacteria. Bergey's manual of systematic bacteriology. vol. 5, 2<sup>nd</sup> Edition, Springer Publishing Company, New York: 435-437.
- [31].- Bouhot D., Rouxel F. 1971.- Technique sélective et quantitative d'analyse des *Fusarium oxysporum* et *Fusarium solani* dans le sol. I. Mode d'emploi. Annals of Phytopathology, 3: 251-254.
- [32].- Booth C., 1971.- The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, kew surrey, 273 p.
- [33].- Sabaou N., 1988.- Contribution à l'étude des actinomycètes des sols des palmeraies algériennes: systématique et écologie. Thèse Doctorat d'Etat ès-sciences, USTHB, Alger, 202 p.
- [34].- Amir A., 1991.- Rôle des facteurs biotiques et abiotiques dans le déterminisme de la réceptivité de quelques sols de palmeraies algériennes aux fusarioses vasculaires. Thèse de Doctorat d'Etat ès-sciences, USTHB, Alger.
- [35].- Trolldenier, G., 1975.- Influence of some environmental factors on nitrogen fixation in the rhizosphere of rice. Processing, 2: 1-14.
- [36].- Basil A.J., Strap J.L., Knotek-Smith H.M., Crawford D.L., 2004.- Studies on the microbial populations of the rhizosphere of big sagebrush (*Artemisia tridentata*). Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 31: 278-288.
- [37].- Krafczyk L., Trolldenier G., Beringer H, 1984.- Soluble root exudates of maize: influence of potassium supply and rhizosphere microorganisms. Soil Biology and

Biochemistry, 16: 315-322.

- [38].- Prade K., Trolldenier G, 1990.- Denitrification in the rhizosphere of plants with inherently different aerenchyma formation: wheat (*Triticum aestivum*) and rice (*Oryza sativa*). *Biology and Fertility of Soils*, 9: 215-219.
- [39].- Araragi M., 1979.- Comparaison of actinomycete flora between tropical and temperate upland farm soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 25: 245-254.
- [40].- Prauser H., 1976.- *Nocardioides*, a new genus of the order *Actinomycetales*. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 26: 58-65.
- [41].- Lechevalier H. A., Lechevalier M. P., 1967. - Biology of actinomycetes. *Annual Review of Microbiology*, 21, 71 p.
- [42].- Dong D., Guichen C., Bochan W., 2013.- Culturable actinomycetes from desert ecosystem in northeast of Qinghai-Tibet Plateau. *Annals of Microbiology*, 63: 259-266.
- [43].- Elwan S. H., Diab A., Al Gounaim M. Y., 1985.- Ecology of streptomycetes flora in the desert soil of Kuwait. *Systematic and Applied Microbiology*, 6: 99-104.
- [44].- Cross T., 1981.- Aquatic actinomycetes: a critical survey of the occurrence, growth and role of actinomycetes in aquatic habitats. *Journal of Applied Bacteriology*, 50: 397-423.
- [45].- Belarbi R., 1986.- Ultrastructure du pneumatode, son rôle dans la fusariose du palmier dattier: relation hôte-parasite. Thèse Doctorat d'Etat, Université de Nancy, 216 p.

## **EFFECTS OF SULLA CROP (*Hedysarum coronarium* L.) CONDUCTED IN DIRECT AND CONVENTIONAL DRILLINGS, ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF CLAY SOIL UNDER TUNISIAN SEMI-ARID CLIMATE**

BOUJILA Khedija\*, BEN JEDDI Faysal  
The National Agronomic Institute of Tunis, Carthage University Tunisia  
\*E-mail: [bouajilakhedija@yahoo.com](mailto:bouajilakhedija@yahoo.com)

**Abstract.**-The sulla crop (*Hedysarum Coronarium* L.) variety Bikra 21 was conducted in direct and conventional drillings, for treating the effects of this crop on some physicochemical properties of sloping land (6%). The experimental area is situated at Bou Salem (higher semi-arid) in the governorate of Jendouba (north-west of Tunisia). The organic sulla restitution has contributed to improve the contents of organic matter principally in layer. Indeed, the rates exceeded 3% in direct sowing as well as in the conventional one. However, the field in direct drilling was characterized by higher nitrogen contents (from 0.35 to 0.40 %). The presence of sulla improved soil structural stability (from 1.22 to 1.97 %) in direct drilling. Therefore, the cation exchange capacity was improved in layer, and was found better under the conditions of the direct drilling (from 60.2 to 65 meq/100g of soil) than in the conventional one (from 59 to 63.3 meq/100 g of soil). It should be noted that the presence of residues, especially on the surface supported the permeability of the ground, was mainly in direct drilling where the permeability was higher (17.83 cm/h in the surface of direct drilling versus 13.92 cm/h in the conventional one).

**Key words:** Sulla, organic matter, direct drilling, conventional drilling, clay soil

## **EFFETS DU SULLA DU NORD (*Hedysarum coronarium* L.) CONDUITE EN SEMIS DIRECT ET CONVENTIONNEL SUR LES PROPRIETES PHYSICO- CHIMIQUES D UN SOL ARGILEUX SOUS CLIMAT SEMI-ARIDE TUNISIENNE**

**Résumé.**- Le sulla du nord (*Hedysarum coronarium* L.) variété Bikra 21 a été conduite en semis direct et conventionnel dans le but d'étudier les effets de cette culture de fabacées sur certaines propriétés physico-chimiques des terres en pente de 6% dans la région de Bou Salem appartenant au gouvernorat de Jendouba (nord-ouest de la Tunisie). Après une année de culture, les restitutions organiques ont contribué à améliorer les teneurs en matière organique principalement dans un horizon de 0-20 cm. En effet, les taux ont dépassé 3% aussi bien en semis direct que dans le conventionnel. Cependant, les parcelles conduites en semis direct se distinguent par des teneurs en azote supérieures, principalement dans la couche arable où les taux varient de 0.4 à 0.35%. La présence du sulla a amélioré la stabilité structurale du sol qui passe de 1.22 à 1.97% en semis direct et après une année de culture. En conséquence, la capacité d'échange cationique a été améliorée principalement en surface (0-20cm) et aussi bien dans les conditions du semis direct (de 60.2 à 65 méq/100g de sol) que dans le conventionnel (de 59 à 63.3 méq/100 g de sol). Il est à noter que la présence de résidus surtout en surface a favorisé la perméabilité du sol et ce principalement en semis direct où la perméabilité a été meilleure (17.83 cm/h en semis direct contre 13.92 cm/h en semis conventionnel).

**Mots-clés :** Sol, matière organique, semis direct, semis conventionnel, sol argileux,

## Introduction

Soil sensitivity to desertification and loss of productivity is due to a combination of natural and anthropogenic factors. The morphology of the field, soil type and rainfall aggressiveness are the principal pedoclimatic factors. Overexploitation of natural resources (land intensification, annual crop ...) and inappropriate farming techniques to local conditions (tillage in the direction of the slope, multiple interventions, inadequate rotations,...) have been implicated as factors aggravating the degradation of the situation [1]. All these factors expose the land to water erosion with significant loss of fertile land and an increased sensitivity to degradation [2] and therefore a negative impact on agricultural production and environmental quality [1].

In Tunisia, to maximize yields, farmers' practices were based on an energy tillage, non-judicious use of chemical fertilizers and phytosanitary treatments, taking the crop residues out of the plot ... In addition, the rotation of vegetable/wheat in four or three-year rotation in the north of Tunisia has declined sharply to represent only less than 6% in the Beja region [3].

And mineralization of organic matter is often compounded by a multiplication of the tillage operations, causing also a dilution of organic matter and an acceleration of the fermentation process. In fact, each year the equivalent of 5000 to 10,000 ha of land are lost [4]. Manure becomes a scarce and expensive commodity. The recycling of the fresh organic matter is virtually absent. The low content of organic matter reduces the retention capacity of water in the soil, favoring the adverse effects (temporary intra or inter seasonal) of drought and thus enables the erosion of fragile lands with a decrease fertility and hyper sensitivity to climatic irregularities [5].

In this context, RIO and LEPOIVRE (2003) [6], showed that the deep plowing increases and accelerates the process of mineralization in soil. In this case, the low content of organic matter present on the surface of the soil, increases sensitivity to rain splash and physical degradation.

To reduce the adverse effects of these farming systems currently practiced, it is necessary to carry out various farming techniques: The introduction of forage crops, especially Fabaceae, in culture systems that allow production of organic matter and nitrogen remaining in the soil at the end of the crop cycle. This wealth is regarded as an important criterion to define quality, fertility and the health of soil [5] and the choice of tillage methods which of better conserve the physico-chemical properties of the soil.

Sulla is an efficient plant genetic resource for forage production and valorization of degraded rangelands [5,7]. In addition, it protects the soil against the erosion [8] and contributes to their richness in organic nitrogen [5]. This specie is considered a protective and conservative culture of sloping mountain soils between 4 and 12% [8] Its root system can reach 2 m in depth, providing an appreciable amount of residue (between 5 and 15 t ha<sup>-1</sup>) which can improve organic fertility in the soil [5,9]. Topping the rotation, a sulla in the 2nd year of culture provides nitrogen and organic matter respectively 226 kg ha<sup>-1</sup> and 9.2 t ha<sup>-1</sup> [5]. Moreover, in a sulla system, forage production is improved both in energy (22.6 to 34.5%) and protein (27-42%) compared to the conventional system of continuous wheat.

To preserve soil carbon, we must also adapt farming practices that maintain an adequate level of soil fertility. Less deep plowing (15-20 cm) or even direct drilling promote higher levels of organic matter in the topsoil due to the accumulation of crop residues on the surface.

LANGLET and RÉMY (1976) have shown that direct drilling and tillage have promoted a marked increase in levels of total nitrogen in the first centimeters of topsoil a strengthening of soil structure, protection against physical damage and improved microbial activity thanks to crop residues [10].

After several years of direct drilling, the upper soil layers become more stable and the rate of infiltration of water becomes faster than plowed surfaces [11].

SÉGUY et al. (2001) showed that in culture systems that lose organic matter (with tillage and monoculture), the trends in the cation exchange capacity CEC, strictly follow those of organic matter, CEC of surface horizons down. On the contrary, it increases in the same proportions by carrying out direct drilling [12].

It is in this context that we aim to study the impact of sulla (Bikra 21) conducted in direct drilling and conventional one, on the physico-chemical properties (organic carbon, total nitrogen, CEC, structural stability and permeability) of clay soil under Tunisian arid climate.

## **1.- Materials and Methods**

### **1.1.- Pedo-climatic characteristics of the experimental site and plant material**

The experimental site is located in the agricultural development farm in the north (Sedan), Bou Salem belonging to the governorate of Jendouba (North West of Tunisia) (figure 1). The station belongs to the upper semi-arid bioclimatic stage, characterized by a cold winter and a very dry and hot summer. The average annual rainfall over 50 years is estimated at 483 mm year<sup>-1</sup>. The annual average temperature is about 37°C with average absolute maxima reaching 48°C and 49°C recorded in July and August which coincide with the appearance of siroccos. Absolute minima of - 5°C recorded between December and April.

The year of the trial (2004) was characterized by a cumulative rainfall estimated to 560 mm. Physical and chemical soil characteristics are shown in Table I.

The soil has a silty clay texture with rates of 23.3%; 59.2% and 17.5% respectively for clay, silt and sand. The organique carbone, total nitrogen and pH (H<sub>2</sub>O) are respectively in the order of 1.43%; 0.21% and 7.98.

### **1.2. - Experimental set-up**

To study the effect of these cultural practices (tillage, introduction of sulla North) in the culture system) on the improvement of soil properties and the fight against land degradation (water erosion), the tests were installed on a sloping plot (6%) with an area of 10 ha. The experimental plot is divided into two lots of 5 ha each one conducted by direct drilling (DD) or conventional one (CD). This parcel is located on slopes with a maximum



of 6%. The upper part is much eroded with a very superficial soil ( $\leq 5$  cm). The species used is sulla North Bikra 21 variety.

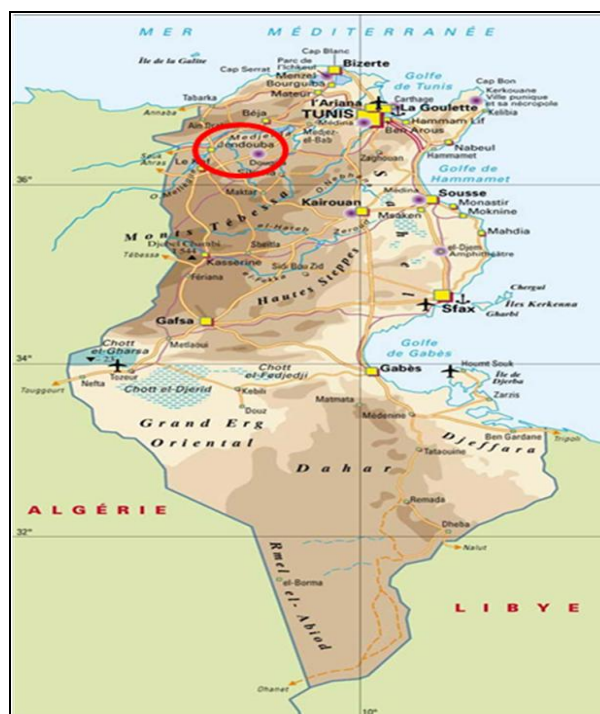


Figure 1.- Geographical location of the experimental site [13]

Table I.- Physical and chemical soil characteristics

Depth (cm)	Granulometry (%)			MO (%)	NT (%)	CEC (meq/100g)	Kech (mg/kg)	Passim (mg/kg)	pH
	Clay	Silty	Sand						
0-20	22,4	57,45	21,2	2,58	0,215	59,5	820	25,83	7,985
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
20-40	1,27	2,47	5,23	0,16	0,01	0,71	14,14	0,14	0,01
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
40-60	23	51,7	25,25	2,5	0,195	59,5	727,5	24,835	7,995
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
40-60	1,69	0,424	1,2	0,071	0,021	0,283	123,7	1,181	0,021
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
40-60	22,65	53,7	23,65	2,13	0,175	57	717,5	19,5	7,97
	±	±	±	±	±	±	±	±	±
40-60	0,21	1,7	1,95	0,00	0,01	3,25	137,89	0,33	0,01
	±	±	±	±	±	±	±	±	±

Seedlings were done in the 31 October 2004 with a dose of 25 kg ha<sup>-1</sup> of unhulled seed and an interline spacing of 75 cm [5]. Prior weeding (before drilling) at 2 liters / ha of glyphosate was carried out without any other treatment plant throughout the crop cycle.

Two campaigns of soil sampling were carried out: one before and one after planting the crop. Six soil samples were taken diagonally to each sub plot. Each sample is a repetition in the same sub plot.

Six samples of 1m<sup>2</sup> sulla (each one weigh 500 g) per level (upstream and downstream) were collected at full bloom stage. Each sample is a repetition of the plant for

the determination of total biomass harvested and for analysis of the plant.

Soil tests under question: the granulometry was conducted by the sedimentation method (pipette of Robinson-Kôhn), the organic material was conducted by the method of Walkley and Black, the total nitrogen content determined by the Kjeldahl method, the cation exchange capacity (CEC) using the method of percolation with ammonium acetate, the structural stability of the soil was measured in the laboratory by the method of [14]. The permeability test used to measure a rate of water infiltration (index k) by percolation through a sample of dried soil and sieved to 2 mm, under a constant load of water, which shows the resistance to the destruction of aggregates in a controlled infiltration [15].

### **1.3.- Statistical analysis of data**

The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using SPSS (version 20) software. The Newman-Keuls test was used for comparison when the average of the significant differences between treatments was revealed a probability level of 5%.

## **2.- Results and Discussions**

### **2.1.- Effects of tillage on physico-chemical characteristics of the soil**

#### **2.1.1.- Effect on the content of organic matter**

The contents of organic matter, presented in Figure 2, showed that there is an increasing trend for both conventional and direct drillings.

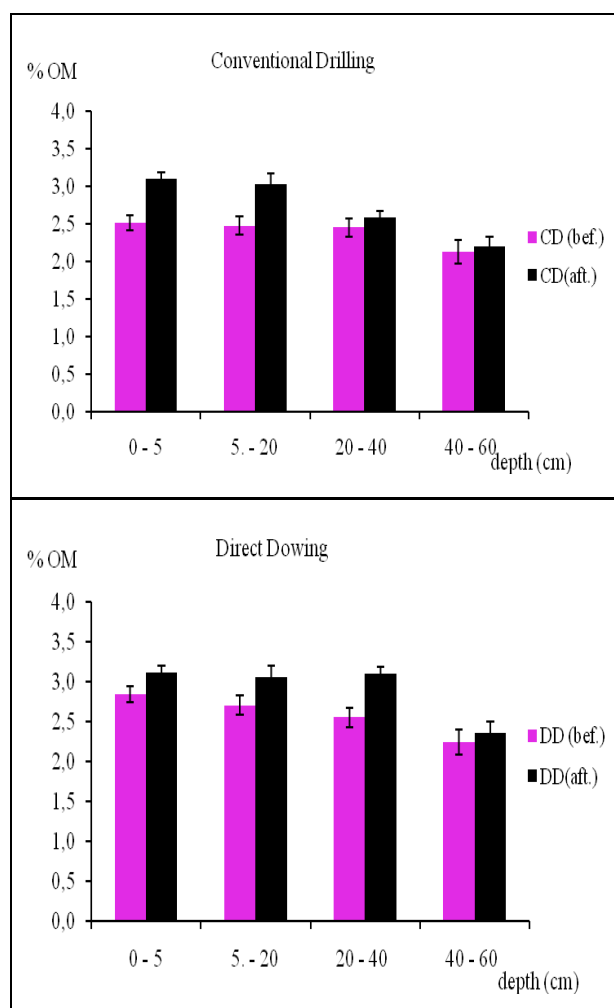
Indeed, post-harvest and plot using conventional drilling, soil organic matter on the surface varies insignificantly from 3.01 to 3.09% and can reach 2.19% to 2.59 deep. While using direct drilling method, the content varies in surface from 3.06 to 3.11% and 2.35% to 3.09 deep. This shows that the simplification of work enriched the surface layers of soil organic matter soil. These results confirm the results of SÉGUY et al. (2001) [12]; CHERVET et al. (2001) [11]; LEPOIVRE RIO (2003) [6]. Furthermore, the presence of residues of culture sulla Bikra 21 has also enabled the enrichment of soil organic matter [5]. Thus, it can be concluded that there is a positive effect of tillage and cultivation of sulla Bikra 21 on the content of soil organic matter in the topsoil.

#### **2.1.2.- Effect on the total nitrogen content of the soil**

The total nitrogen content of the soil, shown in Figure 3, was significantly different in the plots in direct and conventional drilling of sulla, before drilling and after harvest. There is a tendency to increase in these levels as well as for conventional or direct drillings. This trend is more significant ( $p < 0.05$ ) at the surface than at depth (20-40; 40-60 cm).

The increase of the total nitrogen in the case of a direct drilling is due to reduced tillage and the accumulation of nitrogenous material surface. These results confirm those of BOUHEJBA (1997) [16] and CHERVET et al. (2001) [11]. Indeed, previous studies have shown that the culture sulla Bikra 21 improves the soil organic nitrogen level. This species can return to the soil about 220 kg nitrogen / ha [17]. The arable soil horizon stores almost 50% of the total recovered. This result is correlated with root density of the species

[5].



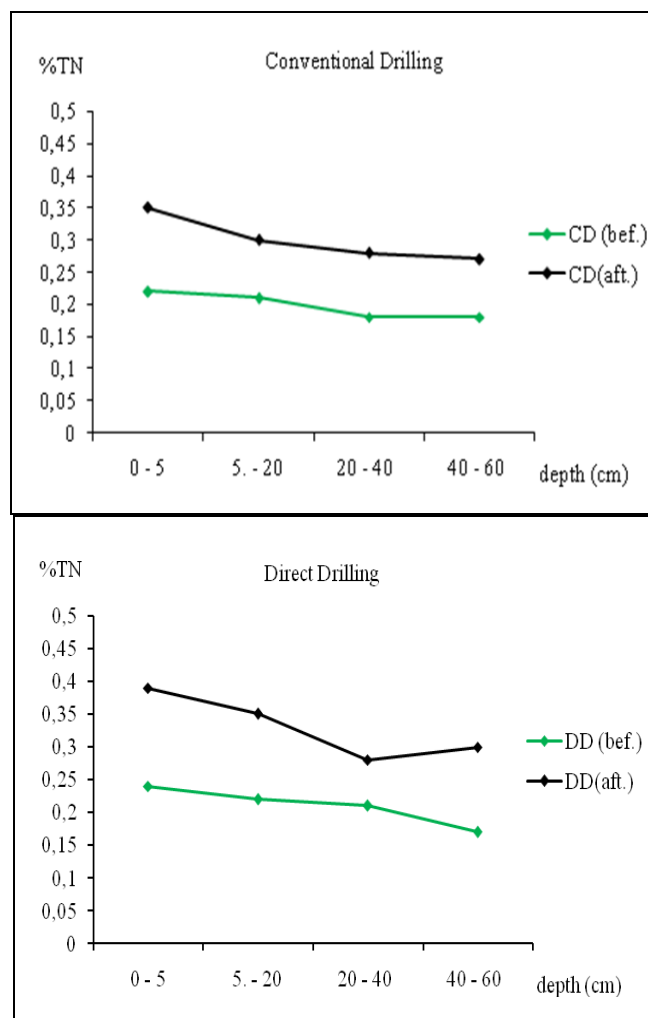
**Figure 2.-** Evolution of organic matter in plots of conventional and direct drilling of sulla. CD (bef.): conventional drilling plot (before drilling); CD (aft.): conventional drilling plot (after harvest); DD (bef.): direct drilling plot (before drilling); DD (aft.): direct drilling plot (after harvest).

This will further reduce the contribution of nitrogen fertilizer at least for the next grain [5]. This biological nitrogen (in the form of mineral nitrogen  $N-NO_3^-$  and  $N-NH_4^+$ ) is released progressively from the mineralization of organic debris. Consequently, it prevents the action of nitrogen leaching often accentuated after a good rain [11].

### 2.1.3.- Effect on soil CEC

The results obtained in this work and presented in Figure 4, showed that there is a tendency to improve the Cation Exchange Capacity CEC for direct drilling. This trend follows strictly that of soil organic matter. It increases in the same proportions as organic matter when the rate of the latter increases in direct drilling systems.

In mode conventional tillage, CEC surface before planting varied insignificantly between 59 and 60 meq / 100 g soil. After harvest, we recorded 63.3 meq / 100 g of soil.



**Figure 3.-** Evolution of the total nitrogen content in the plots in direct and conventional drilling of sulla. CD (bef.): conventional drilling plot (before drilling); CD (aft.): conventional drilling plot (after harvest); DD (bef.): direct drilling plot (before drilling); DD (aft.): direct drilling plot (after harvest).

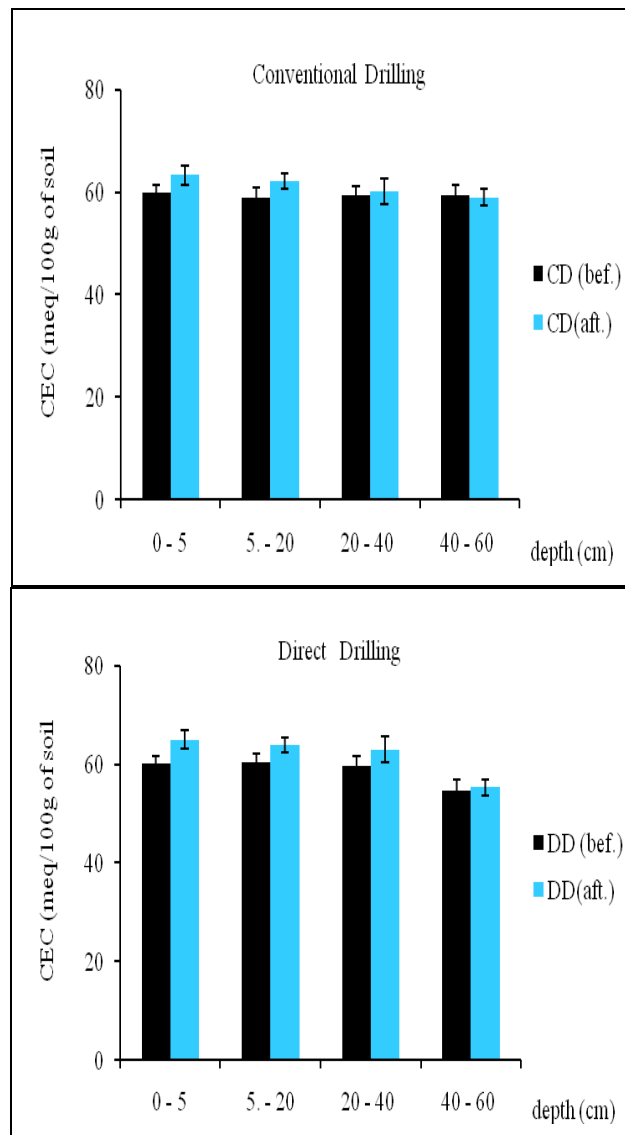
However, in plots managed in direct drilling and before planting, the CEC surface was approximately 60.3 meq/100 g of soil after harvest then, there has been a CEC value of the surface of the order of (64 to 65 meq/100 g of soil). This increase in CEC (about 6%) in the case of direct drilling is significant and is mainly due to the increase in organic matter content of the soil above the surface.

These results confirm those of SÉGUY et al. (2001) and BOUJILA et al. (2014) [12,18].

#### 2.1.4.- Effect on the structural stability

Our results concerning the evolution of the structural stability before planting and after harvest in plots led respectively by conventional tillage and drilling and presented in Figure 5, show an improvement of structural stability in the surface layer of the plot conducted in direct drilling compared to conventional planting. Indeed, the structural stability of the plot conducted in conventional planting was (0.95 - 1.13%) before seeding,

but after harvest, it has improved to 1.87% ( $R^2 = 0.845$ ).



**Figure 4.-** Evolution of the Cation Exchange Capacity of the soil in the plots of conventional and direct drilling of sulla. CD(bef.): conventional drilling plot (before drilling); CD(aft.): conventional drilling plot (after harvest); DD(bef.): direct drilling plot (before drilling); DD (aft.): direct drilling plot (after harvest).

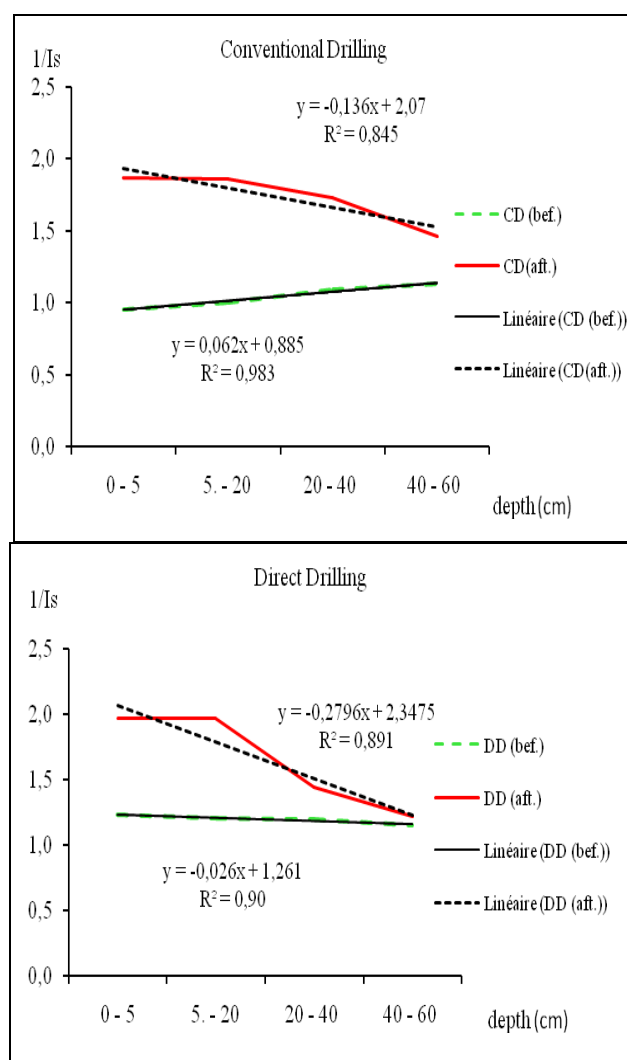
As direct drilling, it has better stability especially in surface and ranges from 1.15% to 1.23% before drilling and 1.22% to 1.97 after drilling ( $R^2 = 0.891$ ). This result is significant and is due to the presence of a good organic content and a high microbial activity. Indeed, the organic material is a bonding agent and cohesion between the mineral soil particles [19], several studies have demonstrated the importance [20, 22].

MOLOPE and PAGE (1986), showed that during the intensification of farming practices and the cultivation of a field, there is usually a joint decrease in organic carbon content of soils and their stability structural [23]. On the other hand, reduced tillage or converting a plowed soil in prairie increases the amount of organic matter and soil structural stability.

In fact, the organic materials form an organo-mineral complex either directly by establishing connections between the positive and negative charges of the clay, or indirectly by cations such as iron (Fe) and aluminum (Al) [24].

In this work, we recorded, in depth of the two plots managed respectively by direct and conventional drillings, more or less important stability of 1.2%. This weakness can be tracked to the existence of a deep limestone crust. Limestone has an effect that is due primarily to the effect of  $\text{Ca}^{2+}$  ions; its contribution generally improves structural stability, however its action is significant only when the clay content is sufficient [25]. While the percentage of clay in depth in both plot, does not exceed 23%, which explains the weakness of the structural stability in depth.

We can therefore conclude that there is a positive effect on the surface of direct drilling and sulla residues on soil structural stability. These results are in agreement with those of [10,11;26,27].



**Figure 5.-** Evolution of the structural stability of the soil in the plots of conventional and direct drilling of sulla. Is: index of instability; 1/Is: stability index, CD(bef.): conventional drilling plot (before drilling); CD(aft.): conventional drilling plot (after harvest); DD(bef.): direct drilling plot (before drilling); DD (aft.): direct drilling plot (after harvest).

### 2.1.5.- Effect on the water permeability of the soil

Monitoring of the evolution of permeability soil water before planting and after harvest in direct and conventional drillings plots and presented by the figure 6, shows that there is a trend towards improvement of this water permeability for the two cropping systems.

Before planting sulla, infiltration of water in surfaces conducted in direct drilling, varied insignificantly from 13.57 cm / h to 15.26 cm / h, it has improved after a year of sulla culture to reach 14.52 cm / h and 17.83 cm / h ( $R^2 = 0.966$ ). In depth, infiltration is low in the order of 10 cm/h.

However, in conventional drilling, permeability did not exceed the 12.79 cm / h at the surface before planting, but after harvest there was permeability ranging between 11.17 and 13.92 cm. Direct drilling has therefore essential to halt the mixing of crop residue with deep horizons. Thus there is accumulation of organic material on the surface.

This increase in soil organic matter on the surface has positive effects on soil crusting [28]. In addition, the sulla Bikra 21 is a protective and conservative culture of the soil. With its deep taproot system (1.5 m to 2 m), it improves soil physical properties, such as infiltration of water [29]. This trend is more significant ( $p < 0.05$ ) in conventional drilling depth where permeability changes from 5.2 to 9.8 cm / ha ( $R^2 = 0.845$ ).

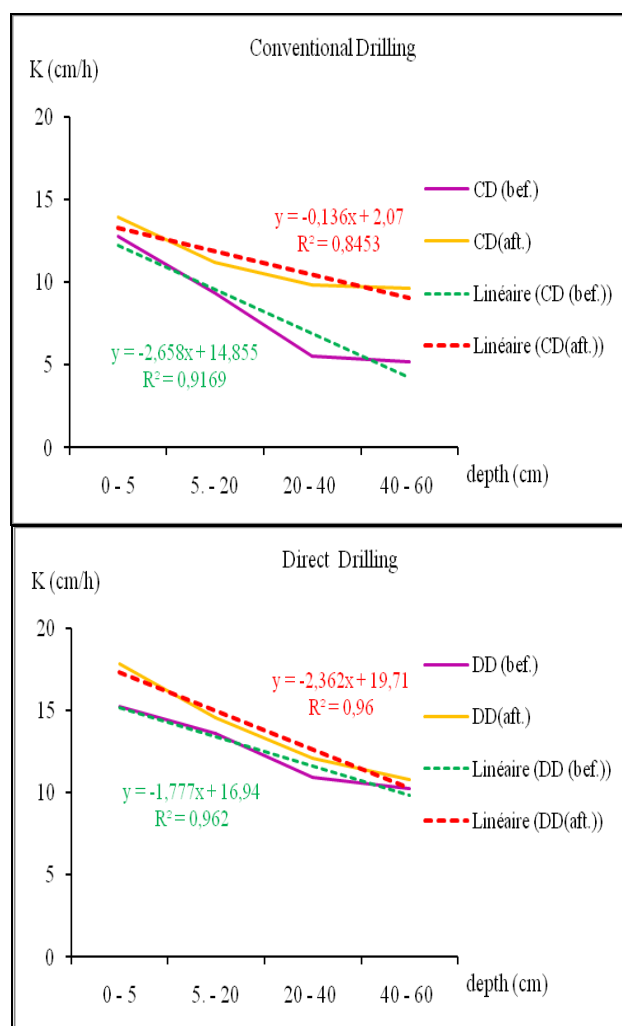
These results confirm those found by CHERVET et al. (2001) which showed that the rate of water infiltration, for surfaces in direct drilling is faster than the tilled surfaces [11]. As BOUHEJBA (1997) [15] showed that the minimum work reduces water loss when crop residues remain on the surface, evaporation is the main source of water loss from the soil.

### 2.2.- Forage productivity of Bikra 21

A wide production variability between and within plots was observed. The poor quality of the soil particularly upstream (sloping ground, stony and eroded) that forage productivity sulla was significantly reduced in conditions of direct drilling (table II).

**Table II.-** Variation of fresh forage yield of sulla (1<sup>st</sup> year) depending on the installation in conventional and direct drilling mode. Probability level of 5%, according to the Newman-Keuls test ( $P < 0.05$ ).

<b>Green matter yield (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Conventional Drilling</b>	<b>Direct Drilling</b>
Upstream of the plot	4.5 – 18	2.5 – 3.5
Downstream of the plot	58 – 62	20 – 30
Average yield	33 ± 24.3	14 ± 12.4



**Figure 6.-** Evolution of soil permeability in plots of conventional and direct drilling of sulla. K (cm / h): the water permeability of the soil in cm / h, CD(bef.): conventional drilling plot (before drilling); CD(aft.): conventional drilling plot (after harvest); DD(bef.): direct drilling plot (before drilling); DD (aft.): direct drilling plot (after harvest).

In the plot managed in conventional drilling the average yield of green matter was in the order of  $33 \pm 24.3 \text{ t ha}^{-1}$ . The large observed standard deviation, explains the high heterogeneity of soil. Indeed, upstream soil is 6% slope; stony and eroded, downstream the soil is deep but with areas of low background and water stagnation (figure 7).

Whereas in direct drilling, the average yield was statistically significant ( $P < 0.05$ ) lower in the order of  $14 \pm 12.4 \text{ t ha}^{-1}$  of green matter, 43% of production in conventional drilling.

These results do not reflect the productive potential of Bikra 21 with a production of about  $55 \text{ t / ha}$  in the first year according to the description of the variety [5].

Failure to comply with the technical specifications of the variety is the main cause of this weakness in yield. The presence of a limestone crust very close to the surface (up to 50 cm) has also hampered the implementation of the culture of sulla.



In addition, a very important problem has been noticed in the first autumn rain (in October), it is the invasion of the plot by a very large population of snails from a nearby livestock. These snails have attacked the aerial part of the sulla plant to 1st leaf stadium and during the startup growth. The invasion began with the upstream part of the plot. Therefore, the damage has been very important in the direct drilling plot. This explains well the variation or weakness of production in this field.

## Conclusion

The study of the practices impact on soil properties has enabled us to raise the following points:

Despite the short experience of direct drilling and very difficult experimental conditions of the plot allocated to Bikra 21 culture for this work, the results of soil cover by plants are suitable (+ 80% coverage in conventional planting and + 60% coverage direct drilling).

The culture also enabled a very deep rooting up to 2 meters which improved the physical properties of the soil (increased infiltration of water, improving the capacity of retaining water..); and chemical properties of the soil (increasing the rate of organic matter biological nitrogen fixation, reduced nutrient leaching ...).

This plant has proved to be a good source of residues which constitute a mulch rich in nitrogen and organic material that protects the soil in slopes against erosion and improves fertility in minimizing the cost of production at the same time.

This mulch can also be a seedbed for next crop for a possible direct drilling. Improving organic matter, nitrogen, cation exchange capacity, structural stability and soil permeability after harvesting a crop sulla first year is a good sign for mainly marginal and slope soils. This was also observed in sulla direct drilling plots (3.1% of OM; 0.39% of TN; 65 meq/100g soil;  $I_s = 1.9$ ; 17.8 cm/h) rather than in the conventional one (3.0% OM; 0.35% TN; 63 meq/100g soil;  $I_s = 1.8$ ; 13.9 cm/h).

It remains to recheck the value of this cultural practice in conditions more favourable than those of the plot allocated to experimentation in work conditions.

Direct drilling of forage crops is a technique to make better use of the eroded and uneven land surface.

However, this technique can be effective only by the choice of appropriate species well playing the role of previous crops for strategic crops such as cereals. In this case, the sulla by its high organic refunds and its root system has improved some physicochemical parameters as a basis for better soil fertility.

## References

- [1].- Zouaghi M., 2004.- Techniques d'exploitation et de conservation du sulla Bikra 21. Ministère de l'Agriculture et de l'Environnement. Séminaire de formation, Zaghuan, Tunisie, 25p.

- [2].- Sleutel S., De Neve S. and Hofmann G., 2003.- Estimates of carbon stock changes in Belgian cropland. *Soil Use Manage*, 19: 166-171.
- [3].- Zouaghi M. et Tibaoui G., 1998.- Séminaire National sur le développement de la culture de sulla en Tunisie, Bizerte, 25p.
- [4].- Mhiri A., 1999.- Problèmes et pratiques de lutte antiérosive en région méditerranéenne. In *Rapports nationaux sur les problématiques et pratiques de lutte antiérosive*. PAP/CAR – split, Tunisie, 162p.
- [5].- Ben Jeddi F., 2005.- *Hedysarum coronarium* L.: variation génétique, création variétale et utilisation dans des rotations tunisiennes. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques Appliquées, option sciences agronomiques, Université de Gent, Faculté des Sciences en Bio-ingénierie, 203p.
- [6].- Rio A. et Lepoivre M., 2003.- Bretagne environnement: Les sols bretons: une source ou un piège à carbone pour l'ammophile ?  
<http://www.bretagneenvironnement.org/sols/rubrique400/article1036076744>
- [7].- Trifi-Farah N., Baatout H., Boussaïd M., 2002.- Evaluation des ressources génétiques des espèces du genre *Hédysarum* dans le bassin méditerranéen. *Plant Gen. Res. Newsl.*, 130: 1-6.
- [8].- Slim S. et Ben Jeddi F., 2011.- Protection des sols des zones montagneuses de la Tunisie par le sulla du Nord (*Hedysarum coronarium*L.). *Revue Sécheresse*, 22: 1- 8.
- [9].- Ben Jeddi, F., Sanaa, M., Behaeghe, T., 1998.- Contribution des légumineuses fourragères à l'amélioration de la réserve humique du sol. *Revue de l'INAT*, 13: 95-109.
- [10].- Langlet B. et Rémy J. C., 1976.- Incidence de la simplification du travail du sol sur la dynamique de l'azote. *Simplification du travail du sol en production céréalière*. ITCF, 189-204.
- [11].- Chervet A., H. Reinhard H. et Sturny W. J., 2001.- Semis direct en grandes cultures. *Revue suisse d'agriculture*, 33: 15-24.
- [12].- Séguy L., Bouzinac S., Maronezzi A.C., 2001.- Systèmes de culture et dynamique de la matière organique – Doc. CIRAD, Montpellier, France, 200p.
- [13].- carte de la Tunisie : carte générale, [http://www.lexilogos.com/tunisie\\_carte.htm](http://www.lexilogos.com/tunisie_carte.htm).
- [14].- Hénin S., Monnier G., Combeau A., 1958.- Méthode pour l'étude de la stabilité structurale des sols. *Annales agronomiques*, 9: 73-92.
- [15].- Monnier G., 1994.- Assemblage et organisation physique des particules. In *Bonneau M., Souchier B., Pedologie 2, Constituants et propriétés du sol*, 2<sup>e</sup> édition. Ed. Masson, Paris-Madrid-Barcelone, 665p.
- [16].- Bouhejba A., 1997.- Etude comparative des effets des différents modes de travail du sol sous des conditions semi-arides sur l'élaboration du rendement du blé tendre

- (variété Salammbô 80). Mémoire de fin d'étude de cycle de spécialisation de l'INA Tunisie, 82p.
- [17].- Ben Jeddi F., 2004.- Présentation des caractéristiques biologiques et agronomiques du Sulla du nord Bikra 21. Sidi Thabet, Tunisie, 34p.
- [18].- Bouajila K., Ben Jeddi F., Taamallah H., Jedidi N., Sanaa M., 2014.- Effets de la composition chimique et biochimique des résidus de cultures sur leur décomposition dans un sol Limono-Argileux du semi aride. J. Mater. Environ. Sci., 5 (1): 159-166.
- [19].- Chenu C., 1989.- Influence of a fungal polysaccharide, scleroglucan, on clay microstructures. Soil. Biol. Biochem., 21: 299-305.
- [20].- Tisdall J. M., Oades J. M., 1982.- Organic matter and water- stable aggregates. Soils. J. Soil. sci., 33: 141-163.
- [21].- Mustin M., 1987.- Le compost, gestion de la matière organique. Ed. Francois Dubusc, Paris, 670 p.
- [22].- Le Bissonnais Y., Arrouays D., 1997.- Aggregate stability and assessment of soil crutability and erodibility. II. Application to humic loamy soils with various organic carbon contents. Eur. J. Soil. Sci., 48: 39-48.
- [23].- Molohe, M. B. and Page, E. R., 1986.- The contributions of fungi, bacteria and physical processes in the development of aggregate stability of a cultivated soil. In: J. M. Lopez-Real and R. D. Hodges (editors), The Role of Microorganisms in a Sustainable Agriculture. A. B. Academic Publishers, Berkhamstead, UK.
- [24].- Bonneau J. M., Souchier B., 1979.- Constituants et propriétés du sol. Tome 2, Ed Masson, 459p.
- [25].- Abiven S., 2004.- Relation entre caractéristiques des matières organiques apportées, dynamique de leur décomposition et évolution de la stabilité structurale du sol. Thèse de Doctorat de l'Ecole nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes, France, 262p.
- [26].- Manichon H., 1982.- Influence des systèmes de culture sur le profil cultural: élaboration d'une méthode de diagnostic basée sur l'observation morphologique. Thèse de docteur-ingénieur de l'INAPG, 232p.
- [27].- Recous, S., Richard, G., Fruit, L., et Guerif, 2001.- Effect of contact between straw particles and soil on the short-term mineralization of C. European Journal of Soil Science.
- [28].- Bouchendira M., 1989.- Effets des travaux du sol sur quelques caractéristiques du sol et de la plante. Revue de l'I.N.A.T., 4: 17-27.
- [29].- Slim S., 2004. Amélioration fourragère et protection des terres par le Sulla Bikra 21 dans les gouvernorats de Zaghouan et de Siliana. Mémoire de Mastère de l'INA, Tunisie, 86p.

## DELIMITATION DES PEUPELEMENTS DU PISTACHIER DE L'ATLAS (*Pistacia atlantica* Desf.) DANS LA REGION ORIENTALE DU MAROC PAR LE G.P.S. COMBINE AU S.I.G.

FAOUZI Khalil<sup>1\*</sup>, RHARRABTI Yahia<sup>1,3</sup>, DARDOUR Mouhabenlafdel<sup>1</sup>, BOUKROUTE Azzouz<sup>1</sup>, MAHYOU Hamid<sup>2</sup>, LABGHIAL Mohamed<sup>1</sup>, BERRICHI Abdelbasset<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup>Laboratoire de Biologie des Plantes et des Microorganismes, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Mohamed I, Oujda, Maroc

<sup>(2)</sup>Centre Régional de la Recherche Agronomique d'Oujda, Maroc

<sup>(3)</sup>Laboratoire des Ressources Naturelles et Environnement

Faculté Polydisciplinaire de Taza, Maroc

\*E-mail: [khalil\\_faouzi@yahoo.fr](mailto:khalil_faouzi@yahoo.fr)

**Résumé.-** Le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) constitue un écosystème important tant sur le plan écologique, biogéographique qu'économique. Cet arbre est à la fois protecteur que productif; ainsi il a beaucoup d'intérêts médical, pharmaceutique et économique. Cependant cette espèce ne cesse de régresser d'année en année suite à des actions climatiques et surtout anthropiques. Le présent travail consiste à délimiter les peuplements du pistachier de l'Atlas dans la région orientale du Maroc à l'aide du G.P.S. combiné au S.I.G. Ainsi, on a déterminé quatre sites au niveau de cette région selon la densité des pieds, à savoir le couloir Oujda-Taourirt (site 1), la région de Jerada (site 2), la plaine de Tafrata (site 3) et le couloir Ain Beni Mathar-Figuig (site 4). Les espèces accompagnatrices dans ces sites ont été également identifiées, dont *Ziziphus lotus* est la plus abondante dans les quatre sites. La présente étude laisse apparaître que le pistachier de l'Atlas occupe de grandes superficies dans la région orientale du Maroc, mais en situation éparse et isolée. Il se retrouve également regrouper sous forme d'îlots au niveau des lieux maraboutiques ou dans les zones protégées. Le pistachier d'Atlas dans la région orientale occupe des bioclimats qui s'étalent depuis le semi-aride et aride au saharien sur différents types de sol. Cette espèce est menacée principalement par le surpâturage, la pression anthropique ainsi que la sécheresse sévère de la région de l'orientale du Maroc.

**Mots clés:** Pistachier de l'Atlas, région orientale du Maroc, G.P.S., S.I.G.

## DELIMITATION OF ATLAS PISTACHIO (*Pistacia atlantica* Desf.) POPULATIONS IN THE EASTERN REGION OF MOROCCO BY USING G.P.S COMBINED TO G.I.S.

**Abstract.-** The Atlas pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) is an important ecosystem both at the ecological, biogeographical and economic level. This tree is at the same time protective and productive. In fact, it has many medical, pharmaceutical and economic interests. However, this species continues to decline from year to year because of climatic but mainly anthropogenic actions. The present work is to delimit Atlas pistachio populations in the eastern region of Morocco by using GPS combined to GIS. Thus, four sites were determined and classified according to tree density, namely: Oujda-Taourirt corridor (site 1); Jerada region (site 2); Tafrata plain (site 3); and Ain Beni Mathar-Figuig corridor (site 4). Associated species to Atlas pistachio were also identified, of which *Ziziphus lotus* was the most abundant in the four sites. Our study shows that Atlas pistachio occupies large areas in the eastern region of Morocco, but in scattered and isolated situation. It was found also grouped in form of islands at marabout places or in protected areas. The Atlas pistachio in eastern Morocco is adapted to different bioclimates from semi-arid and arid to saharian and grows on various soil types. This species is threatened mainly by overgrazing, anthropic pressure as well as severe drought of the eastern region of Morocco.

**Keywords:** Atlas pistachio, eastern region of Morocco, GPS, GIS.

## Introduction

Le pistachier de l'Atlas ou "Betoum" (*Pistacia atlantica* Desf., Anacardiaceae, Sapindales, Magnoliopsida), nommé aussi "Betm" [1], est un arbre puissant pouvant atteindre 20 m de hauteur, à tronc bien individualisé et à feuilles caduques [2]. C'est un arbre précieux pour les zones méditerranéennes pré désertiques, il peut être avantageusement utilisé comme essence de reboisement, et il est aussi une source de fourrage pour le bétail [3,4]. De plus, cet arbre possède une aptitude de constituer une barrière contre l'avancée du désert et a une résistance à la sécheresse, et peut être utilisé comme porte-greffe de *Pistacia vera* et comme arbre ornemental [5,6,7]. Ainsi, sa rusticité le rend particulièrement intéressante quant à son utilisation dans les programmes de reforestation et de sylviculture dans les zones semi-arides et arides; puisqu'il se régénère et se développe dans les endroits les plus arides où peu d'espèces d'arbres peuvent s'établir et se développer [8]. La carte phytogéographique du Maroc [9] montre que le pistachier de l'Atlas constituait un climax sur les hauts plateaux arides du Maroc oriental. Monjauze [10] le décrit comme étant l'essence la plus originale et la plus remarquable de l'Afrique du Nord, tant par son intérêt botanique que par sa valeur sociale. Cette essence est en dégradation continue sous la pression des multiples effets anthropiques et climatiques [11,12,13]. Cette vaste étendue de milliers d'hectares est ainsi soumise à l'aggravation du processus de la dégradation et la désertification et le phénomène d'ensablement et de l'érosion [12] et nécessite une prise en charge effective et immédiate [2]. Ainsi, le pistachier de l'Atlas de la région orientale du Maroc est dans une situation précaire et alarmante à cause de sa dégradation poussée. D'où l'intérêt de cette étude qui consiste à délimiter les peuplements du pistachier de l'Atlas dans la région orientale du Maroc, car il est considéré comme patrimoine forestier de cette région et le manque d'intérêt des scientifiques et des gestionnaires pour cette espèce va entraîner inéluctablement son extinction. En absence d'une délimitation précise de l'aire de répartition du pistachier de l'Atlas dans la région orientale du Maroc, nous proposons de tester l'utilisation de données de télédétection à haute résolution spatiale pour la cartographie de ce couvert arboré. Celle-ci est assurée à travers des mesures et des observations effectuées, suivies de sorties sur terrains régulières. Le GPS (Global Positioning System) et les SIG (Système d'Information Géographique) sont deux outils géomatiques qui, utilisés conjointement, permettent de cartographier les domaines forestiers [14]. Plusieurs études ont utilisées le S.I.G pour la cartographie des espèces arborées tel l'arganier [15,16,17,18,19].

L'objectif du présent travail est de déterminer l'aire de répartition du pistachier de l'Atlas dans la région orientale du Maroc par l'utilisation de la télédétection spatiale, à l'aide de G.P.S. combiné au S.I.G. afin de découvrir l'état actuel du recouvrement du pistachier de l'Atlas et de définir un état de référence sous forme de base de données S.I.G., permettant de développer une méthode d'analyse spatio-temporelle des peuplements du pistachier de l'Atlas.

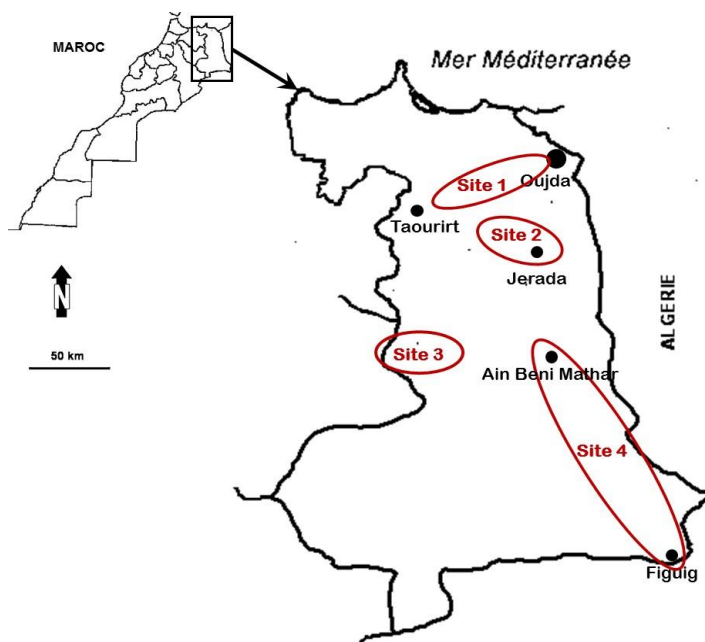
## 1.- Matériel et méthodes

### 1.1.- Présentation de la zone d'étude

#### 1.1.1.- Caractérisation climatique et géologique des sites d'études

La zone d'étude est située dans le Maroc oriental. Elle s'étale depuis le couloir Oujda-Taourirt au Nord jusqu'au désert de Figuig au Sud. Après une prospection de cette

zone, quatre sites à peuplement de pistachier de l'Atlas ont été retenues (figure 1): le couloir Oujda-Taourirt (site 1), la région de Jerada (site 2), la plaine de Tafrata (site 3) et le couloir Ain Beni Mathar-Figuig (site 4).



**Figure 1.-** Localisation des sites d'études. Site 1 : Couloir Oujda-Taourirt ; Site 2 : Région de Jerada ; Site 3 : Plaine de Tafrata ; Site 4 : Couloir Ain Beni Mathar-Figuig [13]

Les quatre sites d'étude ont des bioclimats différents. Ainsi, le couloir Taourirt-Oujda et la plaine de Tafrata ont un climat semi-aride à hiver tempéré, la région de Jerada est caractérisée par un climat semi-aride à hiver frais, tandis que le climat du couloir Ain Beni Mathar-Figuig est aride-saharien à Hiver tempéré [7].

Sur le plan édaphique, la texture du sol a montré que le sol dans le couloir Oujda-Taourirt, est limono-sablo-argileux, dans la région de Jerada est marneux argileux, alors que le sol de la plaine de Tafrata et le couloir Ain Beni Mathar-Figuig a une texture limono-sableuse [7].

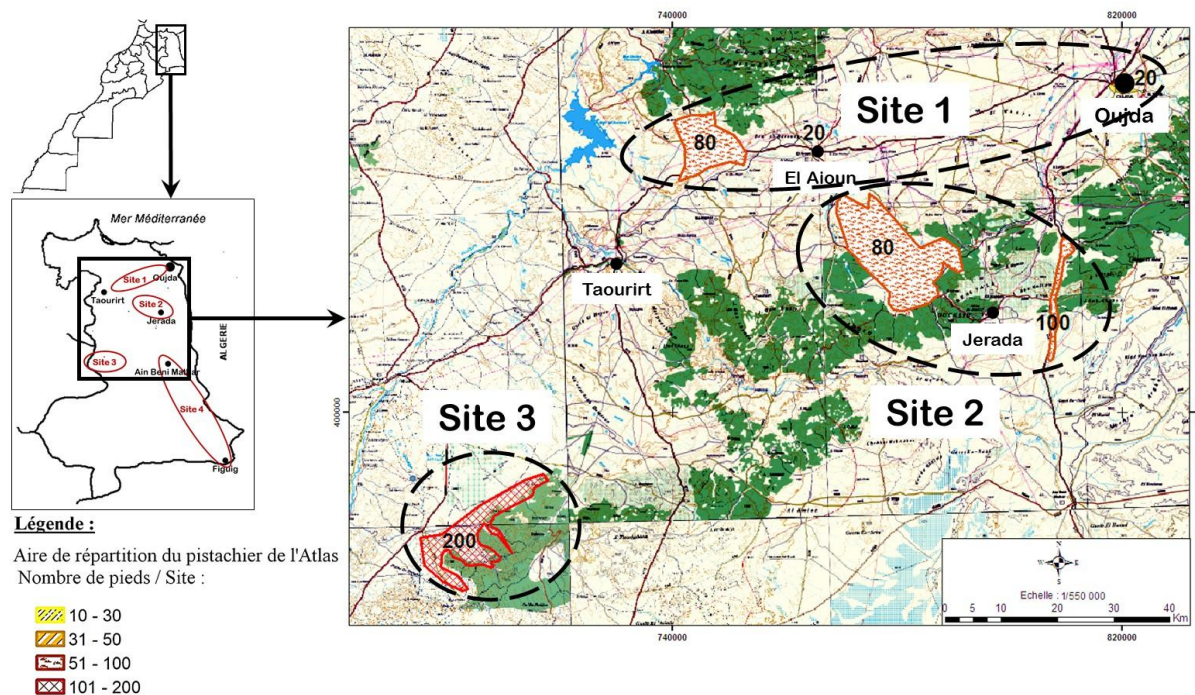
### 1.1.2.- Méthodologie de travail

La cartographie de l'aire de répartition du pistachier de l'Atlas a été réalisée en utilisant les cartes topographiques du Maroc oriental au 1/250000 comme support. Après une longue prospection de terrain qui s'est étalée sur trois ans (2009, 2010 et 2011), la région d'étude a été subdivisée en quatre sites distincts selon des indicateurs de nature physique et phytoécologique constituant des outils de différenciation de ces sites. Les données ont été recueillies à partir d'images satellitaires et des relevés sur terrain à l'aide du GPS. Ensuite, elles sont traitées à l'aide du logiciel ARCGIS (9.3) comme un outil de SIG afin de délimiter l'aire de répartition de l'espèce.

## 2.- Résultats et discussion

La figure 2 montre l'aire de répartition du pistachier de l'Atlas au niveau des sites 1, 2 et 3 de la région orientale du Maroc.





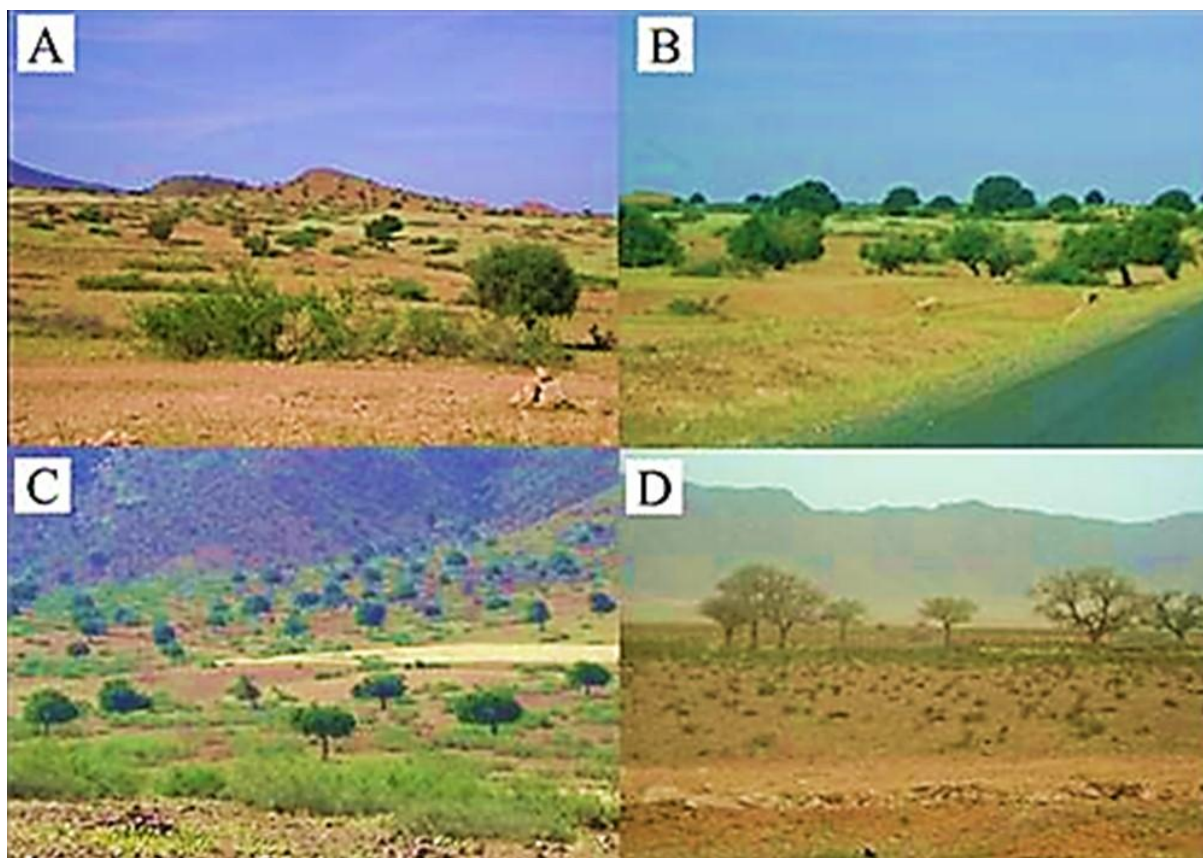
**Figure 2.-** Carte de l'aire de répartition du pistachier de l'Atlas dans les sites 1, 2 et 3 de la région orientale du Maroc [13]

Dans le site 1 qui présente le couloir Oujda-Taourirt, il se remarque une forte dégradation du pistachier de l'Atlas entre Oujda et El Aioun Sidi Mellouk. Dans ce tronçon, on trouve des spécimens parsemés dans des îlots bien préservés au niveau des marabouts (Cheikh Sidi Makhoukh à El Aioun Sidi Mellouk et Sidi Yahya à Oujda, avec une vingtaine de pieds étalés sur une surface de 8000 m<sup>2</sup>, à une altitude de 600 m, sur un substrat limono-sablo-argileuse. Ainsi les espèces accompagnatrices du pistachier de l'Atlas dans ce tronçon sont *Ziziphus lotus* et *Asparagus stipularis*. Alors que entre El Aioun Sidi Mellouk et Taourirt, le pistachier de l'Atlas se trouve sous forme de peuplements plus dense soit 80 pieds/km<sup>2</sup> sur une superficie de 200 km<sup>2</sup> au niveau de la plaine de Jfira (figure 3A), sur un substrat limono-sablo-argileux. La régénération de quelques jeunes plants a été constatée au niveau des zones préservées à Douar Chrayeâ (6 km à l'ouest d'El Aioun). En effet, cette régénération s'effectue toujours à l'intérieur des jujubiers (*Ziziphus lotus*) qui constituerait une bonne protection aux jeunes pousses contre les vents et le cheptel [20].

Au niveau de la région de Jerada (site 2) comprenant les Douars de Madmad, Irsan, et Lmdaouar (Commune Ain Lehjer), la localité de Matrouh (Commune Mestegmer), et la cuvette de Guenfouda, le pistachier de l'Atlas se rencontre sous forme de peuplements denses de 80 à 100 pieds/ km<sup>2</sup> sur une superficie de 500 km<sup>2</sup> et une altitude allant de 600 à 1040 m sur un substrat marneux argileux (figure 3B). Les espèces accompagnatrices du pistachier de l'Atlas dans ce site sont *Ziziphus lotus*, *Stipa tenacissima* et *Artemisia herba alba*. Cette espèce occupe essentiellement les lits des Oueds à la recherche de l'humidité dans le sol [21].

Le site 3 présente la plaine de Tafrata à proximité des chaînes montagneuses des Hauts Plateaux du Maroc oriental où se retrouvent les localités d'Ouled Haj, Alouana et Beni Rayess (commune de Sidi Ali Belkassam), et la localité de Beni Khlaftane (commune

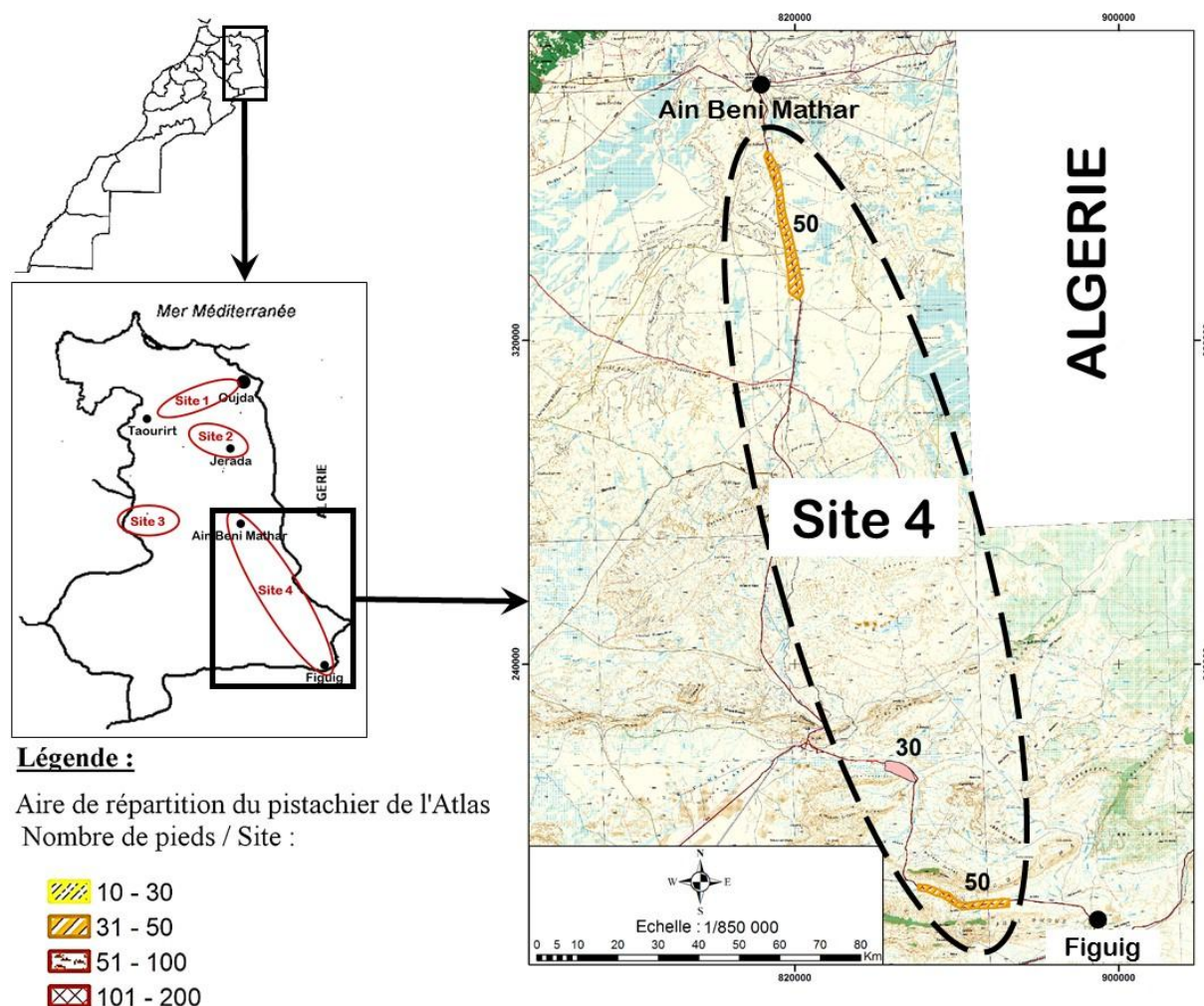
d'El Mahirija). Dans ce site, il est mis en évidence l'existence du peuplement le plus développé et le plus dense du pistachier de l'Atlas dans la région orientale du Maroc, soit approximativement 200 pieds/km<sup>2</sup> sur une superficie 130 km<sup>2</sup>, et une altitude qui varie entre 675 à 1390 m, sur un substrat marneux-argileux (figure 3C). Les pieds du pistachier de l'Atlas dans cette région ont des troncs bien individualisés pouvant atteindre 25 m de hauteur. La préservation du pistachier dans cette zone, dont l'âge approximatif s'approche d'un siècle, revient essentiellement à la croyance des habitants qu'il s'agit d'un arbre sacré. Il est utilisé comme abri pour le bétail contre les fortes chaleurs de l'été. Néanmoins, les pieds présents dans la station d'Alouana sont fortement dégradés à cause de l'utilisation des feuilles pour l'alimentation du bétail pour remédier au manque de pâturage causé par la sécheresse. Dans ce site, le pistachier de l'Atlas est associé à *Ziziphus lotus* et *Asparagus stipularis* au centre de la plaine, et à *Tetraclinis articulata* et *Olea europea* au piémont des montagnes avoisinantes. En effet, le pistachier de l'Atlas est une espèce qui se rencontre dans la plupart des zones semi-arides ou steppiques du Monde en association avec *Ziziphus lotus* et *Pinus halepensis* [22].



**Figure 3.-** Photos des pieds du pistachier de l'Atlas prises sur les différents sites [A: Pieds du pistachier de l'Atlas au niveau de la plaine de Jfira (El Aioun); B: Pieds du pistachier de l'Atlas dans la région de Jerada; C: Peuplement du pistachier de l'Atlas dans la plaine de Tafрата; D: Pieds du pistachier de l'Atlas au niveau du couloir Ain Beni Mathar-Figuig]

La figure 4 montre l'aire de répartition du pistachier de l'Atlas au niveau du site 4 de la région orientale du Maroc.





**Figure 4.-** Carte de l'aire de répartition du pistachier de l'Atlas dans le site 4 de la région orientale du Maroc [13]

Dans ce site qui présente le couloir Ain Beni Mathar-Figuig, à climat saharien, on a constaté la présence de quelques pieds du pistachier de l'Atlas au niveau des dayas et des cours d'eau avec une densité qui varie de 30 à 50 pieds/km<sup>2</sup> sur une superficie de 50 km<sup>2</sup>, à une altitude de 995 à 1295 m sur un substrat sablo-limoneux (figure 3D). Le pistachier de l'Atlas est associée, dans ce site, avec *Ziziphus lotus*, *Asparagus stipularis*, *Arthrophytum scoparium* et *Retama retam*, dans une ambiance bioclimatique qui va de l'aride au saharien. Au niveau des zones désertiques, le pistachier de l'Atlas colonise les petites dépressions et les dayas qui recueillent les eaux de ruissellement et le limon. Ces résultats sont en concordance avec les prospections sur le pistachier de l'Atlas en Algérie [22]. Des cas de régénération du pistachier de l'Atlas ont été observés, dans ce site, au niveau des falaises de montagnes difficilement accessibles qui retiennent l'eau des précipitations ce qui favoriserait la germination des graines. La même constatation a été déjà faite par YAAQOBI (2009) [7].

## Conclusion

La cartographie de l'aire de répartition du pistachier de l'Atlas montre que cette espèce occupe de grandes superficies dans la région orientale du Maroc mais en situation éparse et isolée ou regroupés sous forme d'îlots au niveau des lieux maraboutiques ou des

zones protégées, dans des bioclimats diverses allant du semi-aride au saharien sur différents types de sol. La menace provient principalement du surpâturage, de la pression anthropique ainsi que la sécheresse. Des efforts de préservation et de régénération devraient être déployés dans le but de conserver ce patrimoine forestier dans la région orientale du Maroc.

### Références bibliographiques

- [1].- Fennane M., Ibn Tattou M., Ouyahya A., El Oualidi J., 2007.- Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires, Institut Scientifique, Rabat, 636p.
- [2].- Benhssaini H., Belkhodja M., 2004.- Le pistachier de l'Atlas en Algérie entre la survie et disparition. La feuille et l'aiguille, 54: 1-2.
- [3].- Niazi M. R., Habib G., Siddiqui M. M., 1999.- Nutrient composition and *in-vitro* digestibility of leaves of some wild and cultivated trees of Balochistan (Pakistan) for ruminant livestock. Pakistan Journal of Forestry, 49: 69-74.
- [4].- Harfouche A., Chebouti-Meziou N., Chebouti Y., 2005.- Comportement comparé de quelques provenances algériennes de pistachier de l'Atlas introduites en réserve naturelle de Mergueb (Algérie). Forêt méditerranéenne, 26: 135-142.
- [5].- Kafkas S., Kaska N., 1998.- Suitability of some selected and fast growing *Pistacia atlantica* Desf. types as pistachio nut rootstock. Cahiers Options Méditerranéennes, 33: 185-190.
- [6].- Monasra F., Rovira M., Vargas F.G., Romero M.A., Battle I., Rouskas D., Mendes Gaspar A., 1997.- Caractérisation isoenzymatique de divers espèces du genre *Pistacia* et leurs hybrides : Etude de leur comportement comme porte greffe du pistachier *Pistacia vera* L. Options méditerranéennes, série B, 16: 133-142.
- [7].- Yaaqobi A., 2009.- Etude phytoécologique, écophysiological et valorisation du Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) et du Genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L.) de la région orientale du Maroc. Thèse de doctorat, Université Mohamed Premier, Oujda, Maroc, 207 p.
- [8].- Belhadj S., Derridj A., Auda Y., Gers C., Gauquelin T., 2008.- Analyse de la variabilité morphologique chez huit populations spontanées de *Pistacia atlantica* en Algérie. Canadian Journal of Botany, 86: 520-532.
- [9].- Emberger L., 1939.- Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phytosociologique du Maroc au 1/500000. Veröffentlichungen des Geobotanischen Forschungsinstitutes Rübel in Zürich, 14: 40-157, I.S.C., Rabat).
- [10].- Monjauze A., 1968.- Répartition et écologie de *Pistacia atlantica* Desf. en Algérie. Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord, 56: 1-127.
- [11].- Dahmani W., 2011.- Etude de la variabilité morphologique du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.) dans les zones steppiques de la région de Tiaret. Diplôme

de Magister, Université d'Oran, 165 p.

- [12].- Benradje A., Bouazza M., Boucherit H., 2012.- Diversité floristique du peuplement à *Pistacia atlantica* Desf. dans la région de Béchar (Sud- ouest algérien). *Mediterranea*, 23: 66-89.
- [13].- Faouzi K., 2014.- Contribution à l'étude de la délimitation géographique et de l'optimisation de la production et de la plantation de l'arganier, du caroubier et du pistachier de l'Atlas dans la région orientale du Maroc. Thèse de doctorat, Université Mohamed Premier, Oujda, Maroc, 206 p.
- [14].- Annie C., 2000.- La Technologie du GPS en Agriculture. Fiche technique. Conseil des productions végétales du Québec, 7 p.
- [15].- Bioret F., 1997.- Typologie et cartographie des milieux en tant qu'outil de suivi et d'aide à la gestion des réserves naturelles et des réserves naturelles volontaires. La cartographie pour la gestion des espaces naturels : rencontres internationales, Saint-Etienne, France, 13-17 novembre 1995: 51-62.
- [16].- El Aboudi A., Smiej M. F., Layelmam M., Lacaze B., 2008.- Cartographie de l'occupation du sol et de la densité du couvert arboré dans la région de Tamanar, province d'Essaouira, Maroc. Les XI<sup>èmes</sup> Journées Scientifiques du Réseau Télédétection de l'AUF, 3-7 novembre 2008, Antananarivo, Madagascar: 144-145.
- [17].- Aouragh M., El Mahdad L., El Mousadik A., Msanda F., Defaa C., El Aboudi A., 2013.- Cartographie de l'occupation du sol dans la commune de Temsia à partir des images de télédétection à haute résolution spatiale. Congrès international de l'arganier, 9-11 Décembre 2013, Agadir, Maroc, Pp. 19.
- [18].- Faouzi K., Rharrabti Y., Boukroute A., Mahyou H., Berrichi A., 2014.- Délimitation de l'aire de l'arganier dans les Beni-snassen occidentaux de la région orientale du Maroc. 2<sup>ème</sup> Edition du Colloque International des utilisateurs des SIG, 20-21 Novembre 2014, Meknès, Maroc: 693-697.
- [19].- Faouzi K., Rharrabti Y., Boukroute A., Mahyou H., Berrichi A., 2015.- Cartographie de l'aire de répartition de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) dans la région orientale du Maroc par le G.P.S. combiné au S.I.G. *Nature et Technology*, 12: 16-24.
- [20].- Belhadj S. 1999.- Les pistacheraies algériennes: Etat actuel et dégradation. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 56: 107-109.
- [21].- Daget Ph., Godron M., 1974.- Vocabulaire d'écologie. Ed. Hachette, Paris, 273 p.
- [22].- Monjauze A., 1980.- Connaissance du «Bétoum» *Pistacia atlantica*. Desf. *Revue forestière française*, 32: 356-363.

## VARIATIONS TEXTURALES ET CHIMIQUES AUTOUR DES TOUFFES D'*Hyphaene thebaica* (MART) DES SOLS DANS LA REGION DE MARADI (NIGER)

DAN LAMSO Nomaou<sup>1</sup>, GUERO Yadji<sup>1</sup>, TANKARI DAN-BADJO Abdourahmane<sup>1\*</sup>, RABAH Lamar<sup>2</sup>, ANDRE Bationo Babou<sup>3</sup>, PATRICE Djamen<sup>4</sup>, TIDJANI Adamou Didier<sup>1</sup>, ADO MAMAN Nassirou<sup>1</sup>, AMBOUTA JEAN MARIE Karimou<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup>Département Sciences du sol, Faculté d'Agronomie de Niamey  
Université Abdou Moumouni de Niamey, Niamey, Niger

<sup>(2)</sup>Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, France

<sup>(3)</sup>Institut de l'Environnement et Recherches Agricoles (INERA), Ouagadougou, Burkina Faso

<sup>(4)</sup>African Conservation Tillage Initiative (ACT), Ouagadougou, Burkina Faso

E-mail: [tankari@yahoo.fr](mailto:tankari@yahoo.fr)

**Résumé.-** La région de Maradi est l'une des zones agricoles du Niger où la pression anthropique sur les sols est très forte, engendrant leur épuisement généralisé. Dans le Goulbi N'kaba, particulièrement dans le terroir d'El Guéza, les paysans ont adopté l'agroforesterie dans le système d'exploitation agricole pour faire face à la baisse de fertilité de sols et la perte du couvert végétal. Ainsi, *Hyphaene thebaica*, très répandu dans ce terroir, est une des essences agroforestières que les paysans ont intégrée dans leur système d'exploitation agricole vu son potentiel socio-économique et écologique. La présente étude porte sur l'influence des touffes d'*Hyphaene thebaica* sur la fertilité des sols dans le terroir d'El Guéza. Ainsi, un dispositif en blocs randomisés complet avec trois répétitions des touffes, a été utilisé en plein champ. Des prélèvements des sols ont été effectués autour des touffes selon les points cardinaux, les distances 0, 50, 100, 150 et 200 cm de la touffe et la profondeur du sol (0 -10 ; 10 -20, 20 -30 et 30 -40 cm). Il ressort de cette étude que la fertilité des sols en présence de la touffe d'*Hyphaene thebaica*, s'améliore significativement. En effet, les teneurs en matières organiques, en bases échangeables, en phosphore ainsi que le pH et la CEC diminuent significativement au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la touffe. Ces teneurs sont significativement plus importantes sur les côtés Est et Ouest, directions principales de l'harmattan et de la mousson, que sur les côtés Nord et Sud de la touffe. L'amélioration des paramètres physico-chimiques des sols en présence des touffes d'*Hyphaene thebaica*, est due essentiellement au rôle que joue cette espèce végétale dans l'enrichissement des sols en matières organiques et en éléments minéraux à travers la litière de ses palmes et le piégeage des particules transportées par le vent.

**Mots clés:** Touffes, *Hyphaene thebaica*, paramètres physico-chimiques des sols, El Guéza, Maradi.

## TEXTURAL AND CHEMICAL VARIATIONS AROUND *Hyphaene thebaica* (MART) TUFTS OF SOILS IN MARADI REGION (NIGER)

**Abstract.-** Maradi region is one of the agricultural areas of the Niger, where the anthropogenic pressure on land is very high, resulting in their depletion generalized. In the Goulbi N'kaba, particularly in the region of El Gueza, farmers have adopted agroforestry in the cropping system to cope with the declining fertility of the soil, and the loss of vegetation cover. Thus, *Hyphaene thebaica*, very prevalent in this region, is one of the species in agroforestry systems that these farmers have integrated it into their system of farming, given its socio-economic and ecological potential. The present study focuses on the influence of *Hyphaene thebaica* tufts on the soils fertility in the land of El Gueza. Thus, a device in blocks randomized complete with three repetitions of the tufts, has been used. Samples of the soil have been carried out around the tufts according to the cardinal points, the distances of 0, 50, 100, 150 and 200 cm of the tufts and the soil depth (0 -10 ; 10 -20, 20 -30 and 30 -40 cm). It is clear from this study that the soil fertility in the presence of the tuft of *Hyphaene thebaica* is significantly improved. In effect, the organic matter content, exchangeable bases, phosphorus, as well as the pH and CEC decreases significantly as one moves away from the

*tufts. These levels are significantly greater in the East and West sides, the main directions of the harmattan and monsoon, as in the North and South sides of the tuft. This significant improvement of the physico-chemical parameters of soils in the presence of Hyphaene thebaica is mainly due to the role of this species in the enrichment of soil organic matter and mineral elements through the litter of his palms and the trapping of the particles carried by the wind.*

**Key words:** Tufts, *Hyphaene thebaica*, physico-chemical parameters of the soils, El Gueza, Maradi.

## Introduction

Dans les zones arides et semi-arides, les problèmes de dégradation des terres se posent avec acuité, et engendrent une baisse de la fertilité des terres agricoles [1,2]. Pour restaurer ces terres et améliorer leur fertilité, outre les techniques classiques de conservation des eaux et des sols telles que les cordons pierreux, le zaï, et les demi-lunes, par exemple, des espèces végétales notamment les espèces ligneuses sont aussi utilisées [3].

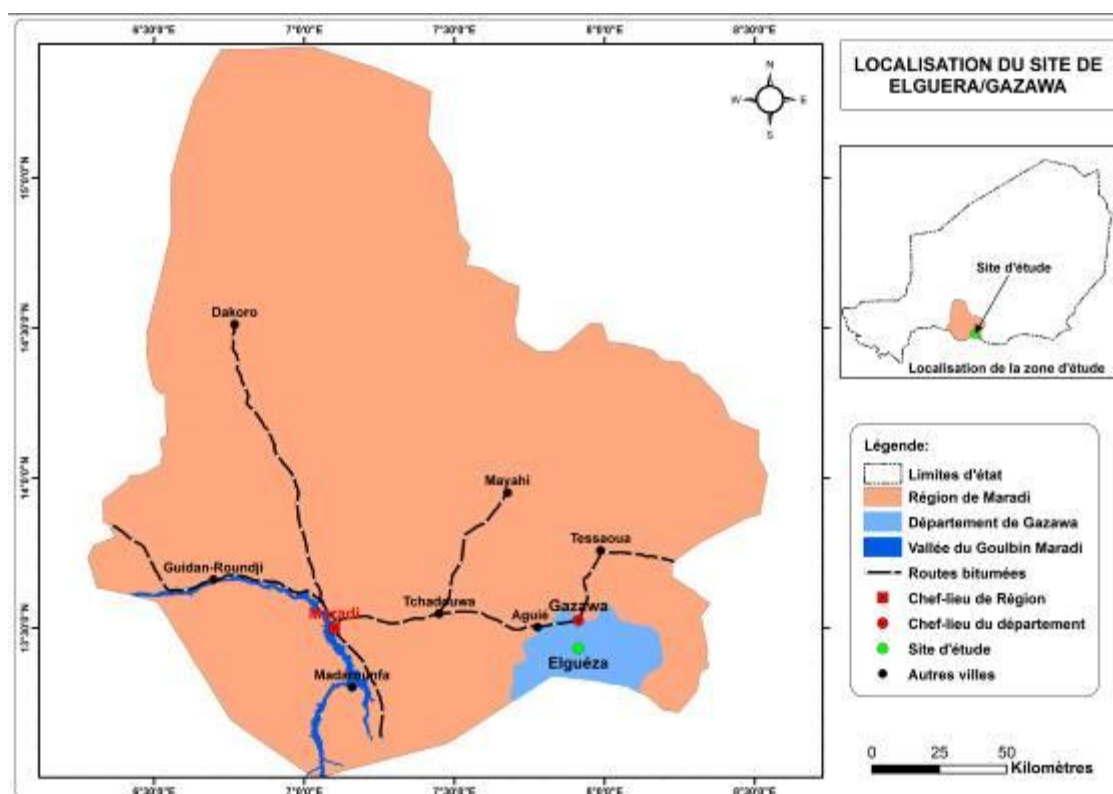
Au Niger, l'agriculture en régime pluvial est marquée par une forte utilisation de la matière organique comme fertilisant [3,4,6]. Il s'agit du fumier, des ordures ménagères et autres déchets pour les champs de case proches des habitations constituant la première auréole de fertilité et sans arbustes [7]. Par contre dans les champs éloignés de ces habitations, communément appelés champs de brousse [8] les apports précédents sont négligeables mais les rejets des souches coupés lors de la préparation des champs en fin de saison sèche (mars-avril) et au cours de la campagne agricole, constituent les principales sources de matière organique [9]. Ces rejets luttent contre l'érosion éolienne pendant la saison sèche alors que le sol est nu [3; 10]. Certes des travaux de recherche ont porté sur l'influence des arbres sur le sol. C'est le cas de *Faidherbia albida* [11,12], *Hyphaene thebaica* [13], *Boracus aethiopum* [14], et *Acacia senegal* [15]. Cependant, la contribution des effets de rejets de souches à l'amélioration de la fertilité des sols est très peu abordée [13]. Parmi ces souches, celles d'*Hyphaene thebaica* (palmier doum) semblent présenter des potentialités fertilisantes intéressantes. En effet, le palmier doum est très répandu dans la région de Maradi notamment dans le Goulbi N'Kaba, où il s'est imposé comme espèce agroforestière très appréciée par les paysans. C'est dans ce cadre et pour une meilleure compréhension des interactions entre arbustes et sols et afin d'améliorer la durabilité du système, qu'il a été entrepris cette étude sur l'influence des touffes d'*Hyphaene thebaica* laissées par les producteurs dans leurs champs, sur la fertilité des sols du terroir villageois d'El Guéza dans le département de Gazaoua. Les objectifs de ce travail sont de: (1) déterminer la place de l'arbuste *Hyphaene thebaica* dans ce terroir, et (2) étudier son influence sur le sol à travers l'étude de quelques paramètres physico-chimiques (texture, pH, matière organique, phosphore, bases échangeables, capacité d'échange cationique).

## 1.- Matériel et Méthodes

### 1.1.- Présentation et choix du site d'étude

L'étude s'est déroulée dans le terroir du village de El Guéza situé à 12 km au Sud de Gazaoua, chef lieu de département (fig. 1).





**Figure 1.-** Localisation du site d'El Guéza

A l'instar de la région de Maradi, le climat de ce terroir est de type sahélien avec une pluviométrie annuelle comprise entre 400 et 650 mm. L'agriculture pluviale constitue la principale activité socio-économique des populations. Les cultures dominantes sont le mil, le sorgho, le niébé et l'arachide et secondairement le sésame, le voandzou et l'oseille. Cependant, cette activité connaît plusieurs contraintes notamment la baisse de la fertilité des sols, une crise foncière agricole, l'insuffisance et l'irrégularité des pluies et des pressions parasitaires. Il est noté aussi une très faible mécanisation de l'agriculture et un faible accès aux autres intrants agricoles.

Les sols du terroir sont dominés par les sols ferrugineux tropicaux développés d'une part sur du sable et d'autre part sur des placages argilo-sableux. Ces sols sont appelés respectivement «Jigawa» et «Guéza» [4]. Le couvert végétal du terroir est composé de *Faidherbia Albida*, *Prosopis africana*, *Hyphaene Thaibeca*, *Piliostigma reticulatum*.

Le choix du terroir de El Guéza a été fait selon les critères suivants: densité de *Hyphaene thebaica*, parcelles d'étude non loin du village et devant représenter le système de culture dominant du terroir. A cet effet, un champ présentant une densité de 204 touffes/ha d'*Hyphaene* et cultivé selon une association mil-sorgho-niébé, a été choisi.

## 1.2.- Matériel végétal

*Hyphaene thebaica* est une espèce de la famille des Arecaceae, de la tribu des *Borasseae*, du genre *Hyphaene*, espèce *Hyphaene thebaica*, caractérisée par un stipe annelé en forme d'Y rappelant son architecture apparentée au modèle de schoute, c'est-à-dire les arbres à ramification dichotomique [13]. *Hyphaene thebaica* est une espèce à croissance

très lente [16]: une première fructification n'a lieu qu'après 6 à 8 ans et l'âge de la révolution est de 60 à 80 ans, avec apparition d'un renflement à partir de la 25<sup>ème</sup> année. Le peuplement d'*Hyphaene thebaica* se rencontre dans les steppes et les fourrés sahéliens et soudano-sahélien sur les sols sableux à pH basique ou neutre, dans les bas fonds inondables et autour des villages dans les dépressions sableuses [17]. Au Niger, *Hyphaene thebaica* se rencontre dans les dallols, les goulbis et dans la vallée du fleuve où il forme des parcs agroforestiers [18]. C'est une espèce thermophile qui supporte des températures moyennes annuelles élevées (> 30° C) et des déficits de saturation très élevés. Dans les zones à faibles précipitations (< 30 mm), sa localisation se limite aux sites possédant une nappe phréatique sub-affleurante [19]. La caractérisation du peuplement d'*Hyphaene thebaica* dans le terroir de El Guéza a été faite à partir des observations de terrain.

### **1.3.- Enquête**

Il s'agit d'une enquête individuelle réalisée à base d'un questionnaire semi-ouvert adressé aux paysans. Les questions sont relatives au rôle et à l'importance écologique et socio-économique de palmier doum, son mode de gestion (Régénération Naturelle Assistée: RNA, paillis issu du recepage....) ainsi que la dynamique du peuplement. Ainsi, 15 paysans ont été questionnés dont 5 paysans les plus âgés du village, 5 paysans artisans qui utilisent les palmes et 5 paysans ayant de nombreux plants de RNA d'*Hyphaene thebaica* dans leurs champs. Les paysans sont rencontrés dans leur champ ou au village.

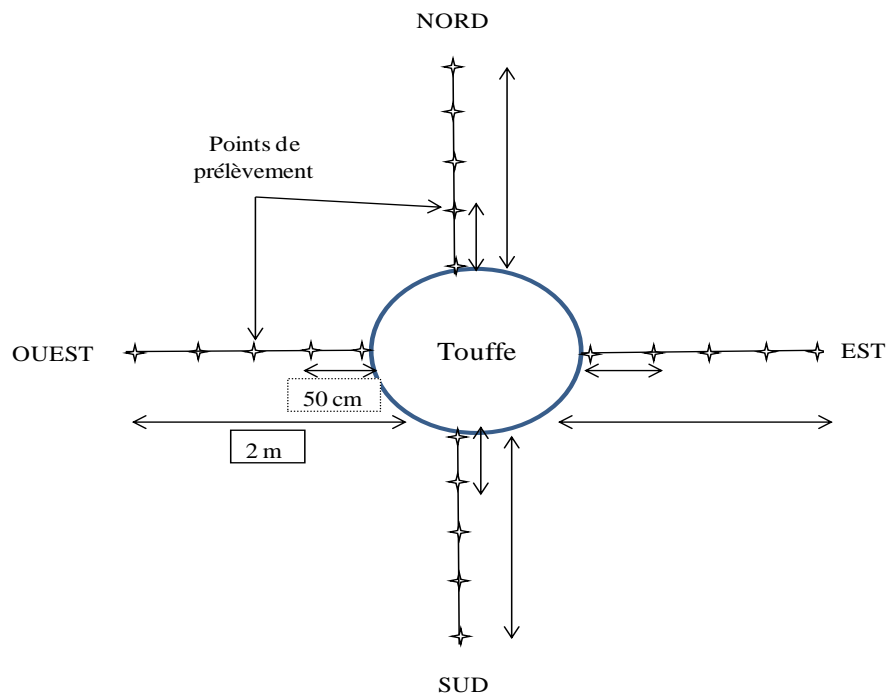
### **1.4.- Dispositif d'étude**

Il s'agit d'un dispositif en blocs randomisés complet avec trois répétitions des touffes de *Hyphaene thebaica*. Le choix de la touffe (belou) s'est porté sur son isolement par rapport à une autre touffe et/ou un autre ligneux. Ainsi, les trois (3) touffes choisies sont distantes l'une de l'autre d'au moins 50 m. Pour prélever les échantillons au niveau d'une touffe, il a été déterminé d'abord la limite de la touffe selon les quatre (4) côtés (Est, Ouest, Nord et Sud); ensuite l'échantillonnage s'est effectué latéralement tous les 50 cm à partir de la limite de la touffe jusqu'à une distance de 2 m conformément au dispositif de la figure 2.

Comme il se remarque, chaque coté de la touffe porte 5 points de prélèvements et l'échantillonnage s'effectue sur quatre (4) profondeurs: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm et 30-40 cm par point. Il a été prélevé 20 échantillons des sols de chaque côté, soit 80 échantillons par touffe. Avec les trois répétitions des touffes, 240 échantillons de sols ont été prélevés. Ces échantillons de sols ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques au laboratoire du département science du sol de la Faculté d'Agronomie de l'université Abdou Moumouni de Niamey (Niger).

### **1.5.- Analyse physico-chimiques**

Après séchage des échantillons à l'air ambiant au laboratoire, de leur broyage et de leur tamisage à 2 mm, les méthodes d'analyses physicochimiques des sols résumées dans le tableau I ont été utilisées [19].



**Figure 2.-** Dispositif de prélèvement de sol autour de la touffe d'*Hyphaene thebaica*

**Tableau I.-** Méthodes d'analyses des sols utilisées [19].

Paramètres	Méthodes
Ph	pH-mètre avec rapport sol/eau 1/2,5
Granulométrie (6 fractions)	Pipette Robinson/tamisage après oxydation de la matière organique avec l'eau oxygénée
Carbone organique	Méthode Walkley et Black (1934)
Azote total	Kjeldahl
Phosphore	Bray I
CEC et bases échangeables	Méthode d'acétate d'ammonium pH = 7

Les différents modes opératoires sont sous forme de recueil au laboratoire de pédologie de la faculté d'agronomie de l'université Abdou Moumouni de Niamey.

### 1.6.- Analyse statistique des données

Les données d'analyses physico-chimiques des échantillons du sol ont été traitées avec le logiciel GenSTAT. Ainsi, les données obtenues ont été soumises à une analyse de variance pour identifier la présence ou non de différences significatives (au seuil de 5% de probabilité) pour les différents paramètres physico-chimiques selon la distance à la touffe, les points cardinaux, et la profondeur du sol. En présence de différences significatives, le test de Student Newman Keuls (au seuil de 5%) a été effectué pour identifier les traitements significativement différents selon la variable considérée.



## 2.- Résultats et discussion

### 2.1.- *Hyphaene thebaica* dans le terroir d'El Guéza

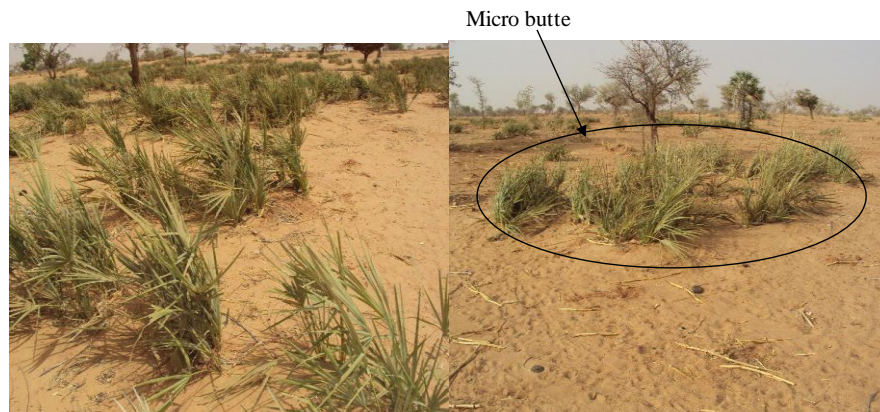
#### 2.1.1.- Densité d'*Hyphaene thebaica*

Le tableau II donne les densités des touffes de *Hyphaene thebaica* relevées au cours de la présente étude dans le terroir d'El Guéza.

**Tableau II.-** Densité de *Hyphaene thebaica* dans le terroir d'El Guéza

Densité	Touffes / ha
Forte	467
Moyenne	267
Faible	125
Moyenne du terroir	286
Ecart type	172

L'analyse du tableau II montre que la densité moyenne des touffes par hectare du terroir d'El Guéza est de 286. Ce résultat est assez proche de ceux trouvés par HAROUNA (2005) et la direction départementale de l'environnement d'Aguié qui sont respectivement de 280 [20] et 300 touffes/ha. Par contre, ce résultat est nettement inférieur à celui de PELTIER et *al.* (2008) qui ont dénombré 1600 rejets/ha en zone agricole et 1850 rejets/ha en zone pastorale dans le Goulbi N'Kaba [10]. Cette dernière observation traduirait une dégradation qu'a connue l'espèce. Actuellement, il y a une forte tendance au repeuplement par la technique de régénération naturelle assistée (RNA) appliquée par les paysans. Certains paysans effectuent le semi direct dans leurs champs avec malheureusement un taux de germination très faible. La technique de plantation directe des plants d'*Hyphaene thebaica* par éclat de souche est en expérimentation dans le terroir. La figure 2 présente des touffes d'*Hyphaene thebaica* dans le terroir.



**Figure 2.-** Touffes d'*Hyphaene thebaica* dans le terroir d'El Guéza

#### 2.1.2.- Rôles d'*Hyphaene thebaica*

L'arrêt des transports éoliens par la touffe forme une micro-butte d'allure fusiforme (fig. 2). Le rectangle circonscrit dans cette forme de la touffe présente en moyenne 9,70 m de longueur et 7,80 m de largeur. La différence de niveau entre la partie sommitale de la

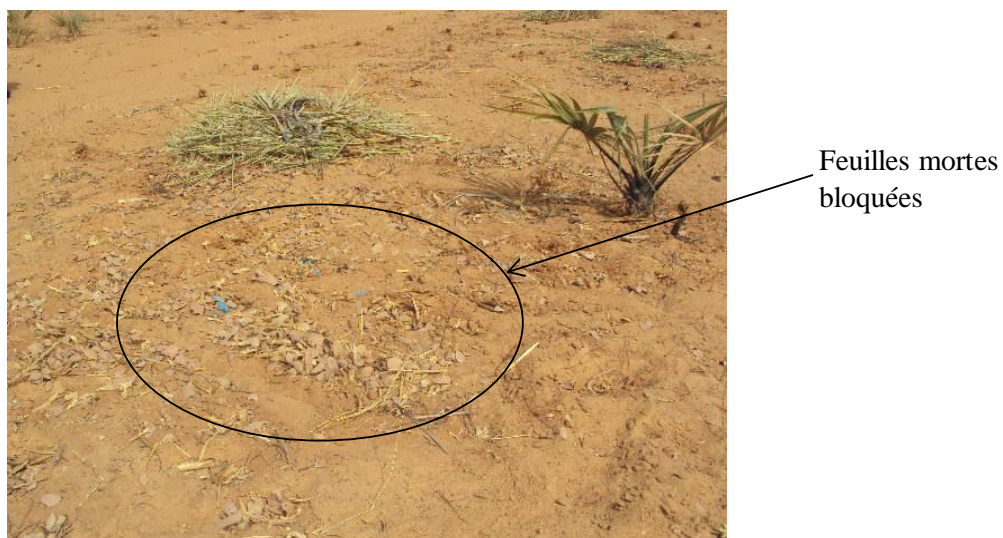
butte et la surface plane du champ varie de 15 à 40 cm selon la taille de la micro-butte. Le volume moyen estimé de l'accumulation de sédiments éoliens arrêtés par les rejets du palmier doum est de 26,30 m<sup>3</sup>.

Au vu des densités d'*Hyphaene thebaïca* et des volumes des sédiments éoliens arrêtés, cette espèce joue un rôle considérable contre l'érosion éolienne en bloquant les mouvements des particules par saltation et reptation. Les feuilles d'*Hyphaene thebaïca* fixent aussi les poussières issues des brumes sèches (fig. 3) [21, 22].



**Figure 3.-** Poussière piégée par les palmes d'*Hyphaene thebaïca*

En plus des sédiments éoliens, les touffes d'*Hyphaene thebaïca* bloquent temporairement les feuilles mortes des autres espèces transportées par les vents. En effet, la coupe des touffes avant l'installation des pluies, resoumet cette matière organique aux transports éoliens surtout les tornades de début de saison des pluies (fig. 4).



**Figure 4.-** Feuilles mortes de *Piliostigma reticulatum* bloquées par une touffe d'*Hyphaene thebaïca* et exposées aux transports éoliens après coupe



A l'approche de la saison des pluies, les paysans organisent la coupe des rejets d'*Hyphaene thebaica* lors de la préparation des champs. Cette 1<sup>ère</sup> coupe s'effectue le plus souvent pendant le mois d'Avril ou Mai voire Juin. Dès cette coupe, deux à trois rejets par touffes sont laissés et entretenus et donneront des pieds adultes. Les souches vont rejeter et assurer la protection des jeunes pousses des cultures de mil contre l'ensevelissement par les apports éoliens. La deuxième coupe de rejet est opérée entre Juillet et Août pendant que les cultures sont au stade de tallage ou montaison. Ce qui permet de réduire la compétition vis à vis de la lumière et de l'eau entre l'espèce et les cultures.

La biomasse issue des coupes est soit éparpillée, soit mise en tas sur des parties moins fertiles mais rarement brûlée. Il est estimé une production de 6,60 Kg de biomasse sèche par touffe et avec la densité moyenne de 286 touffes / ha, on a une production moyenne annuelle de 3,80 t / ha (1,91 t / ha x 2 coupes). Ainsi, la biomasse déposée au sol va se décomposer pour contribuer à l'apport des éléments minéraux. La figure 5 montre l'utilisation de la biomasse d'*Hyphaene thebaica* dans les champs.



Mise en tas des palmes dans le champ

Palmes en état de décomposition dans le champ

**Figure 5.-** Utilisation de la biomasse d'*Hyphaene thebaica* dans les champs

En plus de ses rôles dans le piégeage de sédiments et comme substrat organique dans le terroir de El Guéza [23], les populations utilisent toutes les autres parties de cette plante pour diverses activités. Ainsi, les palmes sont utilisées comme fourrages des animaux surtout en période de soudure, pour confectionner des nattes, des chapeaux, des vans, des cordes. Le bois est également utilisé dans la construction.

## 2.2.- Variabilité des paramètres physico-chimiques du sol autour des touffes

Dans la présente étude, les paramètres considérés sont: la granulométrie, le pH, la matière organique (C et N), le phosphore, les bases échangeables et la capacité d'échange cationique (CEC).

### 2.2.1.- Distribution granulométrique

L'analyse de variance des différentes fractions granulométriques donne les résultats consignés dans le tableau III.

**Tableau III.-** Analyse de variance des différentes fractions granulométriques des sols  
(Les moyennes affectées par la même lettre sur la même ligne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%)

Source de variance	Les moyennes selon les distances					Fpr (5%)	Ppds (5%)
	0 cm	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm		
Argile	7,56 <sup>c</sup>	7,40 <sup>d</sup>	7,25 <sup>c</sup>	7,11 <sup>b</sup>	7,04 <sup>a</sup>	<0,001	0,06072
Limon	13,98 <sup>b</sup>	14,12 <sup>b</sup>	14,09 <sup>b</sup>	13,83 <sup>a</sup>	13,98 <sup>b</sup>	<0,001	0,1363
Sable	78,47 <sup>a</sup>	78,48 <sup>a</sup>	78,66 <sup>b</sup>	79,05 <sup>c</sup>	78,98 <sup>c</sup>	<0,001	0,1535
Les moyennes selon les directions							
	Est	Ouest	Nord	Sud		Fpr (5%)	Ppds (5%)
Argile	8,11 <sup>d</sup>	7,44 <sup>c</sup>	6,54 <sup>a</sup>	6,99 <sup>b</sup>		<0,001	0,05431
Limon	14,50 <sup>c</sup>	14,02 <sup>b</sup>	13,80 <sup>a</sup>	13,69 <sup>a</sup>		<0,001	0,1219
Sable	77,39 <sup>a</sup>	78,55 <sup>b</sup>	79,77 <sup>d</sup>	79,21 <sup>c</sup>		<0,001	0,1373
Les moyennes selon les profondeurs							
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm		Fpr (5%)	Ppds (5%)
Argile	7,32 <sup>b</sup>	7,28 <sup>b</sup>	7,26 <sup>ab</sup>	7,22 <sup>a</sup>		0,008	0,05431
Limon	13,89 <sup>b</sup>	14,19 <sup>c</sup>	14,25 <sup>c</sup>	13,67 <sup>a</sup>		<0,001	0,1219
Sable	78,80 <sup>b</sup>	78,53 <sup>a</sup>	78,49 <sup>a</sup>	79,10 <sup>c</sup>		0,008	0,1373

Il ressort du tableau III que les teneurs moyennes en argile, en limon et en sable varient respectivement de 6,54 à 8,11%, de 13,67 à 14,5 % et de 77,39 à 79,77%. Les analyses statistiques montrent des différences hautement significatives au seuil de 5% pour les trois fractions granulométriques selon les profondeurs, les points cardinaux et les distances. En effet, la teneur en argile des sols diminue significativement avec l'augmentation de la distance à la touffe d'*Hyphaene thebaica*) alors que celle de sable augmente avec la distance. Le piégeage des particules fines par la touffe d'*Hyphaene thebaica* explique cette distribution aux alentours de la touffe [10]. Une autre étude [24] révèle que les touffes de *Piliostigma. reticulatum* amélioreraient les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol environnant.

En outre, les teneurs en argile et en limon au niveau des cotés Est et Ouest de la touffe sont significativement plus importantes que celles des cotés Nord et Sud. Ce qui s'explique par les apports spécifiques en particules fines de l'harmattan et de la mousson [25]. En effet, les cotés Est et Ouest de la touffe, directions principales de l'harmattan et de la mousson, bénéficient davantage de ce piégeage. Donc, ces résultats montrent l'importance de ces vents dans la distribution granulométrique des sols en présence de touffe d'*Hyphaene thebaica*. Ainsi, la touffe piège les éléments fins (argiles et limons) transportés par le vent. Par conséquent, *Hyphaene thebaica* au stade touffe exerce une influence sur la texture des sols en augmentant les fractions fines du sol (argile et limon) surtout dans les coté Est et Ouest.

### 2.2.2.- Le pH

En se référant au tableau IV, les valeurs du pH indiquent des sols acides légèrement acides, variant de 5,8 à 6,2. Le pH décroît avec les distances. Il est plus acide sur la direction Est et non significativement variable avec la profondeur.

**Tableau IV.-** Analyse de variance des valeurs du pH des sols  
(Les moyennes affectées par la même lettre et sur la même ligne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%)

Source de variance	Les moyennes selon les distances					Fpr (5%)	ppds (5%)
	0 cm	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm		
pH	6,2 <sup>b</sup>	6,0 <sup>ab</sup>	6,0 <sup>ab</sup>	5,9 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>	0,006	0,1941
Les moyennes selon les directions							
	Est	Ouest	Nord	Sud	Fpr (5%)	ppds (5%)	
pH	5,8 <sup>a</sup>	6,0 <sup>b</sup>	6,1 <sup>b</sup>	6,1 <sup>b</sup>	0,008	0,1736	
Les moyennes selon les profondeurs							
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	Fpr (5%)	ppds (5%)	
pH	6,1 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>	6,0 <sup>a</sup>	0,329	0,1736	

Cette acidité des sols en général pourrait s'expliquer par leur forte exploitation sans restitution conséquente de matière organique (à l'exception des contributions des touffes). Les faibles valeurs du pH trouvées du côté Est des touffes sont probablement liés au transport des particules fines sous l'action des vents qui laissent sur place que les éléments grossiers. L'absence de différence significative du pH entre les différentes profondeurs serait due au fait que l'épaisseur 0-40 cm correspond à la zone de forte influence racinaire donc de prélèvement d'éléments minéraux.

### 2.2.3.- La matière organique

Le tableau V affiche l'analyse de variance des teneurs en carbone organique et en azote total des sols.

**Tableau V.-** Analyse de variance des teneurs en carbone organique et en azote total des sols (Les moyennes affectées par la même lettre et sur la même ligne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%)

Source de variance	Les moyennes selon les distances					Fpr (5%)	ppds (5%)
	0 cm	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm		
C <sub>org</sub> (%)	0,208 <sup>a</sup>	0,258 <sup>b</sup>	0,278 <sup>d</sup>	0,261 <sup>c</sup>	0,259 <sup>c</sup>	<0,001	0,00063
N <sub>total</sub> (%)	0,017 <sup>a</sup>	0,022 <sup>b</sup>	0,024 <sup>d</sup>	0,023 <sup>c</sup>	0,022 <sup>c</sup>	<0,001	0,00053
Les moyennes selon les directions							
	Est	Ouest	Nord	Sud	Fpr (5%)	ppds (5%)	
C <sub>org</sub> (%)	0,295 <sup>d</sup>	0,239 <sup>c</sup>	0,220 <sup>a</sup>	0,256 <sup>b</sup>	<0,001	<0,00056	
N <sub>total</sub> (%)	0,025 <sup>d</sup>	0,021 <sup>b</sup>	0,018 <sup>a</sup>	0,022 <sup>c</sup>	<0,001	0,00047	
Les moyennes selon les profondeurs							
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	Fpr (5%)	ppds (5%)	
C <sub>org</sub> (%)	0,255 <sup>c</sup>	0,294 <sup>d</sup>	0,250 <sup>b</sup>	0,212 <sup>a</sup>	<0,001	0,00056	
N <sub>total</sub> (%)	0,022 <sup>c</sup>	0,026 <sup>d</sup>	0,021 <sup>b</sup>	0,018 <sup>a</sup>	<0,001	0,00106	

L'analyse statistique des différentes valeurs de carbone organique montre des différences significatives au seuil de 5% quelque soit la modalité de comparaison. En effet, les teneurs en carbone organique varient de 0,21 à 0,30 % soit 0,36 à 0,55 % de matière organique. Il s'agit alors des teneurs faibles mais supérieures aux valeurs rencontrées dans les sols cultivés en mil (0,30 %)[5; 6]. Lorsqu'on considère les variations selon les distances, il est constaté que le meilleur taux est obtenu à 1 m des pieds des touffes et puis diminue. Les mêmes résultats ont été obtenus au pied d'*Hyphaene thebaica* adulte [13]. Le profil de carbone organique affiche la meilleure valeur à 20 cm et puis décroît. Les variations des teneurs en azote sont semblables à celles du carbone organique. L'analyse statistique indique les mêmes différences significatives. Le C/N varie de 11,5 à 12 sur l'ensemble des mesures et indiquerait une matière organique minéralisée. Les teneurs en carbone et en azote selon les directions des vents dominants montrent la prédominance des directions Est et Ouest. Comme pour le transport des particules fines, les vents jouent aussi un rôle important dans l'apport en matières organiques. En effet, les flux éoliens peuvent apporter au sol une quantité totale de 104 et 13 kg / ha respectivement pour le carbone organique et l'azote total [25]. Ces dépôts peuvent contribuer à hauteur de 4% de la quantité totale de carbone organique et de l'azote total présents dans les dix premiers centimètres du sol en une année. Ce rôle d'amélioration des teneurs de certains paramètres chimiques par les arbustes en général, a été aussi mis en évidence dans plusieurs travaux [26 ; 27].

#### 2.2.4.- Les phosphores total et assimilable

L'analyse statistique des phosphores total et assimilable est consignée dans le tableau VI.

**Tableau VI.-** Analyse de variance des teneurs en phosphores total et assimilable des sols (Les moyennes affectées par la même lettre et sur la même ligne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.)

Source de variance	Les moyennes selon les distances					Fpr (5%)	ppds (5%)
	0 cm	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm		
P <sub>total</sub> (ppm)	108,3 <sup>d</sup>	94,60 <sup>a</sup>	99,90 <sup>c</sup>	100,60 <sup>c</sup>	96,70 <sup>b</sup>	<0,001	1,148
P <sub>ass</sub> (ppm)	83,3 <sup>d</sup>	73,24 <sup>a</sup>	77,48 <sup>c</sup>	78,05 <sup>c</sup>	74,94 <sup>b</sup>	<0,001	0,774
Les moyennes selon les directions							
	Est	Ouest	Nord	Sud		Fpr (5%)	ppds (5%)
P <sub>total</sub> (ppm)	105,00 <sup>b</sup>	109,70 <sup>c</sup>	92,60 <sup>a</sup>	92,80 <sup>a</sup>		<0,001	1,027
P <sub>ass</sub> (ppm)	81,50 <sup>b</sup>	85,42 <sup>c</sup>	71,51 <sup>a</sup>	71,17 <sup>a</sup>		<0,001	0,693
Les moyennes selon les profondeurs							
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm		Fpr (5%)	ppds (5%)
P <sub>total</sub> (ppm)	98,90 <sup>b</sup>	105,00 <sup>d</sup>	102,60 <sup>c</sup>	93,50 <sup>a</sup>		<0,001	1,027
P <sub>ass</sub> (ppm)	76,59 <sup>b</sup>	81,57 <sup>d</sup>	79,48 <sup>c</sup>	71,98 <sup>a</sup>		<0,001	0,693

Dans l'ensemble les concentrations en phosphore total sont bonnes. Du tableau VI, relève aussi que ces teneurs selon les distances et les profondeurs sont statistiquement différentes avec les plus fortes valeurs obtenues au pied de la touffe. Les meilleures concentrations en profondeur se situent entre 20 et 30 cm. En considérant, les directions

des vents dominants, les teneurs selon les directions Nord-Sud sont homogènes mais statistiquement différentes des directions Est-Ouest qui sont par ailleurs les plus élevées [26].

Concernant les teneurs en phosphore assimilable, elles sont acceptables quelque soit la modalité considérée (tableau VI). Les résultats de l'analyse statistique du phosphore assimilable épousent les mêmes tendances que celle du phosphore total.

### 2.2.5.- Les bases échangeables

Compte tenu de très faibles valeurs du Na dans les sols (à l'état de traces), seules les trois principales bases (Ca, Mg, K) ont été considérées. Le tableau VII récapitule les teneurs moyennes de ces dernières en fonction de la distance à la touffe, la direction et la profondeur du sol.

**Tableau VII.-** Analyse des variances des teneurs en bases échangeables des sols autour des touffes (Les moyennes affectées par la même lettre et sur la même ligne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.)

Source des variances	Les moyennes selon les distances					Fpr (5%)	Ppds (5%)
	0cm	50cm	100cm	150cm	200cm		
Ca (meq/100g)	6,09 <sup>d</sup>	5,12 <sup>c</sup>	4,85 <sup>b</sup>	4,94 <sup>b</sup>	4,67 <sup>a</sup>	<0,001	0,1432
Mg (meq/100g)	4,05 <sup>d</sup>	3,96 <sup>c</sup>	3,74 <sup>b</sup>	3,49 <sup>a</sup>	3,73 <sup>b</sup>	<0,001	0,0853
K (meq/100g)	0,121 <sup>c</sup>	0,116 <sup>c</sup>	0,106 <sup>b</sup>	0,123 <sup>bc</sup>	0,095 <sup>a</sup>	<0,001	0,01247
Les moyennes selon les cotés							
	Est	Ouest	Nord	Sud	Fpr (5%)	Ppds (5%)	
Ca(meq/100g)	5,09 <sup>ab</sup>	5,05 <sup>a</sup>	5,20 <sup>b</sup>	5,21 <sup>b</sup>	0,027	0,1281	
Mg(meq/100g)	3,89 <sup>c</sup>	3,99 <sup>d</sup>	3,77 <sup>b</sup>	3,53 <sup>a</sup>	<0,001	0,0763	
K(meq/100g)	0,117 <sup>a</sup>	0,115 <sup>a</sup>	0,110 <sup>a</sup>	0,108 <sup>a</sup>	0,401	0,01115	
Les moyennes selon les profondeurs							
	10cm	20cm	30cm	40cm	Fpr (5%)	Ppds (5%)	
Ca (meq/100g)	5,10 <sup>ab</sup>	5,20 <sup>bc</sup>	5,25 <sup>c</sup>	4,99 <sup>a</sup>	<0,001	0,1281	
Mg (meq/100g)	3,77 <sup>b</sup>	3,90 <sup>c</sup>	3,83 <sup>bc</sup>	3,67 <sup>a</sup>	<0,001	0,0763	
K (meq/100g)	0,125 <sup>b</sup>	0,110 <sup>a</sup>	0,105 <sup>a</sup>	0,110 <sup>a</sup>	0,005	0,01115	

Les teneurs en Ca, Mg et K varient respectivement de 4 à 6 meq/100g, de 3 à 4 méq/100g et de 0,080 à 0,16 méq/100g. Ce sont des sols qui présentent un niveau élevé en Ca et Mg échangeables, et un niveau bas en k échangeable. Il ressort des données consignées dans le tableau 7 que les teneurs en ces bases sont plus importantes à la surface et au pied de la touffe de *Hyphaene thebaica* quelque soit la direction considérée, puis elles diminuent en s'éloignant de la touffe. Cela s'explique par le piégeage des sédiments et des feuilles d'autres végétaux par les touffes d'*Hyphaene thebaica*, apportés par l'harmattan et la mousson, vents d'Est-Ouest et d'Ouest en Est [21 ; 22 ; 25].

### 2.2.6.- La capacité d'échange cationique (CEC)

Dans l'ensemble, les valeurs moyennes de la CEC varient de 10 à 11 méq/ 100 g (tableau VIII). Elles décroissent avec les distances et sont pratiquement homogènes sur les profondeurs et les directions des vents dominants. Toutefois, la direction Ouest est

statistiquement différente des autres.

**Tableau VIII.-** Analyse de variance des valeurs de la CEC des sols  
(Les moyennes affectées par la même lettre et sur la même ligne ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.)

Source de variance	Les moyennes selon les distances					Fpr (5%)	ppds (5%)
	0 cm	50 cm	100 cm	150 cm	200 cm		
CEC (meq/100g)	10,98 <sup>c</sup>	10,36 <sup>b</sup>	10,31 <sup>b</sup>	10,14 <sup>a</sup>	10,13 <sup>a</sup>	<0,001	0,1312
Les moyennes selon les directions							
CEC (meq/100g)	Est	Ouest	Nord	Sud	Fpr (5%)	ppds (5%)	
	10,35 <sup>a</sup>	10,52 <sup>b</sup>	10,37 <sup>a</sup>	10,30 <sup>a</sup>			0,002
Les moyennes selon les profondeurs							
CEC (meq/100g)	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	Fpr (5%)	ppds (5%)	
	10,38 <sup>a</sup>	10,42 <sup>a</sup>	10,43 <sup>a</sup>	10,32 <sup>a</sup>			0,239

Comme pour les autres paramètres chimiques, la CEC est plus élevée au pied de la touffe, puis diminue avec la distance quelque soit la direction considérée.

## Conclusion

Cette étude avait pour objectifs de situer particulièrement l'importance de l'arbuste *Hyphaene thebaica* laissé au champ par les paysans d'El Guéza et de déterminer son influence sur les paramètres physico-chimiques du sol. Les résultats obtenus ont montré que malgré la forte pression anthropique et animale, la densité moyenne des touffes par hectare dans le terroir d'El Guéza de l'ordre de 286, est encore acceptable. Une forte tendance au repeuplement par la technique de régénération naturelle assistée (RNA) est observée au niveau de la population. En outre, les touffes d'*Hyphaene thebaica* ont contribué au blocage des feuilles mortes des autres espèces, au piégeage de sédiments éoliens avec en moyenne une accumulation de 26,30 m<sup>3</sup> par an et à la fixation par ses feuilles de poussières fines. Lorsqu'elles sont coupées, les touffes apportent aux sols jusqu'à 6,60 Kg de biomasse sèche par touffe. Par ailleurs, l'étude a permis de mettre en évidence l'influence des touffes d'*Hyphaene thebaica* sur certains paramètres physico-chimiques des sols de terroir de El Guéza. Ainsi, il a été observé une augmentation significative des proportions des fractions fines des sols aux alentours immédiats des touffes. Aussi, les teneurs en matières organiques (C et N), en bases échangeables (Ca, Mg et K), en phosphore ainsi que le pH et la CEC se trouvent significativement améliorées à proximité de la touffe d'*Hyphaene thebaica*. La litière des palmes et les particules piégées par la touffe pourraient expliquer cette amélioration de fertilité autour de *Hyphaene thebaica*. Les teneurs de sols en ces mêmes éléments sont significativement plus importantes dans les cotés Est et Ouest, directions principales de l'harmattan et de mousson que dans les cotés Nord et Sud de la touffe. Cela démontre l'importance de ces vents dans les apports en particules organiques et minérales des sols aux alentours de la touffe d'*Hyphaene thebaica*. En perspective, il serait souhaitable d'évaluer l'effet de cette amélioration de la fertilité des sols sur la production des céréales notamment le mil.



## Références bibliographiques

- [1].- Roose E., 1974.- Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bull. Pédol. FAO, Rome, 70, 420 p.
- [2].- Dan Lamso N., 2002.- Valorisation des eaux de ruissellement par des techniques traditionnelles d'aménagement des sols: Expériences en zones arides et semi-arides méditerranéennes et sahéliennes et exemple d'efficacité au Niger. Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences de Niamey et de Tunis, Université Abdou Moumouni de Niamey/Université de Tunis II, 278p.
- [3].- Bationo B. A., Kalinganire A. et Bayala J., 2012.- Potentialités des ligneux dans la pratique de l'agriculture de conservation dans les zones arides et semi arides de l'Afrique de l'Ouest : Aperçu de quelques systèmes candidats. ICRAF Technical Manual no. 17 Nairobi : World Agroforestry Centre, 32p.
- [4].- Ambouta J. M. K., Issaka A. et Issa S., 1998.- Gestion de la fertilité des sols et évolution des sols de Gakudi (Maradi, Niger). Cahiers Agricultures, 7: 395-400.
- [5].- Evequoz M., 2000.- Dynamique de la matière organique et durabilité des systèmes de production nord sahéliens. Annales de l'Université Abdou MOUMOUNI de Niamey. Numéro hors série: 11-28.
- [6].- Evequoz M., Guero Y., 2000.- Conservation et Gestion des eaux et des sols: Durabilité des systèmes de production nord sahélien. Programme de Conservation et Gestion des Eaux et des Sols au Niger. Univ. Abdou Moumouni (Niamey) and Ecole Polytechnique de Zurich, 120 pages.
- [7].- Drame A. Y., Berti F., 2008.- Les enjeux socio-économiques autour de l'agroforesterie villageoise à Aguié (Niger). Tropicultura, 26 (3): 141-149.
- [8].- Marchal M., 1983.- Les paysages agraires de Haute-Volta: Analyse structurale par la méthode graphique. Atlas des structures agraires au Sud du Sahara 18, Collection publiée sous le patronage de la maison des sciences de l'Homme, ORSTOM, 99p.
- [9].- DE Grandi J. C., 1996.- L'évolution des systèmes de production agropastorale par rapport au développement rural durable dans les pays d'Afrique soudano-sahélienne. Collection FAO, Rome, 162 p.
- [10].- Peltier R., Duhem C. S. et Ichaou A., 2008.- Valoriser les produits du palmier doum pour gérer durablement le système agroforestier d'une vallée sahélienne du Niger et éviter sa désertification. Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, 8 (1), <http://vertigo.revues.org/1452> ; DOI : 10.4000/vertigo.1452 , 15P.
- [11].- Mai Moussa K. A., 1996.- Environnement de *Faidherbia albida Del*; caractérisation, exploitation et perspective d'optimisation dans les zones soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, université de Cocody, Côte d'Ivoire, 137p.
- [12].- Maï Moussa K. A., Williams J. H. et Odongo J. C.W., 1997.- Diversification des

cultures sous *Faidherbia albida* en milieu paysan dans la zone semi-aride de l'Afrique de l'ouest. In: G. Renard, A. Neef, K. Beckert and M. von Oppen (eds.): Soil fertility management in west African land use systems. Proceedings of the regional workshop. Margraf verlag, Niamey, Niger, 4-9 March 1997: 299-303.

- [13].- Moussa H., 1997.- Germination du palmier doum (*Hyphaene thebaica Mart*) et analyse de son interaction avec le mil (*Pennisetum glaucum*) en zone semi-aride au Niger. Thèse de l'université Laval, Québec, 181p.
- [14].- Kadade A., 1999.- Système de production et gestion de la fertilité des sols dans la rônèraie de Gaya: cas de terroir de Bana. Mémoire de fin d'étude, CRESA, Niamey, 68p.
- [15].- Abdou M. M., Alzouma Mayaki Z., Kadri A., Ambouta J. M. K. et Dan Lamso N., 2013.- Effet de l'arbre *Acacia senegal* sur la fertilité des sols de gommèraies du Niger. Int. J. Biol. Chemi. Sci., 7 (6): 2328–2337.
- [16].- Nouhou Koutcha M., 2005.- Le palmier doum (*Hyphaene thebaica Mart.*) et les ressources pastorales du Dallol Bosso. Mémoire de fin de cycle, Faculté d'Agronomie, Niamey, 37p.
- [17].- Cissé O., Gueye N. F. D. et Sy M., 2005.- Institutional and legal aspects of urban agriculture in French-speaking West Africa: from marginalization to legitimization. Environment and Urbanization, 17 (2): 143-154.
- [18].- Ounteni I. A., 1993.- Les "Parcs" agro forestiers au Niger: état des connaissances et perspectives de recherches. Rapport de consultation, Ministère de l'environnement, Niamey, 75p.
- [19].- Baize D., 1988 - Guide des analyses courantes en pédologie, choix, expression, présentation, interprétation. INRA. Paris, 172 p.
- [20].- Harouna M., 2005.- Étude de la filière des produits du palmier doum en perspective de mise en place d'un marché rural au niveau de la grappe de El Guéza (Aguié). Mémoire de DESS, CRESA, Projet PAIIP/FIDA, Niamey, 87p.
- [21].- Tiessen H., Hauffe H. K. et Mermut A. R., 1991.- Deposition of Harmattan dust and its influence on base saturation of soils in northern Ghana. Geoderma, 49: 285-299.
- [22].- Drees L. R., Manu A. et Wilding L. P., 1993.- Characteristics of aeolian dusts in Niger, West Africa. Geoderma, 59: 213–233.
- [23].- Baumer M., 1987.- Le rôle de l'agroforesterie dans la lutte contre la désertification et la dégradation de l'environnement. ICRAF / CTA, Washington, 260 p.
- [24].- Pallo F. J. P. et Bationo B. A., 2007.- Effets des demi-lunes végétalisées sur les propriétés des sols dégradés (Zypellé) au Burkina Faso. West Africa Project Workshop: overview of results, UNEP-ICRAF-CEP, university of Florida, 3-4 octobre 2007, Bamako-Mali, 20p.

- [25].- Tidjani Adamou D., 2008.- Erosion éolienne dans le Damagaram Est (Sud-Est du Niger): paramétrisation, quantification et moyens de Lutte. Thèse de Doctorat en Sciences agronomiques et ingénierie biologique, université Catholique de Louvain, Belgique, 193p.
- [26].- Wezel A., Rajot- J. L. et Herbrig C., 2000.- Influence of shrubs on soil characteristics and their function in Sahelian agro-ecosystems in semi-arid Niger. Journ. Arid Environ, 44: 383-398.
- [27].- Larwanou M., Saadou M., Hamadou S., 2006.- Les arbres dans les systèmes agraires en zone sahélienne du Niger: mode de gestion, atouts et contraintes. Tropicultura, 24 (1): 14–18.

# CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET RESSOURCES EN EAU EN ALGÉRIE: VULNÉRABILITÉ, IMPACT ET STRATÉGIE D'ADAPTATION

NICHANE Mohamed\* et KHELIL Mohamed Anouar

*Département d'Écologie et Environnement*

*Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers*

*Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie*

E-mail: [nichanedz@gmail.com](mailto:nichanedz@gmail.com)

**Résumé.-** *Les changements climatiques ont depuis longtemps cessé d'être une curiosité scientifique. Ils constituent la question environnementale majeure qui domine notre époque et le défi majeur auquel doivent répondre les organismes de contrôle environnementaux. L'eau, l'une des matières premières les plus importantes en Algérie. Du fait de son importance, il est indispensable de connaître sa vulnérabilité aux changements climatiques, en Algérie. En Algérie, la vulnérabilité aux changements climatiques s'exprime à travers plusieurs aspects: explosion démographique, diminution probable des écoulements des eaux, la rareté des ressources, la dégradation des infrastructures hydrauliques, les menaces aux zones humides, etc.... Face à cette situation, l'Algérie a pris des mesures quantitatives et qualitatives adaptatives dans le cadre d'une gestion durable de cette précieuse ressource pour l'avenir.*

**Mots-clés.-** *Changements climatiques, eau, vulnérabilité, mesures de gestion, Algérie.*

## CLIMATE CHANGES AND WATER RESSOURCES IN ALGERIA: VULNERABILITY, IMPACT AND STRATEGY OF ADAPTATION

**Abstract.-** *The climate changes for a long time ceased being a scientific curiosity. They constitute the major environmental question which dominates our time and the major challenge to which must answer the environmental organizations of control. Water, one of the most important raw materials in Algeria. Because of its importance, it is essential to know its vulnerability with the climate changes, in Algeria. In Algeria, the vulnerability with the climate changes is expressed through several aspects: demographic explosion, probable reduction in the water run-offs, scarcity of the resources, the degradation of the hydraulic infrastructures, threats at wetlands... etc. Face this situation, Algeria took quantitative and qualitative measures adaptive within the framework of a durable management of this invaluable resource for the future.*

**Key words.-** *Climate changes, water, vulnerability, strategy of adaptation, Algeria.*

## Introduction

Depuis les années 1990, la notion des changements climatiques met en débat les ressources en eau et les risques qui leurs sont liées en les situant au cœur même du problème [1]. Selon les experts, à l'horizon 2020 l'Algérie connaîtra une réduction des précipitations de l'ordre de 5 à 13% et une augmentation des températures de 0,6 à 1,1°C. A cet horizon non lointain, l'Algérie, pays aride, subirait des sécheresses et des inondations récursives et les besoins en eau doubleront de volume sous la pression de la croissance démographique et l'urbanisation continue. Le pays connaît déjà une accentuation des sécheresses et donc l'aggravation des phénomènes de désertification, salinisation des sols, pollution des eaux superficielles et par conséquent dégradation progressive des ressources

en eau. De même les inondations qui continuent à sévir au nord comme au sud, seraient plus importantes en terme de fréquence surtout durant le printemps et l'automne [1].

Les enjeux urbains face à ces risques hydro climatiques se déclinent en terme de disponibilité en eau, hygiène et assainissement, équilibres écologiques et en fin sécurité des personnes et des biens. Ainsi, à l'avenir, l'évènement naturel, probablement plus fréquent et plus fort aura-t-il un impact plus grave tant sur les activités socioéconomiques courantes de fonctionnement et de développement qu'en temps de crise pouvant causer de véritables catastrophes [2].

## **1.- Vulnérabilité des ressources en eau aux changements climatiques en Algérie**

Les changements climatiques ont depuis longtemps cessé d'être une curiosité scientifique. Il constitue la question environnementale majeure qui domine notre époque et le défi majeur auquel doivent répondre les organismes de contrôle environnementaux [3]. L'eau, l'une des matières premières les plus importantes en Algérie, dont l'importance pour la consommation humaine, la production agroalimentaire, l'industrie, le transport, les loisirs et les écosystèmes n'est plus à démontrer. Du fait de son importance, il est indispensable de connaître sa vulnérabilité aux changements climatiques, en Algérie [4]. Néanmoins, les variations climatiques ne sont pas les seuls facteurs définissant la vulnérabilité de cette ressource aux changements climatiques, les facteurs économiques, démographiques et environnementaux sont aussi des critères à considérer. La réaction des consommateurs d'eau ainsi que les mécanismes de gestion de cette ressource déterminent dans une large mesure la vulnérabilité en Algérie des ces ressources [5].

En Algérie, la vulnérabilité aux changements climatiques s'exprime à travers plusieurs aspects:

### **1.1.- La rareté des ressources**

L'Algérie se situe, à l'instar des 17 pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an. Si en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m<sup>3</sup>, elle n'était plus que de 720 m<sup>3</sup> en 1990, 680 m<sup>3</sup> en 1995, 630 m<sup>3</sup> en 1998, 500 m<sup>3</sup>. Elle ne sera que de 430 m<sup>3</sup> en 2020. La disponibilité en eau potable en Algérie en m<sup>3</sup>/habitant/an dépassera légèrement le seuil des 400 m<sup>3</sup>/ha [1].

### **1.2.- La demande en croissance permanente**

La demande en croissance permanente en eau potable, en eau agricole et en eau industrielle, générée par une démographie et un développement industriel sans cesse croissants.

### **1.3.- La diminution probable des écoulements des eaux**

Vu que dès lors, les hauts plateaux et les régions sahariennes qui occupent une grande partie du territoire national (93%) ne reçoivent que 10% de l'écoulement total en Algérie, évalué à 12,4 milliards de m<sup>3</sup> [1].

**1.4.- L'évaporation des eaux de surface :** D'où l'augmentation de la demande en eaux souterraines. La vulnérabilité des eaux de surface peut se traduire également en cas d'augmentation de la température à leur réchauffement d'où la réduction de leur capacité à biodégrader certains polluants entraînant une baisse de la qualité [6].

**1.5.- La dégradation de l'infrastructure hydraulique:** Vu l'absence fréquente du couvert végétal des bassins versants. Une dégradation rapide des infrastructures hydrauliques vu les rejets de pollution d'origine urbaine et industrielle et la qualité médiocre de gestion technique des ouvrages provoque des pertes énormes d'eaux.

### **1.6.- Les inondations et divers phénomènes extrêmes**

Qui ont d'ores et déjà touché plusieurs parties du territoire national, c'est l'exemple de Beb El Oued à Alger en mai 2001, ainsi que d'autres au sud du pays, c'est le cas de Tamanrasset, Ain Guezam et Ghardaïa.

### **1.7.- Les menaces des zones humides**

Malgré leur importance dans les processus vitaux et l'accueil de poissons et d'oiseaux, de nombreuses menaces pèsent sur ces zones, tel le pompage excessif, construction irréfléchie de barrages qui drainent au profit de l'agriculture. L'assèchement des deux grandes zones humides, il y'a un peu plus d'un siècle, en l'occurrence le lac Fetzara à Annaba et le lac Halloula à Tipaza a conduit à la disparition de 7 ou 8 espèces d'oiseaux qui y nichaient [4].

## **2.- Impact des changements climatiques sur les ressources en eau de l'Algérie**

### **2.1.- Le Changement climatique: facteur aggravant**

Les données climatiques relevées dans la région du Maghreb durant le 20<sup>ème</sup> siècle indiquent un réchauffement durant ce siècle estimé à plus de 1°C avec une tendance accentuée les trente dernières années [1]. Les modèles de circulation générale convergente pour estimer un réchauffement probable de la région de l'ordre de 2°C à 4°C durant le 21<sup>ème</sup> siècle [1]. Par son appartenance géographique à la zone aride et semi-aride, l'Algérie est soumise à des conditions physiques et hydro climatiques défavorables, accentuées par des périodes de sécheresses chroniques [1]. L'Algérie présente une grande sensibilité au climat, notamment dans les hauts plateaux et la steppe qui couvrent environ 60% des terres viables du Nord [1]. Une modification du climat est donc inéluctable et il en résultera des impacts significatifs, liés entre autres à l'augmentation des températures et des précipitations, à la raréfaction des ressources en eau et à la hausse de la fréquence des tempêtes. D'autres impacts sont étudiés : la perte de biodiversité et la dégradation d'écosystèmes, la hausse du risque de famines, les mouvements de populations, ainsi que les incidences sur la santé [7].

### **2.2.- Les impacts sur les écoulements de surface**

La sécheresse intense et persistante, observée en Algérie durant les 30 dernières années et caractérisée par un déficit pluviométrique évalué à 30% (50% durant l'année l'année 2001- 2002), a eu un impact négatif sur les régimes d'écoulement des cours d'eau, entraînant des conséquences graves sur l'ensemble des activités socio-économiques du

pays [8].

### **2.3.- Les changements affectant les eaux de barrages**

Les changements affectant la retenue des eaux de surface sont dus à l'envasement et à la diminution du ruissellement [9].

**L'envasement** : La nature et la morphologie des terrains en pente, la fragilité du couvert végétal, le manque de boisement et l'urbanisation en amont des barrages engendrent une forte érosion qui réduit la capacité de stockage des barrages de 2 à 3% chaque année, à cause de l'envasement dû au transport et au dépôt de sédiments par les eaux de pluie. Actuellement, 14 barrages sur la soixantaine existante sont envasés [5].

**La diminution du ruissellement** : La contribution du ruissellement aux eaux de surface a systématiquement diminué. Les flux trop faibles ne permettent pas de remplir suffisamment les barrages existants.

### **2.4.- Les changements affectant les nappes phréatiques**

La diminution des pluies due aux sécheresses qui sévissent depuis le début des années 70 a entraîné une baisse constante des réserves d'eau souterraine des principales nappes aquifères du nord du pays. Dans beaucoup de plaines du pays, le niveau des nappes phréatiques a déjà chuté dans des proportions alarmantes (> 20m.) [6]. L'aggravation des sécheresses conjuguée à la surexploitation des nappes phréatiques a entraîné la minéralisation des zones non saturées des nappes aquifères profondes, dans les régions semi-arides comme le plateau d'Oran et les hautes plaines occidentales. Le taux moyen d'utilisation des nappes phréatiques est de 79% dans la région Nord, il peut parfois atteindre et dépasser les 90% dans certaines zones. Dans les régions côtières, la baisse des niveaux de pression hydrostatique a d'ores et déjà entraîné la pénétration d'eau de mer dans les réserves d'eau douce des nappes aquifères côtières des régions de la Mitidja, d'Oran, de Terga et d'Annaba [8].

### **2.5.- Incidence du changement climatique sur l'irrigation**

Les récentes fluctuations climatiques et les sécheresses, plus fréquentes au cours des trois dernières décennies, ont accentué le phénomène de dégradation des sols, engendrant ainsi la désertification des zones vulnérables comme les steppes et les hautes plaines. La tendance actuelle à des inondations plus intenses pourrait entraîner une érosion et une dégradation des sols plus importantes. Ces terres constituent de véritables potentiels agricoles et doivent assurer la sécurité alimentaire du pays ainsi que la protection de la frange côtière [10]. Les ressources en eau sont capitales pour la production alimentaire. Sur les 150.000 ha irrigables, 43.000 ha seulement ont été effectivement irrigués en 2007, du fait de la sécheresse et de la réaffectation des eaux d'irrigation à l'alimentation en eau potable des populations notamment à l'ouest du pays [8].

### **2.6.- Incidence du changement climatique sur l'assainissement**

Le changement climatique a des répercussions sur la santé publique, qui est la raison d'être des efforts réalisés en matière d'assainissement. La facture des épidémies de MTH (maladie à transmission hydrique) est lourde pour l'état algérien. Le coût de ces

épidémies a été évalué à l'équivalent du budget de construction de plus d'une dizaine de stations de traitement des eaux. Le principal facteur de ces maladies réside dans l'insuffisance des ressources hydriques conjuguée à l'absence de traitement de certains points d'eau. Les spécialistes en matière d'assainissement essaient de mieux comprendre les liens entre changement climatique et assainissement, incluant les questions de santé et d'hygiène [1].

## **2.7.- Les risques d'inondations**

S'appuyant sur des études scientifiques, les experts dans le domaine estiment que des pluies torrentielles et des orages comme ceux qui ont ravagé les régions de Bab El Oued, Ghardaïa ou Béchar seront de plus en plus fréquents. Il faut s'attendre à l'accentuation de ces phénomènes météorologiques, qui seront de plus en plus violents et dangereux.

## **3.- Stratégie d'adaptation**

En Algérie, des pratiques d'adaptation sont déjà utilisées, car les épisodes de sécheresse, d'inondation, d'augmentation anormale de température de l'air se manifestent continuellement. Ces actions doivent être intégrées dans une politique globale d'adaptation du pays, du fait que les initiatives d'adaptation qui seront prises dans ce secteur auront des conséquences importantes dans plusieurs autres secteurs [11].

Les principales mesures quantitatives, qualitatives et de gestion prises par l'Algérie et celles en cours de développement peuvent être décrites comme suit.

### **3.1.- Mesures quantitatives**

- Recours aux techniques d'économie d'eau en particulier en agriculture tel que l'irrigation du goutte à goutte et de l'aspiration contrôlée ainsi le choix de cultures moins consommatrices d'eau;
- Mobilisation des eaux conventionnelles non mobilisées à ce jour;
- Valorisation des eaux usées traitées à travers leur utilisation maîtrisée pour l'arrosage de certaines cultures et le développement des activités industrielles;
- L'accélération de construction de barrages;
- Lancement de programmes de forage supplémentaires et réhabilitation de certains forages abandonnés.
- Réglementation du prélèvement d'eau au niveau des nappes souterraines;
- Réhabilitation des réseaux de distribution d'eau;
- Amélioration de modes de gestion d'eau industrielle (recyclage, réutilisation);
- Construction d'usines de désalinisation et de traitement des eaux usées;
- Diminution de l'évaporation sur les lacs des barrages-réservoirs ou sur les lacs collinaires (plusieurs expériences ont été menées mais n'ont pas eu un grand succès);
- Reprise de la technique de «la pluie provoquée» fin d'accroître le rendement en eau précipitée à partir des nuages;
- Application des techniques de recharge artificielle des nappes aquifères dans les régions du Sud. Ces techniques, appliquées en Hollande, en Californie et en Floride [10], et qui nécessitent un transfert de technologies en Algérie, consistent à stocker, en hiver, dans les nappes phréatiques, l'eau des rivières pour les utilisées en été, par pompage, pour l'irrigation ou la consommation urbaine.



### 3.2.- Mesures qualitatives

- Dépollution des systèmes hydriques et épuration des eaux usées avant rejet;
- Protection des eaux contre la pollution (agricole, industrielle et humaine);
- Renforcement des systèmes de surveillance des ressources en eau;
- Amélioration de la qualité des eaux de consommation humaine par déminéralisation et par élimination des risques de contamination au niveau des transports, du stockage et de distribution;
- Protection des zones humides en tant que lieu d'habitat des espèces faunistiques locales et migrantes. En Algérie, des mesures préventives, pour lutter contre les effets néfastes des phénomènes extrêmes, sont aussi au centre des préoccupations de l'état depuis l'adoption de la loi relative aux risques naturels et technologiques majeurs (loi 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable) [12].

### Conclusion

La dimension stratégique et vitale de l'eau caractérisée par la rareté et la pénurie impose une politique de mobilisation maximale et d'exploitation rationnelle de cette ressource. Les défis à relever dans ce domaine sont liés à la sécurité de la population et de l'économie du pays dont il importe de pourvoir aux besoins tant il est vrai que la sécurité hydrique est intimement liée à la sécurité économique, sanitaire et écologique et à la sécurité alimentaire en particulier.

Les changements et les imprévus climatiques vont rendre la gestion de l'eau de plus en plus difficile. Une action rapide destinée à adapter le secteur au changement climatique sera beaucoup moins coûteuse que les dommages qui résulteront de ce phénomène. En ce qui concerne les effets pour lesquels les projections sont suffisamment fiables, l'adaptation doit donc commencer dès maintenant.

### Références bibliographiques

- [1].- Anonyme 2009.- Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie. PNUD, Algérie, 19p.
- [2].- Kéttab A., 2001.- Les ressources en eau en Algérie, stratégies, enjeux et vision. Elsevier science: 1-5.
- [3].- Karpe H. J., 1990.- Climate and development. Climate change and variability and the resulting social. Economic, 1-10.
- [4].- Bouziani M., 2006.- L'eau dans tous ses états. Ed. Dar El Gharb, Algérie, 260p.
- [5].- Parry Martin L., 1991.- The potential socio-economic effects of climate change. Nairobi, UNEP: 1-25.
- [6].- Tabet Aoul M., 1998.- Stratégie de développement durable et protection de l'environnement. OPU, Alger: 1-35.

- [7].- Bolin B., 1980.- Climate change and their effects on the biosphere. Genève, OMM: 1-15.
- [8].- Tabet Aoul M., 2000.- Changement climatique et risques. SOMIGRAF: 1-10.
- [9].- Kadi A., 1997.- La gestion de l'eau en Algérie. Hydrological Sciences, Journal-des Sciences Hydrologiques, 42 (2): 191-197.
- [10].- Arrus R. et Rousset N., 2006.- L'agriculture du Maghreb au défi du changement climatique : quelles stratégies d'adaptation face à la raréfaction des ressources hydriques? Tripoli, Laboratoire d'Economie de la Production et de l'Intégration Internationale, Groupe Energie et Politiques de l'Environnement, 10p.
- [11].- Agoumi A., 2003.- Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques. Besoin réel et urgent d'une stratégie d'adaptation et de moyens pour sa mise en œuvre. Maroc, Institut international du développement durable, 14p.
- [12].- Meddi M. et Hubert J., 2002.- Changements climatiques et leurs impacts sur les ressources en eau. Forum international organisé par ACMAD sur les changements climatiques dans les pays méditerranées et de l'Afrique, Alger: 1-2.

## INDICATEURS DE DEGRADATION DES BIO-RESSOURCES NATURELLES DE L'ALGERIE OCCIDENTALE: CAS DE LA STEPPE DE LA WILAYA DE SAIDA

HASNAOUI Okkacha<sup>1,2</sup>, BOUAZZA Mohamed<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup>Université Dr Tahar MOULAY, Faculté des Sciences et Technologie, Saida, Algérie

<sup>(2)</sup>Laboratoire d'Ecologie et de Gestion des Ecosystèmes Naturels

Université Abou-Bakr Belkaid, Tlemcen, Algérie

E-mail: [okhasnaoui2001@yahoo.fr](mailto:okhasnaoui2001@yahoo.fr)

**Résumé.-** Les formations steppiques de l'Algérie occidentale subissent actuellement une érosion des ressources naturelles. Malgré les différents programmes nationaux ayant pour but la lutte contre le phénomène, la situation ne cesse de s'amplifier et entraîne un déséquilibre des écosystèmes locaux. L'objectif de cette étude est de cerner la dynamique du patrimoine édaphique et floristique. Le choix a porté sur les sols alfatiens très répandus dans le sud de la wilaya de Saida (Algérie occidentale). Dans cette investigation des analyses de sols couplées à des relevés floristiques ont été réalisées. Les sites choisis pour cette étude comparative, sont des sites ayant subi un impact anthropique différent (surpâturage; pâturage modéré, faible pâturage). Les résultats obtenus, à partir de l'analyse physico-chimique de sols, montrent une perturbation des paramètres étudiés d'un site à un autre. L'analyse éco-floristique basée sur la méthode stigmatique de Bran Blanquet révèle une érosion de la constitution végétale des structures alfatières. Il se remarque une régression nette en passant d'un site sur pâturé vers un site moyennement pâturé ou faiblement pâturé. Les résultats de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) montrent clairement la relation entre la dynamique des sols et celle de la biodiversité végétale.

**Mots clés:** Dégradation, Sols steppiques, dynamique, analyses édaphiques, analyses floristiques, Saida.

## INDICATORS OF DEGRADATION OF NATURAL BIO-RESOURCES OF WESTERN ALGERIA: CASE OF STEPPE OF SAIDA PROVINCE

**Abstract.-** The steppe formations of the western of Algeria are undergoing erosion of natural resources. Despite the different national programs aimed at the fight against this phenomenon, the situation continues to worsen and causes an imbalance of local ecosystems. The objective of this study is to understand the dynamics of edaphic and floristic heritage. The choice has focused on soil alfatiens widespread in the south of the wilaya of Saida. In this investigation of soil analysis coupled with floristic surveys were conducted. The sites chosen for this comparative study are sites which have undergone different anthropogenic impact (overgrazing, moderate grazing, low grazing). The results obtained from the physico-chemical analysis of soil, show a disruption of the studied parameters from one site to another. Eco-floristic analysis based on the stigmatic Bran Blanquet method reveals an erosion of plant constitution alfa structures. We notice a marked decrease in from a site to a moderately grazed pasture or slightly grazed site. The results of the correspondence analysis (AFC) clearly show the relationship between the dynamics of the soil and plant biodiversity.

**Key words** - Degradation, steppe soils, dynamic, analysis soil, analysis flora, Saida.

## Introduction

Les régions arides et semi-arides de l'Afrique du Nord connaissent actuellement une dégradation des ressources naturelles. Les formations végétales (forêts, pré-forêts, matorrals et steppes) régressent sous l'impact climato-anthropique. Cette double action entraîne des changements physiologiques et paysagers à l'origine de grands remaniements des bios-ressources. Selon les travaux de Nedjraoui et Bedrani (2008) les régions steppiques représentent 9% du territoire Algérien et constituent les vraies zones de parcours et la population est composée essentiellement d'agro-pasteurs soit 12% de la population totale [1]. La nouvelle restructuration des hautes plaines steppiques algérienne caractérisée par un développement des agglomérations et la sédentarisation des nomades dans un espace aussi fragile, a eu les conséquences écologiques les plus inquiétantes [2]. L'état critique de la steppe dans sa partie occidentale entraîne une dégradation des ressources naturelles; cet impact tend à se propager dans toute la région [2, 3, 4, 5]. L'évolution régressive entraîne une désertification qui n'est nullement liée au climat [6, 7, 8].

C'est principalement le surpâturage et l'accroissement du cheptel qui sont la cause de la dégradation des espaces steppiques alfatières. L'augmentation de l'effectif du cheptel et l'élevage en extensif ont des conséquences néfastes sur le devenir des ressources naturelles déjà fragilisés par les péjorations climatiques [9].

Entre 1950 et 1970 le taux de recouvrement pérenne des canopées était de 10 à 30%, une phytomasse pérenne épiquée de l'ordre de 800 à 1500 kg MS/ha et des îlots de dégradation, en 1985 ce taux est passé à moins de 5% avec une phytomasse pérenne épiquée inférieure à 200 kg MS/ha et les îlots de dégradation sont devenus jointifs et s'étalent sur des étendues considérables [10].

De nos jours, cette dégradation s'est amplifiée par les défrichements et les labours anarchiques. Cette situation s'est aggravée par les aides qu'accorde l'état aux agriculteurs et aux pasteurs pour les aménagements morpho-pédologiques des espaces steppiques [2].

Sur le plan floristique la répartition de la végétation semble être liée à certains paramètres édaphiques. La composition physico-chimique des sols a une incidence certaine sur les relations sols-végétation dans les hautes plaines steppiques [8, 11, 12].

Les travaux de Benabadji et *al.* (1996) et de Aidoud et Touffet (1996), montrent que les territoires de l'Afrique du Nord connaissent actuellement des problèmes d'érosion des sols et de désertification dus essentiellement au surpâturage et à la mécanisation [13,14].

Mais la problématique des écosystèmes en Afrique du Nord et dans la partie Ouest de l'Algérie a-t-elle pour origine une gestion non raisonnée de l'homme? Que deviendront-ils les écosystèmes steppiques devant une action anthropique sans limite?

L'objectif de ce travail est de mettre en relief les relations sol-végétation des nappes alfatières de la région de Saida et leurs caractères édapho-floristique, non encore étudiée pour ce type d'approche.

## 1.- Matériels et méthodes

### 1.1.- Situation géographique

La région d'étude est située dans la partie sud de la wilaya de Saida (Algérie occidentale). Elle est limitée naturellement par une série de Djebel orientés du Nord au Nord-Est avec Djebel Sidi Youssef (1338 m) et Sidi El-Kebir et Djebel Harchoune (1259 m). Ces ensembles montagneux sont disposés selon une direction grossière Sud-Ouest et Nord- Est pour s'incliner au Sud en direction des hautes plaines steppiques (figure 1).



Figure 1.- Situation géographique de la zone d'étude [16]

### 1.2.- Cadre climatique

La région connaît des périodes de sécheresse assez longues qui s'étalent sur plusieurs mois consécutifs. La moyenne des pluviométries enregistrées au cours des deux dernières décades oscille entre 81,5 mm/an et 356 mm/an avec une moyenne de 223 mm/an [15] et une importante variabilité de précipitations d'une année sur l'autre avec une incertitude de plus en plus grande sur la date des premières pluies et des dernières pluies. Les calculs du régime saisonnier classe la zone d'étude dans le type HAPE, néanmoins ce classement théorique accuse des modifications d'une année à l'autre [16].

Il est important de noter aussi que la zone connaît des risques de gelée et de sirocco, il s'agit là des conditions qui peuvent entraver le bon déroulement des activités photosynthétiques des plantes de la région. 37 jours de gelée ont été enregistrés lors de la dernière décade s'étalant de décembre à mars et 11 jours de sirocco en moyenne répartie entre Mai et Août [16]. En conclusion, la zone s'intègre dans le bioclimat aride supérieur, variante froide [16].

### 1.3.- Choix des stations

L'impact de l'homme sur les écosystèmes à formations graminéennes est assez contrastée dans les hautes plaines steppiques. Le choix des stations a été motivé par la persistance de peuplements à alfa localement peu ou pas dégradés. Ce descripteur physiologique nous a permis de dégager trois situations différentes:

- Peuplement à alfa en bon état et en bonne couverture du sol (Site 1);
- Peuplements à alfa moyennement dégradés avec apparition de terre nue (Site 2);
- Peuplements à alfa dégradés et une grande partie du sol sans couverture végétale (Site 3).

Ces trois formations sont représentatives de la zone d'étude et ont été retenues pour réaliser ce travail. Dans chacune de ces formations dix relevés floristiques associés à des fosses pédologiques ont été effectués.

### 1.4.- Description des stations

**Site 1:** Peuplements à alfa en bon état (A. B. V). Les coordonnées géographiques sont 0° 35'32 E - 34° 41'01 N. Les peuplements à alfa de ce site présentent une biomasse aérienne très importante et un cortège floristique assez diversifié. La hauteur moyenne des pieds d'alfa dépasse 60 cm. Ce faciès se situe au sud de l'ensemble montagneux de la commune de Mâamora et à quelques 250 m du chemin reliant le chef lieu de la commune de Mâamora et celui de Skhouna.

**Site 2:** Peuplements à alfa moyennement dégradée (A. M. D). Les coordonnées géographiques sont 0° 36' 19 E - 34° 40' 15 N. La végétation présente une hauteur moyenne comprise entre 30 et 60 cm. et le cortège floristique est moins riche. La couverture végétale est réduite.

**Site 3:** Peuplements à alfa dégradée (A. D). Les coordonnées géographiques sont de 0° 36' 15 E - 34° 39' 59 N. Ce site se situe près du cimetière de Redjem El Agab, à 1120 m d'altitude en moyenne et à 300 m du chemin menant à Skhouna au Sud. L'alfa dans ce site est dégradé et sa hauteur ne dépasse guère 35 cm. De nombreux pieds d'alfa sont moribonds.

### 1.5.- Paramètres édaphiques

Dix (10) échantillons de sols par site ont été analysés, soit 30 échantillons de sols au total. Chaque relevé de sol a été associé à l'état de la végétation (faciès à alfa en bon état, faciès à alfa moyennement dégradé et faciès à alfa dégradé) et à un relevé floristique. Les prélèvements de sols ont été réalisés au niveau de la rhizosphère des sujets d'alfa.

Les variables édaphiques sont mesurés sur la terre fine (inférieur à 2 mm) selon la méthode de GRAS (1988) pour la Granulométrie (%) (Argile, sable et limon) [17]; et les analyses chimiques sont réalisées en utilisant les méthodes décrites par AUBERT (1978) [18], pH dans l'eau distillée, méthode électrométrique, pH dans le KCL (pK), Conductivité électrique (Cd) sur extrait aqueux au 1/5 (en mS/cm), Calcaire total (%), méthode au calcimètre de Bernard, calcaire actif (Ca, %), et la matière organique (Mo) à partir du taux organique (Mo= 1,72 C) d'une part et la profondeur (Pr) du profil jusqu'à la croûte calcaire d'autre part [ 18].

## 1.6. – Végétation

L'approche utilisée pour étudier la végétation de la zone d'étude a été adaptée aux caractéristiques des formations steppiques dont les peuplements sont discontinus. Nous avons réalisés 30 relevés floristiques durant la bonne période phénologique dans les faciès étudiés soit 10 relevés par station. Une aire de 400 m<sup>2</sup> a été choisie délibérément pour notre échantillonnage. La surface des relevés doit être suffisante pour comprendre le maximum d'espèces végétales et floristiquement homogène [19, 20]. L'inventaire de la végétation a été effectué en se basant sur la méthode stigmatique de l'abondance-dominance de BRAUN-BLANQUET (1951) [21].

## 1.7.- Analyses numériques

Pour expliquer les liens qui existent entre la flore et les paramètres édaphiques il est confronté les différents résultats à l'aide d'une analyse factorielle des correspondances (AFC). Cette approche permet de mettre en relief les corrélations entre les données floristiques et les paramètres du sol étudié [22, 23]. Les espèces végétales sont traitées en présence-absence et, pour permettre un croisement avec les données analytiques des sols, ces dernières ont été converties en trois classes correspondant aux valeurs respectivement faibles (classe 1), moyennes (classe 2) et élevées (classe 3).

Ces traitements numériques ont été réalisés à l'aide du logiciel Minitab version 15.

## 2.- Résultats et discussion

### 2.1.- Résultats analytiques des sols

#### 2.1.1.- Résultats granulométriques

Les résultats granulométriques obtenus en laboratoire sont transférés sur le diagramme des textures ce qui a permis de classer les différents sites échantillonnés. Le tableau I traduit les résultats les plus significatifs.

**Tableau I.-** Analyses granulométriques des échantillons de sols

Echantillons	Argiles (%)	Limons(%)	Sables (%)	Texture
A.B.V	15,5	35,1	49,4	Limoneux
	20,6	28,1	51,3	Limoneux
	10,3	42,8	46,9	Limoneux
A.M.D	10,3	29,5	60,3	Limono-sableuse
	15,5	20,6	63,9	Limono-sableuse
	20,6	8,2	71,3	Limono-argilo-sableux
A.D	10,3	29,3	60,4	Limono-sableuse
	10,3	27,3	62,4	Limono-sableuse
	5,2	25,8	69,1	Limono-sableuse

Les résultats obtenus pour les sites d'étude montrent une composition assez contrastée. Pour le site A.D la quantité d'argile est réduite. Elle est comprise entre 5,2% et 10,3%; pour les deux autres sites. Elle oscille entre 10,3% et 20,6%.

Concernant les aux limons, les valeurs se situent entre 08,2% et 29,3% pour le site A.M.D et 28,1% et 42,8 % pour le site A.B.V.

Les pourcentages de sables sont importants dans les trois sites. Ils sont de 60,3 et 71,3 % pour les sites A.D et A.M.D respectivement, cependant le site A.B.V présente une quantité modérée comparativement aux deux sites précédents. Cette fraction se situe entre 46,9 % et 51,3 %.

Les résultats portant sur le pourcentage (%) d'argile du site 3 confirment les résultats de TRABUT (1887) [24]. Néanmoins, il est constaté que dans les endroits dégradés et/ou trop dégradés le pourcentage d'argile est faible. Cet état est dû à la dégradation du sol.

De ce fait on peut on déduire que la présence de l'alfa favorise la conservation des sols et entraine un sol équilibré.

### 2.1.2.- Analyses physico-chimiques des échantillons de sol

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau II.

**Tableau II.- Résultats Analytiques des sols étudiés**

Etat de la végétation	N° Relevé	pH	pHKCL	CE (mmhos)	Calcaire total (%)	Calcaire actif (%)	Matière organique (%)	Profondeur (cm)
A.B.V	R 1	8.2	8.4	0.6	4.9	/	1.1	20
	R 2	7.9	7.7	0.3	6.5	2.53	0.9	14
	R 3	8.4	8.1	0.3	2.4	/	1.3	14
	R 4	8.2	7.9	0.4	7.9	2.48	0.7	15
	R 5	8.7	7.9	0.5	6	2.45	0.8	15
	R 6	8.4	7.5	0.7	7.1	2.36	1	14
	R 7	8.7	7.9	0.4	8.1	2.58	0.6	15
	R 8	8.5	8.4	0.3	5.6	2.33	0.7	14
	R 9	8.4	7.8	0.4	5.8	2.45	0.5	15
	R 10	8.1	7.9	0.4	8.4	2.38	1.1	19
A.M.D	R 1	8.5	7.9	0.4	9.7	2.41	0.9	10
	R 2	8.2	7.8	0.8	7.9	2.30	0.4	11
	R 3	8.4	8.1	0.8	8.1	2.83	0.6	9
	R 4	8.4	8.2	0.3	7.6	2.64	0.8	10
	R 5	8.3	7.8	0.8	7.6	2.31	1.1	11
	R 6	7.9	7.9	0.3	8.1	2.61	0.3	9
	R 7	8.4	7.9	0.2	7.1	2.63	0.4	8
	R 8	8.3	7.8	0.9	8.4	2.65	0.4	11
	R 9	8.4	8.0	0.7	8.4	2.63	0.2	11
	R 10	8.6	8.3	0.4	9.2	2.38	0.5	9
A.D	R 1	8.5	8.3	0.3	8.3	2.58	0.4	5
	R 2	8.7	8.3	0.1	11.6	2.71	0.3	7
	R 3	8.6	7.9	0.3	8.4	2.65	0.5	5
	R 4	8.7	8.7	0.4	8.6	2.72	0.2	6
	R 5	8.6	8.3	0.6	10.1	2.05	0.5	7
	R 6	8.6	8.4	0.4	7.1	2.65	0.2	7
	R 7	8.7	8.0	0.5	9.9	2.73	0.4	6
	R 8	8.8	8.2	0.4	7.1	2.35	0.1	3
	R 9	8.7	8.2	0.5	9.1	2.58	0.3	6
	R 10	8.4	8.1	0.4	7.1	2.61	0.2	5



Les analyses montrent une nette différence de la teneur en matière organique (M.O) en passant d'un faciès à un autre (alfa en bon état : A.B.V; alfa moyennement dégradée: A.M.D et alfa dégradée: A.D). Malgré une teneur de 0,91% en moyenne pour le site A.B.V celle-ci demeure trop faible. Selon les estimations de Pouget (1980) et DJEBAILI (1984) la moyenne de la matière organique est de 1 à 2% pour les sols steppiques [11,12]. Quant aux deux autres faciès (A.M.D et A.D) les valeurs moyennes respectives en M.O sont de 0,5 % et 0,3 %.

Nous remarquons aussi une différence nette entre les profondeurs des sites. La moyenne globale de la profondeur du sol à alfa bien venant est de 16 cm quant à celle des autres sites elle n'est que de 9,7 cm pour le site A.M.D et de 5,4 cm pour le site A.D. Ces valeurs montrent une régression de la profondeur des sols en passant d'un type de faciès à un autre. La troncature des sols est alors nette.

Le taux de calcaire actif est à peu près égal dans les trois sites; entre 2,3% et 2,3% pour le site à A.B.V, et entre 2,3% et 2,8% dans le deuxième site (A.M.D), et entre 2,1% et 2,7% dans le troisième site.

La conductivité électrique entre les trois sites oscille respectivement entre : 0,3 mmhos – 0,7 mmhos (A.B.V), 0,3 mmhos – 0,9 mmhos (A.M.D), 0,1 mmhos – 0,6 mmhos (A.D).

## 2.2.- Relations facteurs édaphiques-végétation

Pour mieux cerner l'interdépendance des paramètres étudiés la mise en relation des 30 relevés floristiques avec leurs propres facteurs édaphiques est représentée sur les figures 2 et 3. Les relevés floristiques, les facteurs édaphiques et les espèces végétales sont représentées par les symboles accompagnés par leur codification. Dans les tableaux III, IV et V regroupant les espèces végétales recensées dans la zone d'étude, il n'est représenté que les espèces végétales les plus importantes et ayant une fréquence d'apparition élevée.

**Tableau III.-** Espèces végétales du site à alfa bien venant (A.B.V)  
(+ : espèce présente dans le relevé ; - : espèce absente dans le relevé )

Espèces	Code	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>
<i>Stipa tenacissima</i>	stte	3	4	3	3	3	3
<i>Helianthemum pilosum</i>	hepi	2	1	1	2	2	2
<i>Senécio vulgaris</i>	sevu	1	1	2	1	1	+
<i>Muscari comosum</i>	muco	1	2	1	1	1	1
<i>Astragalus incanus</i>	asin	1	1	2	1	1	1
<i>Ferula communis</i>	feco	+	+	+	1	+	1
<i>Eruca Vesicaria</i>	erve	+	1	+	+	+	+
<i>Scorzonera sp</i>	sc	+	+	+	+	+	+
<i>Stipa parviflora</i>	stpa	1	1	1	++	1	1
<i>Avena alba</i>	aval	1	+	+	1	1	1
<i>Alkania tinctoria</i>	alti	-	+	+	+	+	+
<i>Astragalus sesameus</i>	asse	+	+	+	-	+	-
<i>Stipa parviflora</i>	stpa	-	+	+	+	+	-
<i>Poa bulbosa</i>	pobu	-	+	1	+	-	+

<i>Hordeum murimum</i>	homu	+	1	+	-	+	+
<i>Erucaria uncata</i>	erun	-	+	+	+	-	+
<i>Diplotaxis virgata</i>	divi	1	+	+	-	+	-
<i>Bassia muricata</i>	bamu	+	+	-	+	+	+
<i>Muricaria prostata</i>	mupr	1	+	-	+	-	+
<i>Poa bulbosa</i>	pobu	+	+	-	-	+	+
<i>Helianthemum lipii</i>	heli	-	+	-	+	-	+
<i>Herniaria hirsuta</i>	hehi	-	+	-	-	+	-
<i>Iris sisyrinchium</i>	irsi	+	-	-	+	+	-

**Tableau IV.-** Espèces végétales du site à alfa moyennement dégradé (A.M.D)

Espèces	Code	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>
<i>Stipa tenacissima</i>	stte	1	2	1	1	1	1
<i>Artemisia herba alba</i>	arhe	1	+	+	2	1	1
<i>Noaea mucronata</i>	nomu	1	+	1	+	1	1
<i>Muscari comosum</i>	muco	1	2	1	1	2	1
<i>Astragalus incanus</i>	asin	2	2	1	2	1	1
<i>Alkania tinctoria</i>	alti	1	+	+	+	-	+
<i>Astragalus armatus</i>	asar	1	+	1	+	+	-
<i>Hordeum murimum</i>	homu	+	+	-	+	+	+
<i>Mycropus bobicynus</i>	mybo	+	-	+	+	-	+
<i>Bromus rubens</i>	brru	-	+	-	+	+	1
<i>Paronychia argentea</i>	paar	1	+	+	-	+	+
<i>Peganum harmala</i>	peha	+	-	+	+	1	-
<i>Schismus barbatus</i>	shba	-	+	-	+	+	+
<i>Helianthemum pilosum</i>	hepi	+	+	-	+	+	+
<i>Scorzonera undulata</i>	scun	-	+	+	-	+	+

**Tableau V.-** Espèces végétales du site à alfa dégradé (A.D)

Espèces	Code	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>
<i>Stipa tenacissima</i>	stte	+	-	+	+	1	-
<i>Artemisia herba alba</i>	arhe	+	+	1	+	+	1
<i>Senecio vulgaris</i>	sevu	+	+	+	+	1	+
<i>Noaea mucronata</i>	nomu	+	+	+	1	+	+
<i>Helianthemum virgatum</i>	hevi	+	+	+	+	+	+
<i>Eruca Vesicaria</i>	erve	+	+	+	+	+	+
<i>Avena alba</i>	ava	+	+	+	+	+	+
<i>Schismus barbatus</i>	shba	-	-	+	-	+	+
<i>Poa bulbosa</i>	pobu	-	-	+	+	-	-
<i>Paronychia argentea</i>	paar	+	+	-	+	-	+
<i>Peganum harmala</i>	peha	+	+	+	-	+	+
<i>Mycropus bobicynus</i>	mybo	+	+	-	+	+	+
<i>Helianthemum virgatum</i>	Avihe	+	+	+	-	+	+
<i>Artemisia herba alba</i>	arhe	-	-	+	-	+	-

## 2.3.- Analyse des plans factoriels

### Plan 1-2 (figure 2)

Le taux d'information rapporté par ce plan est de 28%. Les relevés s'ordonnent selon l'axe 1, qui correspond à un gradient de dégradation, depuis ceux de l'alfa en bon état (A.B.V) dans la partie positive vers le peuplement dégradé (A.D) à l'opposé, avec l'alfa moyennement dégradé en position intermédiaire.

Au point de vue édaphique, le nuage de point est fortement structuré pour le calcaire total, la profondeur et la matière organique. Les fortes teneurs en calcaire total (Ct3) correspondent au peuplement dégradé qui est également caractérisé par une faible profondeur (Pr1) et les plus faibles taux de matières organiques (Mo1).

### Interprétation des axes

**Axe 1:** Les paramètres édaphiques Ct<sub>1</sub>, S<sub>1</sub>, M.O<sub>3</sub>, Pk<sub>1</sub>, Pr<sub>3</sub> et L<sub>3</sub> sont bien corrélés et se situent du côté positif de l'axe 1. Du côté négatif on retrouve: A<sub>1</sub>, Ct<sub>3</sub>, Pr<sub>1</sub>, MO<sub>1</sub>, Ca<sub>2</sub> et L<sub>2</sub>. L'axe 1 se caractérise par des gradients de matière organique (M.O) et de profondeur du pôle négatif vers le pôle positif.

Sur le plan floristique les espèces qui se trouvent du côté positif et qui sont associées aux paramètres édaphiques (Ct<sub>1</sub>, S<sub>1</sub>, M.O<sub>3</sub>, Pk<sub>1</sub>, Pr<sub>3</sub> et L<sub>3</sub>) sont les suivantes: *Helianthemum lipii* (heli), *Chrysanthemum coronarium* (chco), *Stipa parviflora* (stpa), *Muricaria prostata* (mupr), *Senecio vulgaris* (sevu), *Marrubium vulgare* (mavu), *Salvia verbenaca* (save), *Ornithogalum pyramidale* (orpy), *Matthiola livida* (mali), *Centaurea pungens* (cepu), *Muscari comosum* (muco), *Iris sisyrinchium* (irsi), *Eruca vesicaria* (erve) et *Reseda lutea* (relu). Ces taxons marquent un faciès à alfa en bon état.

Le côté négatif de l'axe est marqué par la présence des espèces suivantes: *Helianthemum virgatum* (hevi), *Senecio flavus* (sefl), *Micropus bombicynus* (mybo), *Avena alba* (ave), *Peganum harmala* (peha) et *Paronychia argentea* (paar). Ces espèces sont associées aux paramètres édaphiques suivants : A<sub>3</sub>, Ct<sub>3</sub>, Pr<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> et M.O<sub>1</sub> (fig. 2). Ces indicateurs qu'ils soient floristiques ou édaphiques nous signalent une régression de la végétation et la physionomie du faciès à alfa est dégradée.

**Axe 2:** Du côté positif on retrouve les paramètres édaphiques suivants: S<sub>3</sub>, L<sub>1</sub>, A<sub>3</sub>, Pr<sub>2</sub> et Cd<sub>3</sub>. Ces paramètres ont une grande affinité avec un faciès moyennement dégradé (A.M.D). Une seule espèce semble marquée ce faciès il s'agit de *Herniaria hirsuta* (hehi). Les paramètres édaphiques: A<sub>1</sub>, Pr<sub>1</sub> et Ct<sub>3</sub> contribuent fortement et sont en opposition avec S<sub>3</sub>, Cd<sub>3</sub> et L<sub>1</sub>.

### Plan 1-3 (figure 3)

L'information rapportée par ce plan est de 24%. Elle complète celle donnée par le plan 1-2. On peut remarquer, en plus des informations tirées du plan 1-2 (Axe 1), qu'*Erucaria uncatata* (stve) et *Astragalus sesameus* (asse) sont liées au faciès à alfa bien venant et se retrouvent du côté positif de l'axe 1. Du côté négatif de l'axe 1 *Helianthemum virgatum* (hevi), *Senecio flavus* (sefl) et *Paronychia argentea* (paar) présentent une affinité avec A<sub>1</sub>, Pr<sub>1</sub>, Ct<sub>3</sub> et caractérisent le faciès dégradé de l'alfa (A.D).



## Conclusion

Face à un impact climato-anthropique fort entraînant une perturbation des écosystèmes à alfa sur les hauts plateaux algériens et principalement ceux de la partie occidentale, la région de Saida (Algérie occidentale) conserve quelques îlots relictuels de cette formation végétale.

Sur le plan climatique, la zone d'étude présente une période sèche assez longue à laquelle se greffe des journées de gelée (37 journées en moyenne) et 11 jours de sirocco qui s'étale sur de nombreux mois. Ces perturbations peuvent endommager les banques de graines et ne permettent pas le bon développement des plantes de la région d'étude.

Les résultats obtenus, en conjuguant l'approche édaphique et floristique, révèlent le degré de régression des sols et des espèces végétales de la partie steppique de la wilaya de Saida. Ainsi nous constatons trois formations distinctes:

- Formation témoin dans laquelle l'alfa et l'armoise blanche dominent et forment un couvert végétal bien venant. L'impact humain dans cette formation est plutôt réduit. La biomasse végétale produite est importante. La richesse floristique est appréciable. Le sol présente une granulométrie équilibrée, à texture limoneuse et la fraction de sable est moyenne (50%).

- Formation marquée par un impact humain moyen: La végétation est moins dominante et rabougris. La hauteur de l'alfa est réduite et la biodiversité floristique annonce une pauvreté de la biomasse végétale aérienne. Sur le plan édaphique les mesures effectuées révèlent une profondeur de sol réduite (11 cm en moyenne), une richesse en matière organique assez faible et un pourcentage de sable assez fort (60 %).

- Le troisième site est marqué par une texture plutôt limoneuse, la matière organique est presque nulle ceci entrave le développement de l'alfa et de son cortège floristique. La teneur moyenne du sable est 65%. Les quelques reliques qui ont supporté les stress qu'il soit climatique ou anthropique sont plutôt moribond et vont disparaître dans peu de temps. Un changement de la structuration des formations graminéennes steppiques s'installe dans la région d'étude avec la dominance d'espèces toxiques et/ou épineuses telle que *Peganum harmala* et *Astragalus incanus*.

Les données édaphiques et floristiques indiquent sans ambiguïté et de façon convergente une double érosion des ressources naturelles (pédologique et biologique). Le piétinement du bétail pléthorique, le faible recouvrement végétal sur les sols à stabilité structurale réduite, le climat aride entraînent une érosion importante, qu'elle soit hydrique ou éolienne. Les modifications physico-chimiques des sols et de la physiologie végétale induisent une raréfaction du potentiel biologique. Les dunes en formation qu'on observe actuellement sur les hauts-plateaux mettent en évidence des phénomènes dont la rapidité et l'ampleur appellent des mesures énergiques de protection et de restauration des écosystèmes steppiques.

## Références bibliographiques

- [1].- Nedjraoui D., et Bedrani S., 2008.- La désertification dans les steppes algériennes. Causes, impacts et actions de lutte. Rev. Elect. Env., vol. 8: 1-15.
- [2].- Hadeid M., 2006.- Les mutations spatiales et sociales d'un espace à caractère steppique. Le cas des hautes plaines sud-oranaises (Algérie). Thèse Doct. Etat en

Géog., Univ, Franche-Comté, France; 506 p.

- [3].- El Zerey W, Bouiadjra S. E. B., Benslimane M., Mederbak K, 2009.- L'écosystème steppique face à la désertification : cas de la région d'El Baydh-Algérie. *Vertigo*, vol 9 (2), septembre. <http://vertigo.revues.org/8821>
- [4].- Benabadji N., 1995.- Etude phytoécologique des steppes à *Artemisia herba alba* Asso et à *Salsola vermiculata* L. au Sud de Sebdou (Oranie, Algérie). Thèse Doct. ès. Sci. Univ. Tlemcen, 153 p.
- [5].- Bouazza M., 1995.- Etude phytoécologique des steppes à *Stipa tenacissima* L. et à *Lygeum spartum* L. au Sud de Sebdou (Oranie, Algérie). Thèse Doct. ès. Sci., Univ. Tlemcen, 115 p.
- [6].- Boukhobza M., 1976.- Nomadisme et colonisation, analyse des mécanismes de déstructuration et de dispersion de la société pastorale traditionnelle en Algérie. Thèse Doct. 3<sup>ème</sup> cycles, Paris, 348 p.
- [7].- Couderc R., 1979.- Géographie et développement: Les hautes steppes sud-oranaises. Thèse Doct. Etat, Montpellier III, 655 p.
- [8].- Aidoud A., 1983.- Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud oranais: phytomasse, productivité primaire et application pastorales. Thèse Doct. 3<sup>e</sup> cycle, USTHB, Alger, 180 p.
- [9].- Bouazza M., 1995 – Etude phytoécologique des steppes à *Stipa tenacissima* L. et à *Lygeum spartum* L. au Sud de Sebdou (Oranie, Algérie). Thèse. Doct. Es-Sci. Univ. Tlemcen. 115 p + annexes.
- [10].- Le Houerou H. N., 1985.- La régénération des steppes algériennes. Rapport de mission de consultation et dévaluation. Ministère de l'agriculture, Alger, 37 p.
- [11].- Pouget M., 1980.- Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. Thèse Doct. Etat, Aix-Marseille III, 555 p.
- [12].- Djebaili S., 1984.- Steppe algérienne, phytosociologie et écologie. Ed. OPU, Alger, 177 p.
- [13].- Benabadji N., Bouazza M., Metge G. et Loisel R., 1996.- Description et aspects des sols en région du semi-aride et aride au sud de Sebdou (Oranie-Algérie). *Bull. Inst. Sci. Rabat*, n°20: 77-96.
- [14].- Aidoud A. et Touffet J., 1996.- La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*, vol. 7, n°3: 187-193.
- [15].- Anonyme, 2008.- Office national de la météorologie. Rapport technique; station météorologique de Rebahia, Saida, 56 p.
- [16].- Hasnaoui O., Benmansour D. et Thinon M., 2011.- Contribution à l'étude édapho-floristique de la dégradation de la steppe à alfa (*Stipa tenacissima* L.) dans le sud

Oranais : Cas de la commune de Maâmora –Wilaya de Saida (Algérie occidentale) ;  
Bull. Soc. Linn. Provence ; t. 62 ; pp. 157-165.

- [17].- Gras, R.1988 : Physique du sol pour l'aménagement. Paris, 587 p., 285 Fig., 29 Tab.
- [18].- Aubert G., 1978. Méthodes d'analyses des sols. 2<sup>ième</sup> éd. Centre régional de Documentation Pédagogique. CRDP Marseille, 191 p.
- [19].- Guinochet M., 1973.- Phytosociologie. Ed. Masson et Cie, Paris, 227 p.
- [20].- Long G., 1974.- Diagnostique phytoécologique et aménagement du territoire. I. Principes généraux et méthodes. Ed. Masson et Cie, Paris, 225 p.
- [21].- Braun Blanquet J., 1951.- Pflanzensoziologie. Ed. Springer, Vienne, 2<sup>e</sup> édit, 631 p.
- [22].- Cordier B., 1965.- Sur l'analyse factorielle des correspondances. Thèse Doct. 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Rennes, 66 p.
- [23].- Godron M., 1984.- Ecologie de la végétation terrestre. Ed. Masson et C<sup>ie</sup>, Paris, 197 p.
- [24].- Trabut C. L., 1887.- D'Oran à Méchéria. Notes botanique et catalogue des plantes remarquables. Edit. A. Jourdan, 36 p.

# PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES ET ÉNERGÉTIQUES DE LA BIOMÉTHANISATION APPLIQUÉE AUX DÉJECTIONS BOVINES DANS LE CONTEXTE TUNISIEN

M'SADAK Youssef\* et BEN M'BAREK Abir

Université de Sousse, Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem, 4042, Tunisie

E-mail: [msadak.youssef@yahoo.fr](mailto:msadak.youssef@yahoo.fr)

**Résumé.-** Le présent travail consiste à étudier la Biométhanisation, appliquée aux déjections bovines, établie au niveau de quatre digesteurs expérimentaux, différents de point de vue paramètres de fonctionnement, et un autre rural à l'échelle de la ferme. Le suivi de ce dernier porte sur la détermination de certaines caractéristiques physico-chimiques des bouses introduites et sur l'analyse de principaux paramètres environnementaux afin d'établir le bilan de dépollution. Le suivi des digesteurs a mis également l'accent surtout sur l'effet de la variation de certains paramètres physico-chimiques de la digestion anaérobie, en discontinu, sur la production gazeuse quantitative et qualitative. On peut dégager particulièrement que:

- Le processus de Biométhanisation rurale permet une dépollution des Matières en Suspension (MES) et de la Demande Biologique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>).
- La production de biogaz expérimental est variable suivant les paramètres de fonctionnement adoptés. Elle est maximale en présence d'une température élevée et sous une agitation mécanique du substrat introduit.
- Le conditionnement du biogaz rural produit permet une amélioration de sa qualité aussi bien de point de vue composition que pouvoir calorifique.

**Mots clés:** Digesteurs expérimentaux; digesteur rural; déjections bovines; bilan de dépollution; quantité de biogaz; composition et pouvoir calorifique.

## ENVIRONMENTAL AND ENERGY PERFORMANCES OF THE BIOMETHANISATION APPLIED TO THE BOVINE DEJECTIONS IN THE TUNISIAN CONTEXT

**Abstract.-** This work consists in studying the Biomethanisation, applied to the bovine dejections, established on the level of four experimental digesters, different of parameters of point of view of operation, and another rural at the level of the farm. The follow-up of this last relates on the determination of certain physicochemical characteristics of the introduced dungs and to the analysis of principal environmental parameters in order to establish the assessment of depollution. The follow-up of the digesters focused also mainly on the effect of the variation of some physicochemical parameters of anaerobic digestion, discontinuous on the quantitative and qualitative gas production. One can release particularly that:

- The process of rural Biomethanisation allows an interesting depollution as Suspended Solids (MES) and Biological Oxygen Demand (DBO<sub>5</sub>).
- The production of experimental biogas is variable according to the adopted parameters of operation. It is maximal in the presence of a high temperature and under a mechanical agitation of the introduced substrate.
- The conditioning of rural biogas enables improved quality of both composition and on calorific value.

**Key words:** Experimental digesters; rural digester; bovine dejections; assessment of depollution; quantity of biogas; composition and calorific value.



## **Introduction**

Le charbon, le pétrole, le gaz naturel et divers autres sources d'énergie ont été le moteur de l'économie mondiale [1]. En effet, le développement socio-économique qui s'est produit aux deux derniers siècles aurait été impossible sans énergie. Dans les dernières années, l'agriculture est devenue, elle aussi, fortement dépendante de l'énergie et des engrais chimiques eux-mêmes fortement dépendants de l'énergie [2].

Pour faire face à la conjoncture très fluctuante des valeurs énergétiques et réduire sensiblement la pollution locale et l'effet de serre, la prospection et le développement des nouvelles sources d'énergie ont été entrepris. Ainsi, les énergies renouvelables suscitent un intérêt croissant notamment celles issues de la biomasse [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9], et plus particulièrement, le biogaz provenant de la biométhanisation des effluents agricoles [1, 3, 10, 11, 5, 12, 13, 14, 15, 16].

En l'absence d'oxygène, des bactéries dégradent partiellement la matière organique (MO), ce qui conduit à la formation d'un digestat (produit secondaire) et de biogaz (produit principal), composé majoritairement du méthane, valorisé en énergie [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33].

Cette énergie renouvelable largement disponible, peu coûteuse et non polluante est utilisée pour compléter l'énergie fossile non renouvelable et peut être convertie pratiquement en toutes formes d'énergie utile [34, 1, 35, 36, 10, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 5].

En particulier, la valorisation des déjections animales pourrait être considérée comme une solution économique, écologique et sociale à travers une autonomie énergétique et un développement agricole durable des zones rurales caractérisées par une densité animale élevée posant le plus souvent des difficultés au sein des élevages.

Le bon fonctionnement (dépollution et potentiel énergétique) du procédé de biométhanisation, est conditionné, en grande partie, par les conditions physico-chimiques du substrat à traiter, entre autres, la température, l'agitation, le pH et par le choix du type de procédé technologique (en continu ou en discontinu).

La présente étude se propose, à travers un diagnostic physico-chimique, environnemental et énergétique, d'approfondir l'analyse de certains paramètres de fonctionnement des digesteurs mis en œuvre pour traiter la biomasse bovine à l'échelle expérimentale (quatre pilotes de laboratoire) et à l'échelle rurale (un pilote de ferme) tout en appréciant la charge polluante avant et après biométhanisation et les productivités gazeuses quantitative et qualitative.

## **1.- Matériel et méthodes**

### **1.1.- Site expérimental**

Le travail engagé consiste à mettre en œuvre l'expérimentation de la biométhanisation des bouses bovines en suivant un procédé de fermentation en discontinu des digesteurs pilotes expérimentaux installés au laboratoire «Biogaz» et un autre procédé en continu du digesteur pilote rural installé à la ferme rattachée au Centre de Formation

Professionnelle Agricole en Elevage Bovin (C.F.P.A.E.B) de Sidi Thabet, Tunisie.

## 1.2.- Matériel expérimental

### 1.2.1.- Matières premières mises en fermentation

Il s'agit de la biométhanisation des bouses fraîches produites par les vaches disponibles (comme substrat) et des bouses bovines noires extraites de la fosse septique aménagée (comme inoculum). Les caractéristiques de ces deux bouses sont illustrées dans le tableau I.

**Tableau I.-** Caractéristiques des bouses bovines mises à l'essai

Nature de bouses bovines	MS (%)	pH
Bouse fraîche	31,5	6,5
Bouse noire	9,4	7,2

### 1.2.2.- Dispositif expérimental

Il s'agit de deux types de digesteurs:

- Quatre digesteurs expérimentaux, pilotes de laboratoire, pour le suivi des paramètres physico-chimiques et de la production quantitative du biogaz produit à partir de la biomasse bovine récupérée.
- Un digesteur pilote rural enterré à alimentation manuelle et continue, de capacité de l'ordre de 6 m<sup>3</sup>. Il est caractérisé par un très faible investissement et une grande simplicité puisqu'il est, en grande partie, auto-construit et n'utilisant pas d'appareillage sophistiqué.

Les caractéristiques de ces digesteurs et les différents types d'évaluation réalisés sont consignés, suivant le cas, dans le tableau II.

**Tableau II.-** Données générales sur les digesteurs mis en œuvre

Digesteur	Bouse utilisée	Température (°C)	Type d'évaluation
<b>Expérimental I</b> (sans agitation)	Fraîche	25	Effet de l'introduction de la bouse noire (inoculum) sur le démarrage de la fermentation et sur la quantité de biogaz produite
<b>Expérimental II</b> (sans agitation)	Fraîche et noire		
<b>Expérimental III</b> (sans agitation)	Fraîche	35	Effet de l'agitation Effet de la température
<b>Expérimental IV</b> (avec agitation)			
<b>Rural</b>	Fraiche et noire	Ambiante	Bilan de dépollution Productivité qualitative de biogaz

## 1.3.- Différentes phases de la productivité gazeuse

### 1.3.1.- Phases de remplissage et de démarrage

Il existe deux procédés de fermentation anaérobie auxquels correspondent deux types fondamentaux de digesteurs. Le digesteur est une enceinte conçue pour garantir

l'absence totale d'oxygène. Il est dit continu lorsqu'il est alimenté régulièrement en cours de fermentation avec un substrat liquide, la production de biogaz est alors continue. Le digesteur de type discontinu est alimenté par intermittence avec des substrats pailleux que l'on noie dans un purin de bactéries méthanogènes, la production de biogaz est discontinue, et en fin de digestion, le substrat a la texture du fumier de ferme [23].

Les deux modes de digestion en question ont été testés au niveau respectivement d'un digesteur pilote rural et de quatre digesteurs pilotes expérimentaux.

La biométhanisation expérimentale en discontinu exige ainsi un seul apport en substrat, inoculum et eau au début du processus. Une fois le remplissage accompli, le digesteur doit être étanche pour assurer l'anaérobiose ainsi que le bon déroulement de la fermentation. Au cours de cette phase, il est important de bien introduire les doses adéquates. Pour le digesteur rural, il a été rempli à 2/6 de son volume en bouse fraîche et à 1/6 en bouse noire. Cette opération s'est déroulée en une seule journée, le lendemain du remplissage du digesteur.

Il est introduit deux volumes de bouse contre un volume d'eau, alors que, pour les digesteurs expérimentaux, il est introduit au contraire deux volumes d'eau contre un volume de bouse. Le tableau III mentionne les quantités de chaque matière première introduite dans les digesteurs considérés.

**Tableau III.-** Quantités introduites de substrat, d'inoculum et d'eau

<b>Digesteur</b>	<b>Substrat (ml)</b>	<b>Inoculum (ml)</b>	<b>Eau (ml)</b>
<b>Expérimental I</b>	100	-	200
<b>Expérimental II</b>	60	30	180
<b>Expérimental III</b>	100	-	200
<b>Expérimental IV</b>	100	-	200
<b>Rural</b>	2.000.000 au départ + 50.000/j	1.000.000	0 au départ + 25.000/j

### **1.3.2.- Phase de production gazeuse**

Cette phase peut varier selon divers paramètres. Ainsi, pour les digesteurs, supports de cette étude, un suivi des paramètres physico-chimiques et énergétiques a été établi pendant la période de production de biogaz. Le début de la production gazeuse a commencé, pour le digesteur pilote rural, après 15 jours du remplissage. Ce retard de production est principalement dû à la faible température ambiante occasionnée par une période exceptionnelle de froid excessif lors de l'expérimentation. La quantité de biogaz produit par ce digesteur n'a pas pu être suivie en raison d'un dysfonctionnement survenu au niveau du débitmètre adopté sur l'installation.

### **1.4.- Méthodes d'analyse et paramètres suivis**

Les caractérisations physico-chimiques, environnementales et énergétiques quantitatives ont été opérées au laboratoire «Biogaz» du CFPAEB de Sidi Thabet, alors que les analyses qualitatives du biogaz produit ont été exécutées au Laboratoire d'Analyses

de la Société Tunisienne des Industries de Raffinage (STIR), localisée à Bizerte (Tunisie).

#### **1.4.1.- Analyses physico-chimiques**

Elles ont porté, principalement, sur les mesures du pH et de la Matière Sèche (MS). Le pH a été suivi quotidiennement uniquement pour le cas des digesteurs expérimentaux. Concernant le taux de MS, cette analyse a été effectuée une seule fois sur les mélanges introduits pour les quatre digesteurs expérimentaux, alors que pour le digesteur rural, on s'est intéressé respectivement au mélange initialement introduit (bouse fraîche + bouse noire) et au mélange introduit ultérieurement (bouse fraîche uniquement).

#### **1.4.2.- Suivi environnemental**

Les paramètres environnementaux auxquels on s'est intéressé sont relatifs à la charge polluante: Taux des Matières En Suspension (MES), Demande Biologique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>) et Demande Chimique en Oxygène (DCO) de la matière digérée provenant uniquement du digesteur rural.

Pour les MES, elles correspondent à l'ensemble de particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée [45]. Sa détermination permet d'estimer la biomasse bactérienne dans le digesteur [46]. L'analyse repose sur le principe de quantifier toutes les matières pouvant être décantables après élimination de la majeure partie de l'eau par filtration et évaporation dans l'étuve à 105°C.

Concernant la DBO<sub>5</sub>, ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en Matière Organique (MO) biodégradable d'une eau au cours des procédés d'autoépuration. Comme toute MO biodégradable polluante entraîne une consommation de l'oxygène (O<sub>2</sub>), le principe de la mesure de la DBO<sub>5</sub> repose, alors, sur la quantification de l'O<sub>2</sub> consommé après incubation de l'échantillon durant 5 jours.

Pour la DCO, elle traduit, en quantité d'O<sub>2</sub> dans les conditions de l'essai, le potentiel d'oxydation d'un oxydant chimique décomposé par les substances réductrices contenues dans l'échantillon examiné. La DCO intéresse indifféremment les substances minérales et organiques. Elle permet la mesure de la totalité des substances oxydables, ce qui inclut celles qui sont biodégradables.

#### **1.4.3.- Suivi de la productivité quantitative gazeuse**

Le suivi quantitatif a porté uniquement sur la production gazeuse des digesteurs expérimentaux afin de déterminer l'effet de la variation de quelques paramètres physico-chimiques sur la quantité produite de biogaz. Pour la quantification gazeuse, on a disposé d'un bac rempli d'eau dans lequel, on a installé des béchers gradués pour récupérer le gaz produit (le gaz va chasser l'eau et prendre sa place, d'où, on peut lire directement la quantité produite à partir des graduations).

#### **1.4.4. Suivi de la productivité qualitative gazeuse**

Le suivi qualitatif de la production gazeuse s'est limité au digesteur rural. Le prélèvement de l'échantillon a été réalisé une seule fois sur le gaz inflammable produit. On procède pour le prélèvement du gaz comme suit: Une vessie de ballon utilisée comme

chambre à air a servi pour le stockage du gaz produit. Cette vessie est remplie au fur et à mesure qu'il y a production gazeuse.

L'analyse de la productivité qualitative de biogaz comprend généralement une détermination de la composition du biogaz produit et du rendement technologique du digesteur étudié exprimé, soit en m<sup>3</sup> de gaz produit/m<sup>3</sup> utile de digesteur/jour, soit en CH<sub>4</sub>/unité de volume du digesteur/jour.

L'étude s'est limitée à la composition du biogaz produit. Pour l'analyse, on a eu recours à la technique de chromatographie en phase gazeuse (CPG) qui consiste à séparer les molécules d'un mélange très complexe de nature et de volatilité très diverses. Cette technique est convenable pour les composés gazeux ou susceptibles d'être vaporisés par chauffage sans décomposition. Les composants déterminés par cette méthode sont les suivants: % de méthane (CH<sub>4</sub>), % de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), % de Sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S) et % d'hydrogène (H<sub>2</sub>) [47].

En outre, on s'est intéressé également au potentiel énergétique en estimant les valeurs inférieures et supérieures du pouvoir calorifique (PC), respectivement notées PCI et PCS. Rappelons que le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de 1 m<sup>3</sup> Normal de gaz sec (quantité de matière gazeuse qu'occupe 1 m<sup>3</sup> dans les conditions normales de température et de pression (0°C sous 1 Atmosphère) dans l'air à une pression absolue constante égale à 1,01325 bars. Il est généralement exprimé en kWh/m<sup>3</sup>, kcal/m<sup>3</sup> ou kcal/kg [48].

Les deux pouvoirs calorifiques généralement considérés s'expriment l'un en fonction de l'autre selon l'expression ci-après [47, 48].

$$PCS = PCI + \text{Chaleur latente de vaporisation}$$

Le PCI est l'énergie résultante de la combustion sans tenir compte de l'énergie consacrée à la vaporisation de l'eau. Cette énergie est calculée lorsque l'eau produite par la combustion reste à l'état de vapeur. L'eau formée pendant la combustion est ramenée à l'état liquide, les autres produits étant à l'état de gaz. Ainsi, la chaleur latente de vaporisation est celle nécessaire pour transformer 1 kg d'eau en vapeur.

## **2.- Résultats et discussion**

### **2.1.- Suivi physico-chimique**

#### **2.1.1.- Conditions à remplir avant le démarrage de la Biométhanisation**

Le démarrage de la fermentation anaérobie est une phase critique dans la production du biogaz, donc elle doit être bien soignée, afin que le processus débute le plus rapidement que possible. Les paramètres les plus exigeants pour un démarrage rapide sont un pH proche de la neutralité et une stabilité entre les populations bactériennes. Pour cela, il s'est avéré indispensable d'introduire la bouse noire qui garantit l'existence des bactéries. Il fallait, encore, avoir une température convenable pour le fonctionnement des bactéries et surtout assurer une agitation permettant une répartition homogène des bactéries méthanogènes au sein du digesteur, ce qui améliore la production gazeuse.

### **2.1.2.- Suivi du pH**

La phase de démarrage est indispensable pour la constitution des populations bactériennes qui vont effectuer la fermentation, et par la suite, vont assurer une marge de pH permettant la production de biogaz.

On admet que le pH est le premier indicateur du mauvais fonctionnement éventuel d'un digesteur. Le pH optimum de la digestion anaérobie se situe autour de la neutralité, il est de 6,8 à 7,5. Si la valeur du pH est inférieure à 6,5 ou supérieure à 7,5, les bactéries seront alors inhibées [49].

Le suivi analytique a concerné le contrôle du pH avec l'ajout éventuel d'une quantité de NaOH (2,5N) afin de corriger le pH, en cas de chute au-dessous de la valeur limite pour la production de biogaz, qui est de 6,5. A cet égard, on a procédé à l'ajout de NaOH au cours des expérimentations mises en œuvre.

#### **2.1.2.1.- Effet de l'inoculum sur le démarrage de la fermentation**

Au démarrage, le pH commence avec une valeur de 6,2 au 1<sup>er</sup> jour pour les deux digesteurs I et II considérés. On a pu constater que l'ajout de l'inoculum n'a pas beaucoup d'influence sur l'évolution du pH dans le cas du digesteur II, en comparaison avec l'évolution au niveau du digesteur I. La correction du pH a été réalisée dès le 1<sup>er</sup> jour avec une solution de NaOH pour atteindre le seuil minimum recherché de 6,5. Les deux digesteurs en question réagissent ainsi presque de la même façon.

#### **2.1.2.2.- Effet de l'agitation sur le démarrage de la fermentation**

Au niveau des digesteurs III et IV, on a pu discerner que l'agitation mécanique a un effet appréciable sur la rapidité du processus de fermentation. Pour le digesteur IV agité, le pH évolue, ainsi, rapidement pour atteindre une valeur maximale au 15<sup>ème</sup> jour dépassant le pH limite (supérieur à 8). Le pH atteint déjà la valeur de 8 à partir du 13<sup>ème</sup> jour. Pour le digesteur III, la période de fonctionnement s'est prolongée jusqu'au 18<sup>ème</sup> jour, le biogaz était produit même à des valeurs de pH atteignant 7,9 et il s'est annulé pour un pH égal à 8,2.

Rappelons que l'on a procédé à la correction du pH dès le 1<sup>er</sup> jour avec une solution de NaOH pour atteindre la limite inférieure de 6,5.

#### **2.1.2.3.- Effet de la température sur le démarrage de la fermentation**

L'évolution du pH au niveau du digesteur III a présenté trois phases: une première phase de croissance du 2<sup>ème</sup> au 4<sup>ème</sup> jour en passant d'un pH variant de 6,4 à 7,4. Le pH diminue par la suite jusqu'au 8<sup>ème</sup> jour pour atteindre une valeur de pH de 6,85 (phase de décroissance). Vers le 9<sup>ème</sup> jour, le pH augmente d'une façon linéaire pour accéder à une valeur maximale le dernier jour de la production gazeuse. Contrairement au digesteur III, la courbe d'évolution du pH au niveau du digesteur I suit une allure presque linéaire le long de deux semaines (jusqu'au 16<sup>ème</sup> jour). Les valeurs diminuent brusquement puis augmentent pour atteindre une valeur maximale égale à 8,25 le dernier jour.

### 2.1.3.- Détermination de la MS

Les résultats des analyses de MS sont récapitulés, pour les divers digesteurs, dans le tableau IV.

**Tableau IV.-** Pourcentages (%) MS des substrats introduits dans les différents digesteurs

Digesteur	Pourcentages (%) MS des mélanges introduits	
<b>Expérimental I</b>	15,8	
<b>Expérimental II</b>	13,6	
<b>Expérimental III</b>	16,6	
<b>Expérimental IV</b>	15,3	
<b>Rural</b>	Introduction initiale (bouse fraîche + Bouse noire)	Introduction ultérieure (bouse fraîche)
	5,3	7,5

L'analyse des données du tableau IV permet de constater qu'au niveau de tous les digesteurs expérimentaux, les pourcentages de MS sont presque similaires (allant de 13,6% à 16,6%). La plus faible valeur de MS a été enregistrée dans le cas du digesteur II.

Rappelons que l'objectif recherché lors de cette expérimentation était la comparaison de la biométhanisation en faisant varier certains paramètres (inoculum, agitation et température) tout en gardant autant que possible des conditions expérimentales analogues (pH, MS, ...).

En ce qui concerne le digesteur rural, le mélange introduit présente un taux de MS faible par rapport au substrat introduit ultérieurement (5,3% contre 7,5%). Il est également plus faible que celui utilisé dans le digesteur II. Une telle pratique rurale a été dictée par l'intérêt d'une bonne dilution des bouses introduites pour une meilleure production de biogaz.

### 2.2.- Suivi environnemental

Ce suivi a touché seulement le digesteur rural. L'analyse des MES et de la DBO<sub>5</sub> a été effectuée sur les deux mélanges initialement et ultérieurement introduits, alors que pour la DCO, les mesures ont été réalisées une seule fois sur le mélange initial. Les résultats sont donnés dans le tableau V.

Le bilan de dépollution des MES comme celui de la DBO<sub>5</sub> augmente en fonction de la concentration de MS introduite dans le digesteur. En effet, la réduction des MES est plus importante quand le pourcentage de MS est plus élevé.

Les digesteurs sont avant tout des outils de dépollution et le rendement d'épuration donnent une image sur l'efficacité du traitement [49]. Malheureusement, on n'a pas eu la chance de vérifier intégralement cette efficacité puisque l'on n'a pas pu déterminer le bilan de dépollution de la DCO, suite au dysfonctionnement survenu au niveau de l'appareillage de mesure disponible.

**Tableau V.-** Suivi de principaux paramètres environnementaux du digesteur rural (Mélange 1: Mélange initialement introduit et Mélange 2: Mélange ultérieurement introduit)

<b>Paramètres suivis</b>	<b>Mélange 1*</b>	<b>Mélange 2*</b>
MES avant fermentation (mg/l)	13,9	20,5
MES après fermentation (mg/l)	12,3	12,2
<b>Bilan de dépollution des MES (%)</b>	<b>11,5</b>	<b>40,4</b>
DBO <sub>5</sub> début fermentation (mg d'O <sub>2</sub> /l)	406,7	573,5
DBO <sub>5</sub> fin fermentation (mg d'O <sub>2</sub> /l)	323,7	354,2
<b>Bilan de dépollution de la DBO<sub>5</sub> (%)</b>	<b>20,4</b>	<b>38,1</b>
DCO (mg d'O <sub>2</sub> /l) début fermentation	14,6	-

### 2.3.- Suivi quantitatif de la productivité gazeuse des digesteurs expérimentaux

La production de gaz dans les digesteurs expérimentaux, conduits en discontinu, a débuté après la phase de démarrage avec une quantité croissante progressivement pour atteindre un niveau de production stable, puis, elle commence à chuter.

#### 2.3.1.- Incidence de l'inoculum sur la productivité gazeuse

L'entrée en production de biogaz pour le digesteur II a débuté dès que la valeur limite inférieure de pH convenable pour la production de biogaz a été atteinte (le 5<sup>ème</sup> jour). Contrairement, dans le cas du digesteur I, la phase de démarrage a présenté des valeurs de pH convenables pour la production de biogaz, mais, il n'y avait de biogaz produit que le 7<sup>ème</sup> jour. Ce résultat pourrait être probablement dû aux populations bactériennes non encore suffisamment formées.

L'entrée rapide en production du digesteur II est due à la présence de bouse noire qui garantit l'existence des populations bactériennes, permettant ainsi un gain de deux jours dans la phase de démarrage. Néanmoins, ceci a une influence sur la durée de sa phase de production qui a été plus courte, en raison de son entrée en production plus rapide.

À propos de la production journalière, malgré que le pic enregistré du biogaz produit corresponde au digesteur I, la quantité totale de production a été un peu plus élevée en faveur du digesteur II (141 ml de biogaz produit contre 136 ml pour le digesteur I).

#### 2.3.2.- Incidence de l'agitation sur la productivité gazeuse

Le suivi de l'incidence de l'agitation sur le déroulement du processus de production de biogaz est comparable à l'effet de l'ajout de l'inoculum de point de vue rapidité du processus de production (relation de proportionnalité).

L'effet considérable de l'agitation dans un digesteur est dû au fait que l'agitation permet de dégager les bulles de gaz à partir des couches profondes, de maintenir l'homogénéité de la température à différents niveaux et d'éviter la consolidation de la croûte à la surface du digesteur. Elle favorise, en plus, l'approvisionnement des bactéries en substances nutritives et leur transport au substrat frais, nouvellement introduit. Ceci influe positivement sur l'évolution de la productivité du digesteur IV (187 ml de biogaz produit contre 134 ml pour le digesteur III). Les pics de production journalière enregistrés, sont de l'ordre de 25 ml/j et 27 ml/j correspondant respectivement aux digesteurs III et IV.



### 2.3.3.- Incidence de la température sur la productivité gazeuse

Le suivi de l'effet de l'augmentation de la température sur le déroulement du processus de production de biogaz a été apprécié en comparant les courbes d'évolution de la productivité de deux digesteurs I et III. Plus la température est élevée ( $T^{\circ} = 35^{\circ}\text{C}$  au lieu de  $T^{\circ} = 25^{\circ}\text{C}$ ), plus la productivité gazeuse était importante et le processus de production était rapide.

## 2.4.- Caractérisation qualitative de la productivité gazeuse du digesteur rural

### 2.4.1.- Composition du biogaz produit

Le biogaz produit par le digesteur rural a subi un conditionnement (filtration et réduction de l'humidité). À cet égard, le suivi a été réalisé avant et après conditionnement pour apprécier qualitativement l'importance de ce dernier. L'évaluation de la performance de conditionnement réalisé est interprétée à partir des résultats d'analyse de la composition du biogaz produit relatés dans le tableau VI.

**Tableau VI.-** Composition du biogaz produit au niveau du digesteur rural

	CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	H <sub>2</sub> S (%)	H <sub>2</sub> (%)
<b>Avant conditionnement</b>	58,1	40,9	Traces	Traces
<b>Après conditionnement</b>	66,1	32,7	Traces	Traces

D'après les résultats obtenus, le pourcentage de méthane (CH<sub>4</sub>) avant conditionnement est proche de la réalité de la biomasse bovine traitée (58%). Ce pourcentage a augmenté de 8% après conditionnement, ce qui donne de l'importance au traitement du biogaz, puisqu'il assure davantage une réduction en éléments polluants (CO<sub>2</sub>, ...) ainsi qu'une intensification de la concentration en CH<sub>4</sub>.

À propos du pourcentage de CO<sub>2</sub>, il s'est réduit avec l'augmentation de la concentration en MS. Ceci pourrait être expliqué par la dissolution de l'ammoniac, élevant ainsi la valeur du pH.

### 2.4.2.- Pouvoir calorifique du biogaz produit

Les résultats obtenus correspondant aux pouvoirs calorifiques PCI et PCS avant et après conditionnement du biogaz sont indiqués dans le tableau VII. Selon MONZAMBE (2002), la valeur calorifique du biogaz est proportionnelle à sa teneur en CH<sub>4</sub>. Elle varie entre 5000 et 8500 kcal/m<sup>3</sup> [50]. L'analyse des résultats permet de constater que les pouvoirs calorifiques répondent aux normes, tout en dévoilant l'intérêt qualitatif du conditionnement adopté.

**Tableau VII.-** Résultats de pouvoir calorifique du biogaz de digesteur rural

	PCI (kcal /Nm <sup>3</sup> )	PCS (kcal /Nm <sup>3</sup> )
<b>Avant conditionnement</b>	4973	5532
<b>Après conditionnement</b>	5210	5932

## Conclusion

Les résultats des expérimentations réalisées lors de cette étude, relative à la biométhanisation appliquée à la biomasse bovine, montrent que la performance d'un digesteur, quelque soit expérimental ou rural, d'un point de vue production gazeuse dépend essentiellement de la nature des matières à fermenter, de l'agitation du substrat, de la température maintenue au cours de la digestion et aussi de l'ajustement du pH et de la MS introduite.

Il ressort essentiellement les constatations ci-après.

- Les suivis des MES et de la DBO<sub>5</sub> dans le cas du digesteur rural des bouses bovines ont montré que la biométhanisation permet une réduction de la charge polluante qui prend plus d'importance avec l'augmentation de la concentration en MS de la matière à fermenter démontrant ainsi que la biométhanisation est un procédé très bénéfique en termes de valorisation énergétique et de recyclage de la MO pour la préservation de l'environnement.
- L'évaluation quantitative du biogaz produit par les divers digesteurs expérimentaux étudiés révèle que la production maximale enregistrée de biogaz est obtenue avec une fermentation discontinue à une température égale à 35°C et avec agitation (digesteur IV) aussi bien sur le plan pic de production (27 ml/j) que sur le plan quantité totale produite (187 ml).
- La caractérisation qualitative du biogaz rural issu des bouses bovines montre un intérêt certain du post-traitement par conditionnement et une qualité acceptable sur les plans composition et pouvoir calorifique.

Dans l'avenir, il est recommandé de réaliser les mêmes suivis environnemental et énergétique sur les deux types de digesteurs (expérimental et rural) en adoptant le même mode de digestion (procédé en discontinu ou en continu), et surtout être soumis aux mêmes conditions pour mieux valoriser les résultats obtenus. Une étude comparée permet de choisir les conditions de fonctionnement assurant la bonne performance du digesteur à mettre en œuvre.

## Remerciements

Ce travail a été rendu possible grâce à la contribution:

- du Centre de Formation Professionnelle Agricole en Elevage Bovin (CFPAEB) de Sidi Thabet, Tunisie, qui a mis à notre disposition son laboratoire «Biogaz» (analyses physico-chimiques et caractérisations quantitatives) et ses digesteurs (expérimentaux et rural) acquis dans le cadre de la Coopération Tuniso-Chinoise.
- de la Société Tunisienne des Industries de Raffinage (STIR) de Bizerte qui nous a permis la réalisation des analyses qualitatives du biogaz produit.

## Références bibliographiques

- [1].- Tou I., Igoud S., Touzi A., 2001.- Production de Biométhane à Partir des Déjections Animales. Rev. Energ. Ren.: Production et Valorisation-Biomasse: 103-108.  
[http://www.cder.dz/download/bio\\_17.pdf](http://www.cder.dz/download/bio_17.pdf)
- [2].- Servigne P., 2012.- Une agriculture sans pétrole. Pistes pour des systems alimentaires résilients. Barricade, liege, Belgique, 36 p.  
[www.barricade.be/sites/.../2012servigne-agriculturesanspetrole-4.pdf](http://www.barricade.be/sites/.../2012servigne-agriculturesanspetrole-4.pdf)

- [3].- Mbuligwe S.E., Kassenga G.R., 2004.- Feasibility and strategies for anaerobic digestion of solid waste for energy production in Dar es Salaam City, Tanzania. *Resources, Conservation and Recycling* (42), 2004, 183-203.  
[top25.sciencedirect.com/.../resources-conservation-an...](http://top25.sciencedirect.com/.../resources-conservation-an...)
- [4].- Afilal M.E., Moncif M., Benyamna A., 2007.- Valorisation des déchets organiques par fermentation méthanique. *Rev. Energ. Ren. : CER'07 Oujda*: 9-12.  
[www.cder.dz/download/cer07\\_2.pdf](http://www.cder.dz/download/cer07_2.pdf)
- [5].- Schievano A., D'Imporzano G., Adani F., 2009.- Substituting energy crops with organic wastes and agro-industrial residues for biogas production. *Journal of Environmental Management* (90): 2537-2541.  
[www.researchgate.net/...Substituting\\_energy\\_crops\\_](http://www.researchgate.net/...Substituting_energy_crops_)
- [6].- Afilal M.E., Bakx A., Belakhdar N., Membrez Y., 2010.- Evaluation of the biogas potential of organic waste in the northern provinces of Morocco. *Rev. Energ. Ren.*, vol. 13 n° 2: 249-255. [www.cder.dz/download/Art13-2\\_5.pdf](http://www.cder.dz/download/Art13-2_5.pdf)
- [7].- Afilal M.E., Belkhadir N., Daoudi H., Elasri O., 2013a.- Fermentation méthanique des différents substrats organiques (Methanic fermentation of different organic substrates). *J. Mater. Environ. Sci.*, 4 (1): 11-16.  
[www.jmaterenvirosci.com/Document/vol4/2-JMES-190-2012-Afilal.pdf](http://www.jmaterenvirosci.com/Document/vol4/2-JMES-190-2012-Afilal.pdf)
- [8].- Afilal M.E., Belkhadir N., Merzak Z., 2013b.- Biogas Production from Anaerobic Digestion of Manure Waste Moroccan Case. *Global Journal of Science Frontier Research Biological Sciences*, vol. XIII Issue I, 3 p.  
[journalofscience.org/index.php/GJSFR/article/.../636](http://journalofscience.org/index.php/GJSFR/article/.../636)
- [9].- Afilal M.E., Elasri O., Merzak Z., 2014.- Caractérisations des déchets organiques et évaluation du potentiel Biogaz (Organic waste characterization and evaluation of its potential biogas). *J. Mater. Environ. Sci.*, 5 (4): 1160-1169.  
[www.jmaterenvirosci.com/Document/.../144-JMES-808-2014-Afilal.pdf](http://www.jmaterenvirosci.com/Document/.../144-JMES-808-2014-Afilal.pdf)
- [10].- Tsai W.T., Chou Y.H., Chang Y.M., 2004.- Progress in energy utilization from agrowastes in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (8), 2004, 461-481. [top25.sciencedirect.com/.../energy/.../renewable-and-s](http://top25.sciencedirect.com/.../energy/.../renewable-and-s).
- [11].- Amand G., Bonnouvrier A., Chevalier D., Dezat E., Nicolas C., Ponchant P., 2008.- Les consommations d'énergie dans les bâtiments avicoles. Quelques repères sur les consommations d'énergie et propositions de pistes d'amélioration. Éd. ITAVI, 1<sup>ère</sup> édition, 28 p. [www.itavi.asso.fr/elevage/batiment/energie\\_aviculture\\_ademe.pdf](http://www.itavi.asso.fr/elevage/batiment/energie_aviculture_ademe.pdf)
- [12].- Guendouz J., Buffière P., Cacho J., Carrère M., Delgenes J.P., 2010.- Dry anaerobic digestion in batch mode: Design and operation of a laboratory-scale, completely mixed reactor. *Waste Management*, 30 (10), 2010, 1768-1771.  
[www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20096555](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20096555)
- [13].- M'Sadak Y., Ben M'Barek A., Baraket S., 2012.- Suivis physico-chimique et énergétique de la Biométhanisation expérimentale appliquée à la biomasse bovine.

- Revue Nature & Technologie, n° 7, Juin 2012, 81-86.  
[http://www.univ-chlef.dz/RevueNatec/Art\\_07\\_10.pdf](http://www.univ-chlef.dz/RevueNatec/Art_07_10.pdf)
- [14].- M'Sadak Y., Zoghلامي R.I., 2012.- Caractérisations physico-chimique, environnementale et énergétique de la Biométhanisation industrielle avicole en Tunisie semi-aride. Algerian Journal of Arid Environment (AJAE), vol. 2 n° 2: 16-27. [www.univ-ouargla.dz/Pagesweb/PressUniversitaire/doc/.../E020202.pdf](http://www.univ-ouargla.dz/Pagesweb/PressUniversitaire/doc/.../E020202.pdf)
- [15].- M'Sadak Y., Ben M'Barek A., Zoghلامي R.I., 2013.- Diagnostics environnemental et énergétique des digesteurs anaérobies expérimentaux des fientes avicoles. Revue Nature et Technologie, n°. 8 (C): 19-26. [www.univ-chlef.dz/revuenatec/Art\\_08\\_C\\_03.pdf](http://www.univ-chlef.dz/revuenatec/Art_08_C_03.pdf)
- [16].- M'Sadak Y., Ben M'Barek A. 2013.- Energy, environmental and agronomic valorizations of the rural biomethanisation of the bovine biomass. International Journal of Innovation and Applied Studies (IJIAS), vol. 4, n° 2, 343-352. [www.issr-journals.org/ijias/fr/authid.php?id=612](http://www.issr-journals.org/ijias/fr/authid.php?id=612)
- [17].- Brondeau P., De La Farge B., Héduit M., 1982.- Un nouveau procédé de fermentation méthanique en continu pour les lisiers: Production d'énergie, dépollution et désodorisation. Revue Génie Rural, Janvier-Février, n° 1-2, 5-10.
- [18].- Jain M.K., Singh R., Tauro P., 1982.- Biochemical changes during anaerobic digestion of animal wastes. Journal Water Research, 16 (4), 411-415.
- [19].- Shiralipour A., Smith P.H., 1984.- Conversion of biomass into methane gas. Journal Biomass, 6 (1-2), 85-92. <http://www.refdoc.fr/Detailnotice?idarticle=12234264>
- [20].- Hessami M.A., Christensen S., Gani R., 1996.- Anaerobic Digestion of Household Organic Waste to Produce Biogas. In: Proceedings of the World Renewable Energy Congress (WREC'96), 954-957.
- [21].- Mallard P., Rogeau D., Gabrielle B., Vignoles M., Sablayrolles C., Le Corff V., Carrère M., Renou S., Vial E., Muller O., Pierre N., Coppin Y., 2005.- Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets. Rapport final de l'étude répondant au Marché No. 0375C0081 entre l'ADEME et le Groupement CEMAGREF-INRA-CREED-Anjou Recherche-Ecobilan-Orval, 331 p.  
[www2.ademe.fr/servlet/getBin?name...pdf](http://www2.ademe.fr/servlet/getBin?name...pdf)
- [22].- Maurer M., 2005.- Programme Energivie - Biogaz agricole. Note de synthèse : Analyse des points bloquants à l'émergence de sites pilotes, 7 p.  
[www.energivie.info/.../biogaz/...biogaz/annexe-emergence-biogaz-alsace...](http://www.energivie.info/.../biogaz/...biogaz/annexe-emergence-biogaz-alsace...)
- [23].- Almoustapha O., Millogo-Rasolodimby J., 2008.- Production de biogaz et de compost à partir de eichhorniacrassipes, (mart) solms-laub (pontederiaceae) pour un développement durable en Afrique sahélienne. Revue Vertigo, 8 (1).  
<http://vertigo.revues.org/1227>
- [24].- Saidi A., Abada B., 2007.- La biométhanisation: une solution pour un développement durable. Rev. Energ. Ren.: CER'07 Oujda: 31-35.

[www.cder.dz/download/cer07\\_7.pdf](http://www.cder.dz/download/cer07_7.pdf)

- [25].- Beauregard, S. 2008.- La méthanisation du lisier de porcs dans une optique de développement durable. Conférence présentée dans le cadre des 17<sup>ème</sup> Journées Agricoles et Agroalimentaires, Montréal-Laval-Lanaudière, Journée sur la Production Porcine, Saint-Charles-Boromé, 14 p.
- [26].- Brodeur C., Crowley D., Desmeules X., Pigeon S., St-Arnaud R.M., 2008.- La Biométhanisation à la ferme. Publication n°. EVC 033, Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ), 18 p.
- [27].- Hilkiyah Igoni A., Ayotamuno M.J., Eze C.L., Ogaji S.O.T., Probert S.D., 2008.- Designs of anaerobic digesters for producing biogas from municipal solid- waste. *Applied Energy* (85): 430-438. [ideas.repec.org/a/eee/.../v85y2008i6p430-438.html](http://ideas.repec.org/a/eee/.../v85y2008i6p430-438.html)
- [28].- Pouech Ph., 2008.- Principales caractéristiques des digestats. Recueil des interventions de la Journée Technique Nationale, ADEME, France: « Réussir un projet de méthanisation associant des déchets ménagers agricoles et industriels. Les points clés. », 6 p.
- [29].- Bouallagui H., Lahdheb H., Ben Romdan E., Rachdi B., Hamdi M., 2009.- Improvement of fruit and vegetable waste anaerobic digestion performance and stability with co-substrates addition. *Journal of Environmental Management* (90), 1844-1849.  
[www.sciencedirect.com/science/.../pdf?...1...](http://www.sciencedirect.com/science/.../pdf?...1...)
- [30].- Delacour E., 2009.- La méthanisation : production d'énergie et de compost à partir des déchets collectés sur le territoire. *Bioénergies, quelles utilisations et quels enjeux en Picardie ? Printemps de l'industrie*, 18 p.
- [31].- Frantz R., Meier Wawrzyniak V., 2009.- La méthanisation agricole en France: Quelle technologie? Voie liquide continue ? Voie sèche ? *Ateliers SIMA 2009*, 17 p.
- [32].- Tambone F., Genevini P., D'Imporzano G., Adani F., 2009.- Assessing amendment properties of digestate by studying the organic matter composition and the degree of biological stability during the anaerobic digestion of the organic fraction of MSW. *Bioresource Technology* (100): 3140-3142.  
[air.unimi.it/.../Tambone%20et%20al%2020091%20B...](http://air.unimi.it/.../Tambone%20et%20al%2020091%20B...)
- [33].- Karellas S., Boukis I., Kontopoulos G., 2010.- Development of an investment decision tool for biogas production from agricultural waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (14): 1273-1282.  
[www.sciencedirect.com/science/.../pdf?...1...](http://www.sciencedirect.com/science/.../pdf?...1...)
- [34].- Erguder T.H., Tezel U., Guven E., Demirer G.N., 2001.- Anaerobic biotransformation and methane generation potential of cheese whey in batch and UASB reactors. *Waste Manage.*, 21 (7): 643-650.
- [35].- Angelidaki I., Ellegaard L., 2003.- Codigestion of manure and organic wastes in centralized biogas plants: status and future trends. *Appl. Biochem. Biotech.*, 109 (1-

3): 95-105.

- [36].- RECORD, 2003.- Méthanisation des déchets organiques. Étude bibliographique, No. 01-0408/1A, 194 p.  
[www.emse.fr/tice/uved/gidem/res/record\\_methanisation.pdf](http://www.emse.fr/tice/uved/gidem/res/record_methanisation.pdf)
- [37].- Westerman P., Bicudo J., 2005.- Management considerations for organic waste use in agriculture. *Bioresour. Technol.* (96): 215-221.  
[www.sciencedirect.com/science/.../pdf?...1...](http://www.sciencedirect.com/science/.../pdf?...1...)
- [38].- Albertson-Maurice L., Pruden A., Oliver R.T., 2006.- Enhanced anaerobic digestion of biomass waste for optimized production of renewable energy and solids for compost. *International Congress Series*, vol. 1293, 221-229.  
[www.sciencedirect.com/science/journal/.../1293](http://www.sciencedirect.com/science/journal/.../1293)
- [39].- Gomez X., Cuetos M.J., Cara J., Moran A., Garcia A.I., 2006.- Technical Note Anaerobic co-digestion of primary sludge and the fruit and vegetable fraction of the municipal solid wastes: Conditions for mixing and evaluation of the organic loading rate. *Renewable Energy* (31): 2017-2024.
- [40].- Buffière P., Carrère M., Lemaire O., Vasquez J., 2007.- Guide méthodologique pour l'exploitation des unités de méthanisation de déchets solides. *Projet METHAPI-Expertise*, 40 p.
- [41].- Chavanne X. et Frang J.P., 2008.- Le rendement énergétique de la production d'éthanol à partir de maïs. *C. R. Geoscience* (340): 263-287.
- [42].- Macias-Corral M., Samani Z., Hanson A., Smith G., Funk P., Yu H., Longworth J., 2008.- Anaerobic digestion of municipal solid waste and agricultural waste and the effect of co-digestion with dairy cow manure. *Bioresource Technology*, 99 (17): 8288-8293. [www.unboundmedicine.com/.../Anaerobic\\_digestion...](http://www.unboundmedicine.com/.../Anaerobic_digestion...)
- [43].- Schievano A., Pognani M., D'Imporzano G, Adani F., 2008.- Predicting anaerobic biogasification potential of ingestates and digestates of a full-scale biogas plant using chemical and biological parameters. *Bioresource Technology* 99 (17): 8112-8117.  
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/09608...>
- [44].- Holm-Nielsen J.B., Al Seadi T., Oleskowicz-Popiel P., 2009.- The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technology* 100 (22): 5478-5484. [top25.sciencedirect.com/.../bioresource-technology/...](http://top25.sciencedirect.com/.../bioresource-technology/...)
- [45].- Ramade F., 1993.- *Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement*, Édiscience internationale, Paris, France, 822 p.
- [46].- Moletta R., 1989.- Contrôle et conduite des digesteurs anaérobies. *Revue des Sciences de l'Eau* (2): 265-293. [www.rse.inrs.ca/art/volume2/v2n2\\_265.pdf](http://www.rse.inrs.ca/art/volume2/v2n2_265.pdf)
- [47].- Hess J. 2007.- Modélisation de la qualité du biogaz produit par un fermenteur méthanogène et stratégie de régulation en vue de sa valorisation. Thèse de Doctorat, Université de Nice- Sophia Antipolis-UFR Sciences, France, 228 p.

[https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00257347/PDF/These\\_JHess.pdf](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00257347/PDF/These_JHess.pdf)

- [48].- Moletta R., 2015.- La méthanisation, 3ème Éd., Lavoisier, Paris, France, 513 p.  
<https://books.google.ca/books?isbn=2743069910>
- [49].- Roque H., 1981.- Fondements théoriques du traitement biologique des eaux. Chap. 3-6: Traitement anaérobie: 1476-1532.
- [50].- Mozambe M., 2002.- La problématique de la biométhanisation en République démocratique du Congo. Université du Québec, Canada, 38 p.



## VALORISATION DES MARGINES POUR AMELIORER LA QUALITE DES SOLS DANS LES ZONES ARIDES TUNISIENNES

BOUJILA Khedija<sup>1\*</sup>, ELLEFI Kamel<sup>2</sup> et TAAMALLAH Houcine<sup>3</sup>

<sup>(1)</sup>Département de Science de Production végétale de l'Institut National Agronomique de Tunisie (INAT) Université de Carthage, 43, Avenue Charles Nicolle-Tunis-Mahrajène, Tunisie

<sup>(2)</sup>Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne, Tunisie

<sup>(3)</sup>Laboratoire d'Érémologie et Lutte Contre la Désertification de l'Institut des Régions Arides, Médenine, Tunisie

\*E-mail: [bouajilakhedija@yahoo.com](mailto:bouajilakhedija@yahoo.com)

**Résumé.-** Les sols des régions arides sont relativement pauvres en matière organique. Cet appauvrissement est accéléré par l'intensification des cultures, la texture légère de ces sols et le non restitution des résidus des cultures dans le sol. L'épuisement de la matière organique de ces sols accentue la dégradation et la diminution de leur fertilité favorisant ainsi les processus d'érosion et de désertification. Afin de préserver ces sols et maintenir leur productivité, l'apport des amendements organiques devient indispensable. Cependant, ces amendements ne sont pas toujours disponibles et leur qualité laisse souvent à désirer. Parmi ces amendements, les margines peuvent constituer un éventuel amendement pour les sols des régions arides pauvres en cet élément. Dans ce cadre, nous avons procédé à un essai d'épandage de margines sur un sol sablonneux de Médenine (sud de la Tunisie) non cultivé en pots dans le but de valoriser les effets bénéfiques et néfastes de cet effluent sur les caractéristiques chimiques du sol. Trois doses croissantes des margines ( $T_{50} = 50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ;  $T_{100} = 100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  et  $T_{200} = 200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) ont été appliquées et comparées à un témoin non amendé. Le taux de matière organique a augmenté au fur et à mesure des application des doses croissantes des margines (0.81%; 1.53% et 3.2% pour les traitements  $T_{50}$ ;  $T_{100}$  et  $T_{200}$ ) par rapport au témoin (0.3%). Des diminutions de ces taux ont été enregistrés au cours du temps. En outre, les deux types d'irrigation ne modifient que légèrement les teneurs de la matière organique dans les sols. Les concentrations en potassium échangeable augmentent avec les doses des margines appliquée (50, 240 et 330 mg/kg pour les traitements 50; 100 et 200  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) contre 39 mg/kg pour le témoin. Alors que l'application des irrigations n'a pas affecté les teneurs en potassium échangeable. Parcontre le pH des échantillons traités restent inchangés. Ainsi que la conductivité électrique du sol n'a pas augmenté d'une manière significative.

**Mots clés:** valorisation des margines, amendements organiques, fertilisation, sols des zones arides.

## VALORIZATION OF OIL MILL WASTEWATER (OMW) TO IMPROVE THE QUALITY OF SOILS IN TUNISIAN DRYLANDS

**Abstract.-** Soils of arid regions are relatively poor in organic matter. This depletion is accelerated by crop intensification, the light texture of the soil and the non return of crop residues in the soil. Thus, the depletion of organic matter in these soils increases the degradation and depletion of soil fertility and promotes erosion and desertification processes. To preserve and maintain soil productivity, the contribution of organic amendments is essential. However, these improvements alterations are not always available and their quality is often poor and we use other sources of organic amendments. Among these amendments is oil mill wastewater (OMW) which may constitute a possible amendment to the poor soils of arid regions. As part of the agricultural use of OMW as fertilizer, we conducted a test application of OMW on the sandy soil of Medenine (southern Tunisia), not grown in pots in order to enhance the beneficial or negative effects of this effluent on chemical soil characteristics. The experiment was conducted in pots over 3 months. Three increasing doses of OMW ( $T_{50} = 50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ;  $T_{100} = 100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  and  $T_{200} = 200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) were applied and compared to an unfertilized control, with or without the application of fresh or salt water as irrigation. The rate of organic matter increased progressively with the increasing doses of oil mill wastewater (0.81%; 1.53% et 3.2% for the treated samples  $T_{50}$ ;  $T_{100}$  et  $T_{200}$ ) compared to the control (0.3%). Decreases in these rates were recorded over time. In addition, these two



*types of irrigation modify only slightly the contents of organic matter in soils. Concentrations of exchangeable potassium increased with the dose of applied OMW (50; 240 et 330 mg/kg for the treated samples 50; 100 et 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) compared to the control (39 mg/kg). However, the application of irrigation did not affect the levels of this parameter, the pH of the treated samples remained unchanged, and the electrical conductivity of the soil did not increase at an alarming rate.*

**Key words:** valorization of oil mill wastewater (OMW), organic amendment, fertilization, soils in Tunisian arid lands.

## Introduction

Les margines sont des eaux de végétation qui sont générées lors de l'extraction de l'huile d'olive vierge. Ce sont des effluents riches en matière organique (composés phénoliques, lipides, sucres, protéines...) et en sels minéraux (potassium, sodium, magnésium...). Ces margines sont souvent épandues de manière incontrôlée sur les sols agricoles ou stockées dans les cuvettes, exposant ainsi les systèmes eau-sol-plante à une pollution inéluctable [1].

L'utilisation de cet effluent à des fins agricoles est la voie de valorisation envisagée par ce présent travail compte tenu de sa richesse en éléments fertilisants [2] et leur stimulation du développement de la microflore du sol [3,4]. A l'état frais, la marge se caractérise par un contenu élevé en matière minérale, composée essentiellement de potassium et aussi de sodium, d'azote, de calcium, de magnésium, de chlorures et de phosphore. En plus, la marge a une conductivité électrique élevée. Toutefois, ces éléments peuvent se présenter en quantités déséquilibrées et entraîner des anomalies telles que la surcroissance végétative et l'altération de la qualité des produits [5].

Le contenu organique des margines améliore le développement des microorganismes du sol qui se traduit par une amélioration de ses caractéristiques physiques et chimiques. Ces enrichissements justifient l'intérêt de la valorisation agricole des margines qui peut correspondre soit à une fumure de fond, soit à une fumure d'entretien et qui peut s'effectuer par épandage sur le sol soit directement, soit après stockage [6,8].

En Tunisie, BEN ROUINA *et al.*, (2008) ont testé l'utilisation agricole des margines brutes en vergers d'oliviers et en ont conclu que leur épandage annuel dans des conditions bien définies (doses et périodes d'épandage) s'accompagne d'une amélioration des propriétés physico-chimiques du sol, de sa capacité de rétention en eau et de son activité biologique [9].

La marge est riche en matière organique (carbone) et d'autres composantes des molécules organiques tel que l'azote. Ajoutée au sol, il modifie son stock en carbone [10]. D'autre part, les irrigations ne semblent pas modifier les taux de carbone des sols traités par des margines. Les résultats de TAAMALLAH (2007) obtenus au champ et lors des essais en pots ont montré qu'en ajoutant les margines, le taux de matière organique augmente avec les doses appliquées. Les irrigations ne semblent modifier que légèrement le taux de matière organique des sols traités [11].

Cette étude a pour objectif principal la valorisation des margines comme fertilisant pour améliorer la qualité des sols dégradés, et l'étude des effets de l'application de cet

fertilisant (OMW) sur les propriétés chimiques d'un sol limono-sablonneux dans des conditions arides de la Tunisie, avec l'application de deux régimes d'irrigation par l'eau salée (7g/l) et par l'eau douce (1g/l), deux fois au cours des trois mois.

## 1.- Matériel et méthodes

### 1.1.- Sol et margine testé

Le prélèvement de ce type de sol a été effectué dans une parcelle expérimentale, situé à l'Institut des Régions Arides (IRA) situé à El Fjé appartenant au gouvernorat de Médenine situé au sud-est de la Tunisie: Nord latitude: 33° 21' 16" Est longitude: 10° 30' 19". Le climat est de type aride inférieur à hiver généralement doux. Il se caractérise par une distribution irrégulière des précipitations durant toute l'année avec une moyenne annuelle variant entre 130 et 190 mm. La température moyenne annuelle est de 19.3°C. Les échantillons des sols ont été séchés à l'air libre et tamisés à 2mm puis homogénéisés. Les caractéristiques physico-chimiques du sol ont été déterminées au Laboratoire d'Érémologie et Lutte Contre la Désertification de l'Institut des Régions Arides Médenine - Tunisie, et sont présentées dans le Tableau I.

**Tableau I.-** Caractéristiques physico-chimiques du sol

(A: Argile; L: Limon; SF: Sables fins; SG: Sables Grossiers; MO: Matière Organique; CE: Conductivité électrique)

Granulométrie (%)				Calcaire (%)		Gypse	M.O	CE	pH	da
A	L	SF	SG	total	Actif	(%)	(%)	(dS/m)		
2.02	7.90	86.50	2.90	15.50	2.50	4.01	0.30	0.95	7.90	1.20

Les margines utilisées ont été collectées au niveau du bassin de décantation d'une huilerie moderne près de l'IRA Médenine (Tunisie). Ces principales caractéristiques chimiques avant la conduite de l'expérimentation, sont présentées dans le tableau II.

**Tableau II.-** Caractéristiques chimiques des margines utilisés

(MS: Matière Sèche, MO: Matière Organique, MM: Matière Minérale, MAT: Matière Azoté Total, CE: Conductivité Electrique, P: phosphore assimilable, K: potassium échangeable, Na: sodium, Ca: calcium, Mg: magnésium)

	pH	MS (%)	CE (mS/cm)	MO (%)	MM (%)	P (%)	MAT (%)	K <sup>+</sup> (%MS)	Na <sup>+</sup> (%MS)	Ca <sup>++</sup> (%)	Mg <sup>++</sup> (%)
Margine	5.50	11.50	18.60	8.85	1.37	0.03	0.07	2.92	0.13	0.07	0.06

### 1.2.- Traitement du sol à la margine

Les margines ont été suffisamment homogénéisées avant leur utilisation, puis incorporées au sol déjà préparé et mis dans les pots (dont le volume est de 4 litres chacun) selon les traitements suivants: T<sub>50</sub>: 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; T<sub>100</sub>: 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; T<sub>200</sub>: 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Etant donné que la superficie du sol au niveau des pots est de 0,018 m<sup>2</sup> (diamètre correspondant à 15 cm), les doses de margines appliquées par pot correspondent à 90 ml pour la dose 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, 180 ml pour la dose 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> et 360 ml pour la dose 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Ces traitements ont été comparés à un témoin non amendé (T<sub>0</sub>: 0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) et pour chaque traitement, trois répétitions ont été réalisées (figure1).



**Figure 1.-** Essai en pots de l'épandage de margine d'un sol sablo-limoneux sous climat aride Tunisien

Les applications ont été réalisées à la surface du sol mis dans les pots et un grattage superficiel a été réalisé afin d'incorporer les margines dans le sol simulant ainsi des applications de terrain qui ont été suivies par un labour après chaque application.

Les pots ont été mis à l'extérieur (exposés au vent, au soleil et à la pluie) pour simuler les conditions naturelles de la région.

L'application des margines a démarré fin février 2010. Les pots ont reçu un seul épandage de margines. Le nombre total des pots est 84 pots dont: 12 pots traités par la margine, sans irrigation; 36 pots traités par la margine et irrigué aussi chaque semaine à raison de 250 ml/ pot correspondant à 12.5 mm d'eau salée (eau de puits avec une salinité de 7g/l); 36 pots traités par la margine, avec une irrigation douce chaque semaine à raison de 250 ml/ pot correspondant à 12.5 mm d'eau douce (1g/l).

Ces traitements se distinguent par les doses de margines appliquées, l'irrigation ou non par l'eau douce ou salée. Etant donné que le sol utilisé a une humidité volumique à la capacité au champ (pF 2.5) de 14.5% et une humidité volumique au point de flétrissement permanente (pF 4.2) de 1.5%, les doses d'eau appliquées fixées doivent permettre de ramener le sol sec à la capacité au champ (cc) ce qui correspond à 175 ml/pot. En plus, une fraction lessivante de 75 ml par pot permettant la récupération d'une quantité d'eau de lessivage a été ajoutée et servira pour l'analyse de la conductivité électrique.

Cependant, et après application des margines, les caractéristiques hydriques du sol ont changé et la quantité d'eau de lessivage était très faible.

Trois échantillons de chaque traitement ont été prélevés après chaque date de prélèvement (D<sub>1</sub> le premier jour du démarrage de l'expérience, D<sub>2</sub> après 30 jours et D<sub>3</sub> après 60 jours). Des extractions périodiques de matière organique, azote total, pH, potassium, conductivité électrique ont été effectuées. Les échantillons analysés ne concernent que la couche superficielle qui a été traitée avec les margines.

### 1.3.- Analyses chimique des échantillons du sol traités

Le carbone a été analysé par la méthode D'ANNE (1992) [12]. L'analyse de l'azote total a été déterminée par la méthode kjeldahl [13]. L'analyse du potassium a été faite par l'extraction avec l'acétate d'ammonium puis a été dosé par photomètre à flamme selon les

méthodes décrites par PAUWELS *et al.* (1992) [12]. Enfin, l'analyse du  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  a été réalisée à l'aide d'un pH-mètre sur des solutions sol/eau au 1/5 [14].

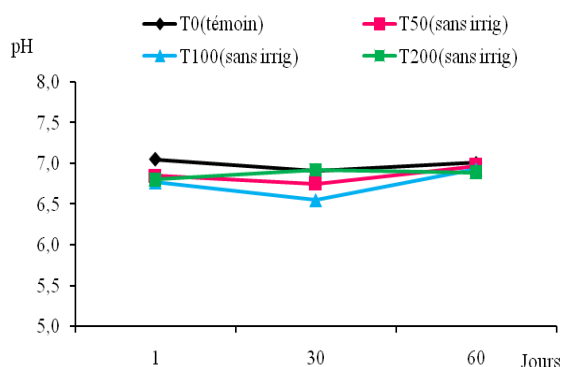
#### 1.4.- Traitement statistique des données

L'analyse statistique des données relatives aux divers paramètres a été réalisée par le logiciel SPSS (V.20). L'ensemble des mesures a fait l'objet d'une analyse de la variance à un seul facteur pour vérifier au seuil de risque 5% [15,16]).

## 2.- Résultats et discussion

### 2.1.- Effet des margines sur le pH du sol

Le suivi de l'évolution du pH de l'essai conduit en pots, présenté sur la figure 2, montre que le pH du sol diminue légèrement pour tous les traitements par les margines. En effet, le pH enregistré pour tous les traitements est de l'ordre de 7.



**Figure 2.-** Effet de l'épandage de margines sur le pH du sol (sans irrigation)

Bien que les margines avaient un pH acide (5.5), leur épandage à différentes doses ne modifie pas le pH du sol (figure 3).

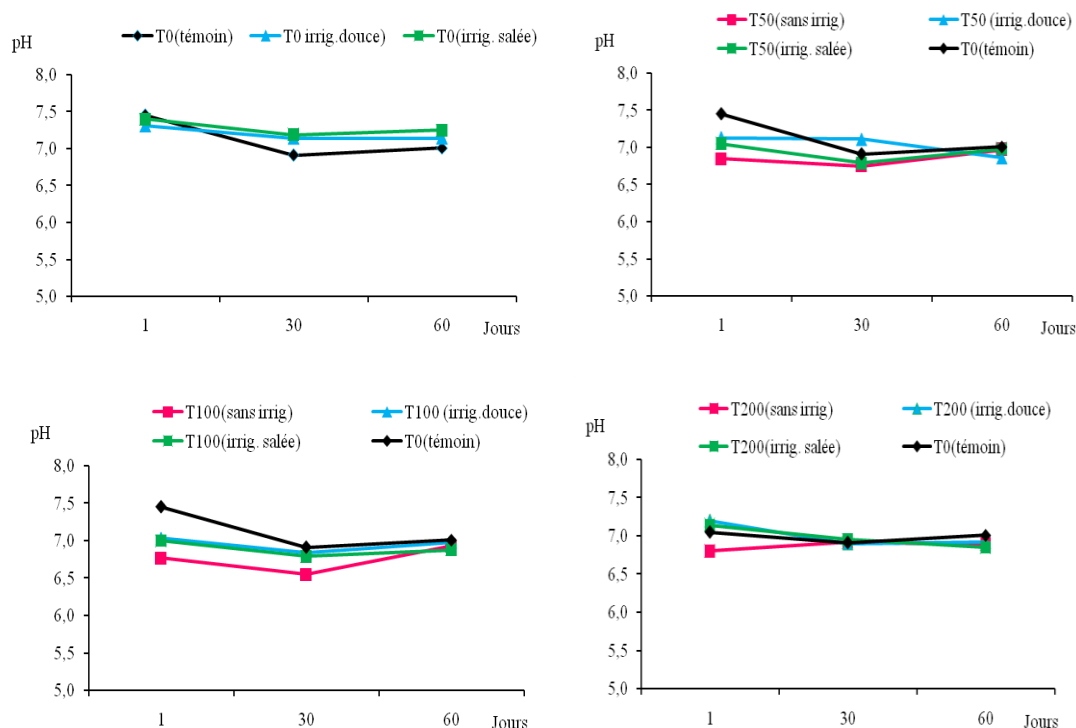
Il se remarque des fluctuations aléatoires de ce paramètre durant toute la période d'observation et pour tous les traitements sans que les différences soient remarquables. Ceci s'explique par le fait que le sol utilisé est riche en calcaire et présente, par conséquent, un pouvoir tampon.

Il y a lieu de signaler que le pH des échantillons du sol traités par les différentes doses de margine et soumis à des irrigations par l'eau douce et ceux ayant subi des irrigations par l'eau salée, ne présentent pas des différences remarquables avec le sol témoin pour les trois traitements, au cours du temps. Ainsi, ces irrigations n'engendrent aucune modification du pH pour une même dose de margine appliquée (figure 3).

Il est à noter que la période de suivi est relativement courte pour pouvoir déceler les différences au niveau du pH.

BEN ROUINA et TAAMALLAH (2000), après avoir assuré un suivi régulier d'un sol calcaire irrigué avec des margines, ont constaté que le pH reste inchangé au fil des années [17]. Ceci est dû au pouvoir tampon élevé des sols relativement riches en calcaire

actif. Ce résultat est confirmé par LEVI-MINZI *et al.* (1992) [18]; LACHGUER *et al.* (2002) [19]; BENZARTI (2003) [10] et TAAMALLAH (2007) [11] qui signalent que bien qu'étant acides, les margines ne modifient que légèrement le pH du sol grâce au pouvoir tampon du sol lui-même.



**Figure 3.-** Effet de l'irrigation douce et salée sur le pH des sols traités avec différentes doses de margines (essai en pots)

## 2.2.- Effet des margines sur les teneurs en potassium échangeable

Le suivi de l'évolution du potassium échangeable dans le sol de l'essai conduit en pots, présenté sur la Figure 4, montre que ce paramètre augmente pour tous les traitements par les margines.

Il est à noter que la différence entre les différents traitements du sol avec la marge est hautement significative ( $p < 0.05$ ). En effet, les résultats obtenus ont montré qu'en ajoutant la marge au sol, le taux de potassium augmente au fur et à mesure par rapport au témoin dans les sols secs et irrigués avec l'eau douce ou salée.

Dans la présente étude, les concentrations en potassium échangeable augmentent avec la dose de margines appliquées. En effet, les teneurs initiales du sol en  $K_{\text{éch}}$  étaient de l'ordre de 39 mg/kg indiquant que ce sol est pauvre en cet élément, pour le témoin sans irrigation. La concentration de  $K_{\text{éch}}$  passe à plus de 50, 240 et 330 mg/kg pour les traitements 50; 100 et 200  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ . Ces résultats confirment la richesse des margines en potassium (2.92%MS) du fait qu'ils proviennent de la presse de fruits qui stockent, lors de leur maturité, le maximum de potassium [20].

Une légère diminution des concentrations en cet élément a été enregistrée suite à une application des irrigations avec l'eau douce ou salée. Ceci s'explique bien par une

évacuation du potassium en profondeur avec les eaux de drainage. La mobilité de cet élément et la faible capacité d'échanges cationiques du sol ne permettent pas le stockage durable de fortes quantités de potassium échangeable. Ceci confirme le fait que les sols des régions arides tunisiennes sont en majorité basiques, calcaires, de texture grossière et leur capacité d'échange cationique (CEC) est très faible. Ils sont saturés à plus de 95% par le calcium et sont relativement pauvres à très pauvres en potassium échangeable.

L'analyse statistique montre bien qu'il n'y a pas de différence significative entre un même traitement ayant été irrigué par l'eau douce ou salée. On peut constater que l'effet de l'irrigation est relativement limité et n'affecte pas les teneurs en cet élément (figure 5).

Ces résultats confirment ceux trouvés par ALBI et ROS de URSINO (1960) [21]; MORISOT (1979) [20]; AMMAR et BEN ROUINA (1999) [22], BEN ROUINA et TAAMALLAH (2000) [18] et BEN ROUINA *et al.* (2002) [23]; TAAMALLAH (2007) [11] et BENZARTI (2003) [10] qui rapportent que le potassium qui se trouve dans la solution du sol provient essentiellement de la marge incorporée dans le sol et que le potassium contenu dans les marges peut remplacer de façon avantageuse le potassium des engrais minéraux.

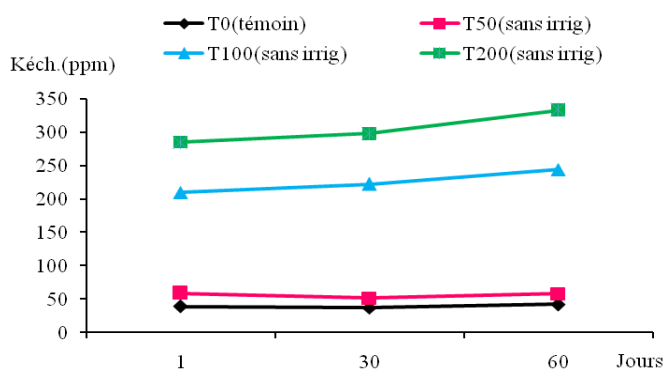


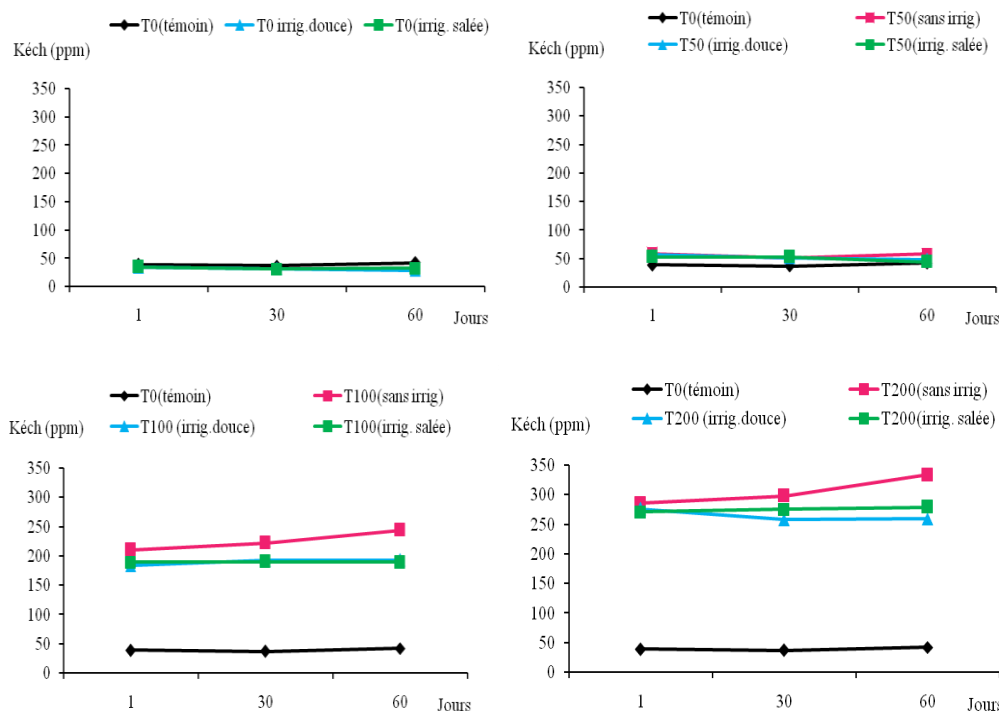
Figure 4.- Effet des margines sur le potassium échangeable (essai en pots).

### 2.3.- Effet des margines sur la salinité du sol

Le suivi de l'évolution de la conductivité électrique dans le sol de l'essai conduit en pots, présenté sur la figure 6, montre que ce paramètre augmente pour tous les traitements avec les margines.

L'essai en pot montre que la salinité augmente significativement ( $p < 0.05$ ) avec les doses de marge. En effet, d'une conductivité électrique de 1.5 mS/cm pour le sol témoin, la salinité du sol passe à plus de 13 mS/cm pour les échantillons du sol ayant reçu la dose la plus élevée T ( $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ).

En ce qui concerne la dose  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , le maximum atteint est de 3.62 mS/cm, taux légèrement supérieur à celui du témoin. Tandis que, le maximum atteint pour la dose  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  est de l'ordre de 8.91 mS/cm (figure 6).



**Figure 5.-** Effet de l'irrigation douce et salée sur le potassium échangeable des sols traités avec différentes doses de margines (essai en pots).

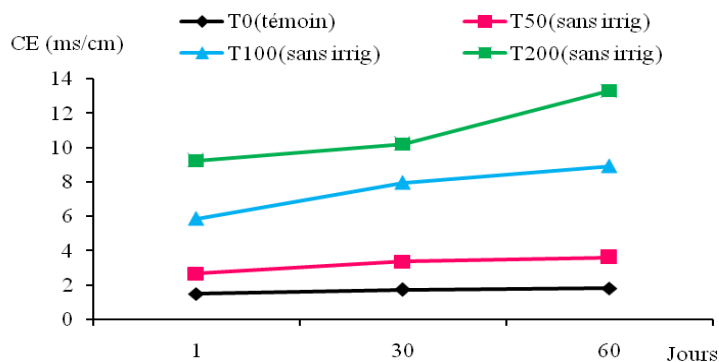
Ces résultats confirment ceux trouvés par TAAMALLAH (2007) [11] et BENZARTI (2003) [10] qui notent que la salinité du sol augmente avec la dose de margine.

L'essai en pots montre aussi que les irrigations avec l'eau douce ou salée provoquent une légère augmentation de la salinité du sol. En effet, d'une conductivité électrique de 1,5 mS/cm pour le sol témoin, la salinité du sol passe à plus de 15 mS/cm pour les échantillons du sol ayant reçu la dose la plus élevée T (200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) et irrigués deux fois avec l'eau salée.

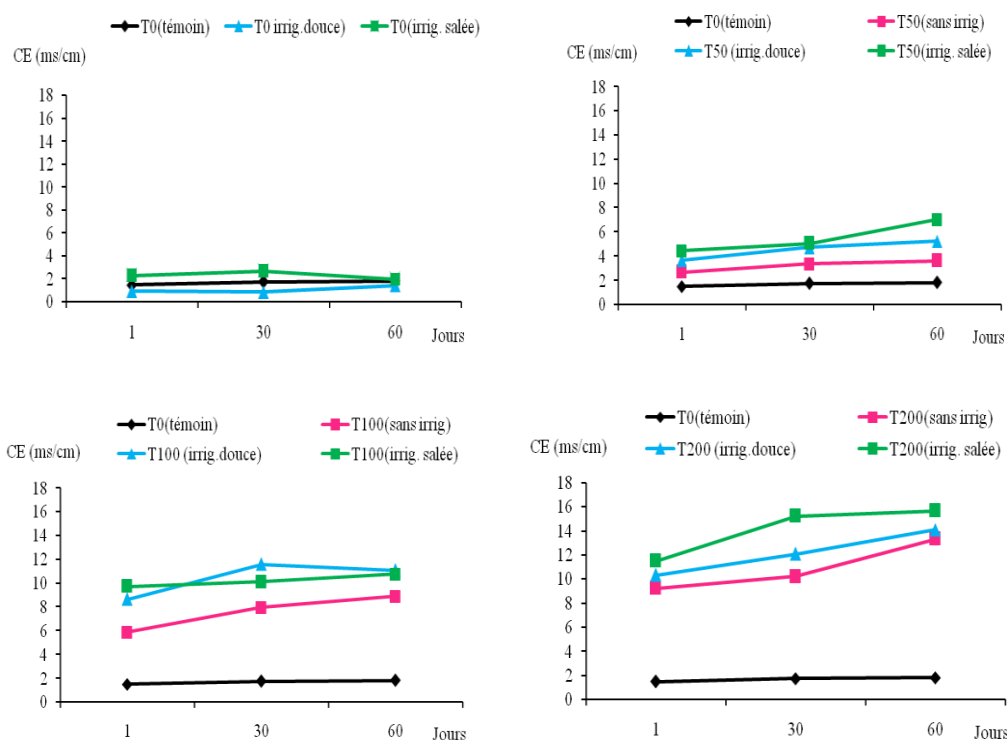
Le maximum atteint pour les échantillons de sol ayant subi la même dose de margine avec des irrigations d'eau douce est de l'ordre de 13.09 mS/cm (figure 7).

Cette augmentation est due principalement à la forte évaporation qui engendre une concentration des sels à la surface accentuée par une faible quantité d'eau d'irrigation ne permettant pas la lixiviation des sels en profondeur, bien que le sol utilisé a une texture légère avec une forte perméabilité.

Ces résultats ne sont pas conformes avec les résultats trouvés par TAAMALLAH (2007) [11] qui a montré une chute de la conductivité au cours de son expérience en pots, expliquée par la forte précipitation engendrée au cours de cette période.



**Figure 6.-** Effet des margines sur la conductivité électrique (essai en pots)



**Figure 7.-** Effet de l'irrigation douce et salée sur la conductivité électrique des sols traités avec différentes doses de margines (essai en pots)

## 2.4.- Effet des margines sur la matière organique du sol

La différence entre les traitements du sol avec la marge est hautement significative ( $p < 0.05$ ) en ce qui concerne les teneurs en matière organique. Les résultats obtenus laissent apparaître qu'en ajoutant des doses croissantes de marge au sol, le taux de matière organique augmente au fur et à mesure par rapport au témoin  $T_0$  (sans marge) (figure 8).

Effectivement, le sol témoin ( $T_0$ ) présente 0.3% de matière organique, et il est respectivement de 0.81%; 1.53% et 3.2% pour les traitements  $T_{50}$  ( $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ );  $T_{100}$  ( $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) et  $T_{200}$  ( $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ).



Ceci s'explique par l'apport de la margine non diluée en doses croissantes augmente remarquablement la teneur en matière organique.

Cependant, et à la fin de l'essai, un léger abaissement des taux de la matière organique par rapport à l'état initial, est noté. Le sol témoin ( $T_0$ ) passe de 0.3 à 0.16% de matière organique et il est respectivement de 0.3%; 1.03%; et 1.7% pour les traitements  $T_{50}$ ;  $T_{100}$  et  $T_{200}$ .

Cet abaissement pourrait être dû à la minéralisation ou bien l'humification du carbone par les micro-organismes du sol.

Comparativement au témoin, on remarque que les teneurs en matière organique au niveau de  $T_{50}$  commencent à chuter après un certain temps pour atteindre des taux comparables à ceux du témoin  $T_0$  à la fin de l'essai, alors que les teneurs pour  $T_{100}$  et  $T_{200}$  restent significativement différentes du témoin (figure 8).

Les sols conduits en irrigués avec l'eau douce ou salée présentent des taux de matière organique similaires (figure 9).

On constate que les deux types d'irrigation ne modifient que légèrement la teneur de la matière organique dans les sols. Les quantités de matière organique sont toujours de même ordre de grandeur que celles de l'essai d'application des différentes doses de margine sans aucun autre traitement (irrigation d'eau salée, irrigation d'eau douce).

Effectivement, ceci confirme la difficulté de la minéralisation et de la simplification des molécules organiques de la margine, en d'autre terme les molécules phénoliques du margine sont complexes et difficilement biodégradables et en plus les micro-organismes mettent du temps pour s'adapter à ce milieu.

Pour le témoin  $T_0$  (témoin) et étant donné qu'il n'a pas été traité avec des margines, on remarque que le taux de la matière organique diminue faiblement après des irrigations soit avec l'eau douce ou l'eau salée, pour se stabiliser à une valeur de l'ordre de 0.09% pour les deux traitements (figure 9).

Cette diminution n'est pas significative, étant donné que les teneurs en matière organique du sol sont initialement faibles.

Pour les traitements  $T_{50}$ ,  $T$  et  $T_{200}$  représentés par la figure 9, les irrigations avec l'eau douce ou salée ont engendré une faible variation. Les différents traitements évoluent de la même façon durant toute la période d'observation.

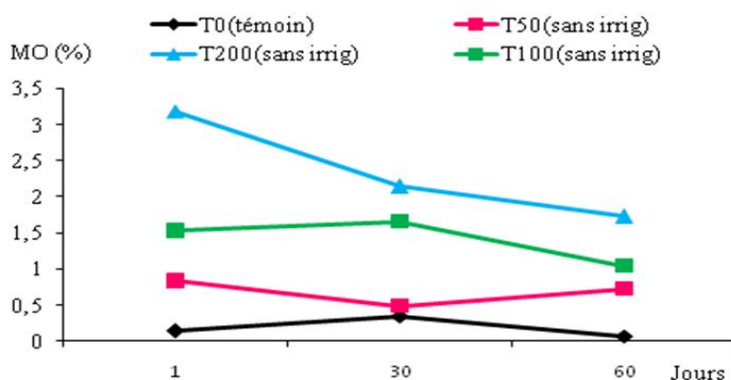
Les échantillons traités avec  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , leurs teneurs en matière organique ont passé de 0.83% à environ 0.33% alors que les échantillons qui ont subi des irrigations avec l'eau douce, leurs teneurs en matière organique ont passé de 0.75% à 0.32% et les échantillons qui ont subi des irrigations avec l'eau salée, leurs teneurs en matière organique ont passé de 0.6% à 0.2%. Pour les échantillons traités avec  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , leurs teneurs en matière organique ont passé de 1.5% à environ 1.03% alors que les échantillons qui ont subi des irrigations avec l'eau douce leurs teneurs en matière organique ont passé de 1.33% à 1.008% et les échantillons qui ont subi des irrigations avec l'eau salée les teneurs en

matière organique ont passé de 1.18% à 0.92%.

Alors que pour les échantillons traités avec  $200 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ , leurs teneurs en matière organique ont passé de 3.17% à environ 1.7% alors que les échantillons qui ont subi des irrigations avec l'eau douce, leurs teneurs en matière organique ont passé de 2.59% à 1.28% et les échantillons qui ont subi des irrigations avec l'eau salée, leurs teneurs en matière organique ont passé de 2.3% à 1.27% (figure 9). Cette diminution est attribuée à la minéralisation du carbone par les microorganismes du sol qui sont activés suite à l'enrichissement des parcelles par les margines, et à la migration en profondeur de la matière organique au cours de l'expérimentation.

De même, les irrigations avec l'eau douce ou salée ont des effets peu notables sur la décomposition de la matière organique principalement pour le témoin où la teneur en matière organique dans le sol est faible. En effet, l'évolution des teneurs en cet élément est similaire pour les sols conduits en sec ou en irrigué. Ceci pourrait être expliqué par le fait que le temps consacré à la réaction de l'essai est relativement court et ne permet pas de percevoir la différence entre les différents modes de conduite du sol.

Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par BENZARTI (2003) [10] et TAAMALLAH (2007) [11].

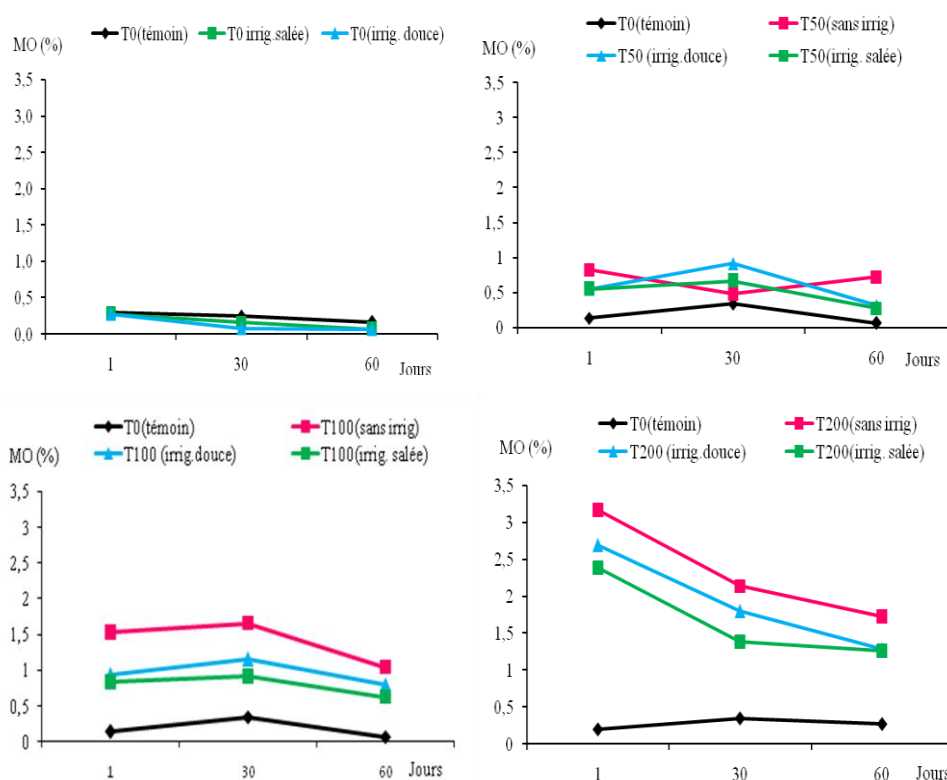


**Figure 8.-** Effet des margines sur la décomposition de la matière organique (essai en pots).

## Conclusion

L'application des margines sur des sols alcalins et calcaires, n'affectent pas le pH du sol, de même que l'application des irrigations avec eau douce ou salée n'engendrent aucune modification significative du pH pour une même dose de margine appliquée. Ceci est attribué, au fait, que les sols sont riches en calcaire et leur pouvoir tampon limite les changements de ce paramètre.

La conductivité électrique du sol n'a pas augmenté d'une manière significative, ce qui pourrait être attribué à la forte perméabilité du sol. Une légère augmentation de la conductivité électrique (CE) est enregistrée lors de l'application des irrigations avec l'eau douce ou salée. Cette augmentation est due principalement à la forte évaporation qui engendre une concentration des sels à la surface accentuée par une faible quantité d'eau d'irrigation ne permettant pas la lixiviation des sels en profondeur, bien que le sol utilisé a une texture légère avec une forte perméabilité.



**Figure 9.-** Effet de l'irrigation douce et salée sur la décomposition de la matière organique des sols traités à différentes doses de margines (essai en pots).

Les concentrations en potassium échangeable augmente avec la dose de margines appliquée. Alors que l'application des irrigations n'a pas affecté les teneurs en potassium échangeable.

La différence entre les traitements du sol avec les margines est hautement significative en ce qui concerne la teneur en matière organique. Les essais en pots ont montré qu'en ajoutant des doses croissantes de margines, le taux de matière organique augmente au fur et à mesure par rapport au témoin. Des diminutions des taux de matière organique MO ont été enregistrées au cours du temps. Ces décroissances pourraient être dues à la minéralisation ou bien l'humification du carbone par les micro-organismes du sol. En outre, les deux types d'irrigation ne modifient que légèrement la teneur de la matière organique dans les sols.

Cependant, le temps consacré à la réaction de l'essai est relativement court et ne permet pas de percevoir la différence entre les différents traitements. D'autres essais similaires et dans des bonnes conditions devront être réalisés pour pouvoir déterminer les effets de cet effluent et des irrigations soit avec l'eau douce ou salée sur le sol et les cultures et d'identifier les doses d'application appropriées.

## Références bibliographiques

- [1].- Yaakoubi A., Chahlaoui A., Rahmani M., Elyachioui M., et Oulhote Y., 2009.- Effet de l'épandage des margines sur la microflore du sol. *Agrosolutions*, 20(1): 35-43. <http://www.irda.qc.ca/assets/documents/Publications/documents/yaakoubi-et-al->

[2009 article effet epandage margines microflore sol.pdf](#)

- [2].- Nefzaoui A., 1999.- Olive tree by products. In: ICARDA (Ed.), Aleppo (Syria). Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT), Ariana, Tunis, Tunisia, 124 p.
- [3]. - Aissam H., Errachidi F., Merzouki M., Benlemlih M., 2002.- Identification des levures isolées des margines et étude de leur activité catalase. Cahiers de l'Association scientifique Européenne pour l'eau et la santé, 7: 23- 30.
- [4].- El Hassani F. L., Mdaghri Alaoui S., Errachidi F., Aissam H., Merzouki M., Benlemlih M., 2005.- Effet de l'épandage des margines sur le rendement d'une culture de maïs et sur les abondances de certains groupes microbiens du sol. 3<sup>eme</sup> journées internationale des géosciences de l'environnement, El Jadida, Maroc.
- [5].- Ros de Ursinos F., Berndt L., Geissen K., Kachouri M., et Klimm E., 1996.- Les expériences Méditerranéennes dans le traitement et l'élimination des eaux résiduaires des huileries d'olives. Coopération Tunisie – Allemagne, 380p.
- [6].- Vitagliano M., Pantaleo V. M., Padula M., 1975.- Proceedings of the V National Symposium on Conservazione delle natura. Bari, Italy.  
[file:///C:/Users/DeLL/Desktop/Lanza\\_IBB\\_acqua%20veg.pdf](file:///C:/Users/DeLL/Desktop/Lanza_IBB_acqua%20veg.pdf)
- [7].- Morisot A., 1979.- Utilisation des margines par épandage. L'Olivier, 19: 8-13. In [http://www.irda.qc.ca/assets/documents/Publications/documents/yaakoubi-et-al-2009\\_article\\_effet\\_epandage\\_margines\\_microflore\\_sol.pdf](http://www.irda.qc.ca/assets/documents/Publications/documents/yaakoubi-et-al-2009_article_effet_epandage_margines_microflore_sol.pdf)
- [8].- Janer D., Valle D. L., 1980.- Contamination de las algues por el alpechin y possible soluciones al problema, Grasas y Aceites, 31: 273-279.  
In :<file:///C:/Users/DeLL/Desktop/Dialnet-DepuracionDeAlpechinPorProcesosCombinadosQuimicosY-341.pdf>
- [9].- Ben Rouina B., Gargouri K., Ben Taher H., Abichou M., Ayadi M., Ouled Amor A., Jilani S., Soua N., Jribi A., 2008.- Actes séminaire national valorisation agronomique des sous produits de l'olivier, Tunisie.
- [10].- Benzarti S., 2003.- Effets de la margine sur les caractéristiques chimiques et l'activité biologique du sol. Mémoire de diplôme d'études approfondies, Institut National Agronomique de Tunis, La Tunisie, 99p.
- [11].- Taâmallah H., 2007.- L'épandage des margines au niveau des champs d'olivier : une alternative pour la valorisation de cet effluent des huileries d'olive. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques Appliquées, Faculté des sciences en Bio-ingénierie). Université de Gent, Belgique, 180 p.
- [12].- Pauwels J. M., Van Ranst E., Verloo M., and Mvondoze A., 1992.- Manuel de laboratoire de pédologie. AGCD, 265p.
- [13].- Afnor, 1983. Qualité des sols : Détermination de l'Azote total. Méthode par distillation après minéralisation (Kjeldahl), 280p.

- [14].- NF ISO 10390 (2005).  
[http://www.iso.org/iso/fr/catalogue\\_detail.htm?csnumber=40879](http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail.htm?csnumber=40879)
- [15].- Steel Robert G. D., et James H. T., 1980.- McGraw-Hill Book Company, 633p.
- [16].- Dagnelie P., 1986.- Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques, Universitaire de Gembloux, Belgique, 2: 463.
- [17].- Ben Rouina B., et Taâmallah H., 2000.- L'utilisation des margines comme fertilisant en agriculture, Collaboration Institut des Régions Arides de Medenine-Institut de l'olivier de sfax. Rapport technique, Tunisie.
- [18].- Levi-Minzi R., Saviozzi A., Riffaldi R., et Falzo L., 1992.- Lo smaltimento in campo delle acque di vegetazione. Effetti sulle proprietà del terreno. *Olivae*, 40: 20-25.  
In : <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/41349.pdf>
- [19].- Lachguer A., El Hadrami I., et Nejmeddine A., 2002.- Proceeding of international workshop on water in the mediterranean basin, Resources and sustainable development, Tunisie.
- [20].- Morisot A., 1979.- Utilisation des margines par épandage. *L'Olivier*, 19: 8-13.  
In : <https://hal.inria.fr/file/index/docid/884871/filename/hal-00884871.pdf>
- [21].- Albi Romeros M. A., et Ros de Ursino, J. A., 1960.- Estudio del alpechin para su aprovechamiento industrial, Ensayos efectuados por su posible utilization come fertilizante, *Grasa y Aceites*, 3: 123-124.
- [22].- Ammar E., Ben Rouina B., 1999.- Potentiel horticultural utilization of olive oil precessing wastewater. *Acta horticulturae*, 474 (2): 741-744.  
In : [http://www.iosfax.agrinet.tn/useruploads/files/2003essais\\_de\\_valorisation\\_des\\_margines\\_par01.pdf](http://www.iosfax.agrinet.tn/useruploads/files/2003essais_de_valorisation_des_margines_par01.pdf).
- [23].- Ben Rouina B., Gargouri K., et Taâmallah H., 2002.- L'utilisation des margines comme fertilisants en agriculture. Journées méditerranéennes de l'olivier, Nimes, France, 16p.

## **ETUDE DU POTENTIEL DE CONTAMINATION DES EAUX DE LA NAPPE PHREATIQUE DE LA REGION DE OUARGLA (SAHARA SEPTENTRIONAL EST ALGERIEN)**

SLIMANI Rabia<sup>1\*</sup>, GUENDOZ Abdelhamid<sup>2</sup>

<sup>(1)</sup>Université de Ouargla, Faculté des sciences de la nature et de la vie

Laboratoire. Biogéochimie des Milieux Désertiques, Ouargla 30 000, Algérie

<sup>(2)</sup> Université de Blida, Département de Génie Rural, Route de Soumaâ, Blida, Algérie

E-mail: [slm\\_rabia@yahoo.fr](mailto:slm_rabia@yahoo.fr)

**Résumé.-** La cuvette d'Ouargla (Sud Est d'Algérie), souffre actuellement de dégradation d'origine naturelle et anthropique des eaux de la nappe phréatique. Ce travail a été réalisé dans le but d'étudier la vulnérabilité et les risques de contamination de cette nappe grâce aux paramètres chimiques et cartographiques. L'étude hydro-chimique a montré que les eaux de la nappe phréatique présentent un faciès chimique dominant chloruré sodique et sulfaté sodique. La température des eaux varie entre 17,2°C et 29,4°C, le pH varie de 6,33 à 9,16 et la conductivité électrique oscille entre 1,91 et 263 dS.m<sup>-1</sup>. Ces résultats traduisent une forte minéralisation des eaux de la région. Les résultats obtenus des indices de pollution organique (IPO) et indice de contamination (IC) montrent, une pollution organique qui touche plus de 64 % des points de mesures et une pollution minérale de 73 %. Le degré de vulnérabilité enregistré augmente de l'amont vers l'aval de la cuvette selon le sens d'écoulement de la nappe l'un vers le Nord (Sebkhet Safioune) et l'autre vers l'Ouest (Sebkhet Bamendil).

**Mots clefs :** Pollution, eaux souterraines, vulnérabilité, risque, cartographie, Ouargla.

### **STUDY OF POTENTIAL FOR PHREATIC AQUIFER CONTAMINATION IN THE REGION OF OUARGLA (NORTHERN SAHARA, EAST ALGERIA).**

**Abstract.-** Ouargla's basin (Southeast of Algeria), is currently suffering from natural and anthropogenic groundwater degradation. This work was carried out in order to study the vulnerability and risk of contamination through the aquifer mapping and chemical parameters. The hydro-chemical study showed that the waters of the aquifer have a chemical facies dominant sodium chloride and sodium sulfate. The water temperature varies between 17.2°C and 29.4°C, the pH ranges from 6.33 to 9.16 and the electrical conductivity oscillates between 1.91 and 263 dS.m<sup>-1</sup>. These results reflect a strong mineralization of water in the region. The results obtained of the indices of organic pollution (IPO) and contamination index (CI) show an organic pollution that affects more than 64% of the measurement points and a mineral pollution of 73 %. The degree of vulnerability recorded increase from upstream to downstream of the basin in the direction of groundwater flow toward the north (Sebkhet Safioune) and the other to the West (Sebkhet Bamendil).

**Key words:** Pollution, groundwater, vulnerability, risk, cartography, Ouargla.

### **Introduction**

L'agglomération de Ouargla à l'instar des autres grandes villes algériennes, connaît un problème de pollution de son écosystème: le rejet des eaux résiduaires dans le milieu sans traitement préalable a eu des actions néfastes sur la faune, la flore, le sol et les habitants [7, 11, 18].



Les nouvelles constructions dans la cuvette de Ouargla avec une mobilisation de plus en plus importante des eaux souterraines ont contribué significativement à perpétuer ce grand problème de dégradation de cet environnement immédiat [11, 18]. Les recherches s'orientent vers des études appropriées afin d'initier une stratégie de lutte contre la dégradation de cet environnement dit «fragile». Pour faire face à cette situation, des cartes de vulnérabilité et de risque à la pollution de la nappe phréatique ont été dressées dans le but d'identifier les indices de pollution et de cartographie des zones vulnérables.

## 1.- Matériel et méthodes

### 1.1.- Site d'étude

La zone étudiée fait partie du Bas-Sahara algérien, elle correspond à une grande dépression d'une superficie d'environ 750 km<sup>2</sup>. La cuvette s'étend entre les longitudes 5° 10' et 5° 35' Est et les latitudes 31° 50' et 32° 27' Nord. Elle est située dans le lit quaternaire de la basse vallée fossile de l'oued M'ya qui draine le versant Nord du plateau de Tadmaït et se termine à sebkhat Safioune à 20 km au Nord de Ouargla [9, 14, 20] (fig. 1). Le substrat géologique est constitué de grès du Miopliocène [6, 10]. La zone d'étude est caractérisée par un climat désertique, les précipitations sont irrégulières avec une moyenne interannuelle de l'ordre de 43.6 mm [13]. Bien que les conditions climatiques soient sévères dans la zone d'étude, il existe un immense réservoir souterrain: Continental Intercalaire (CI), Complexe Terminal (CT) et une nappe phréatique peu exploitée à cause de sa forte salinité [14, 20].

### 1.2.- Echantillonnage et analyses

Sur le plan méthodologique, une campagne de terrain a été réalisée en novembre 2012 en période des hautes eaux et qui touchera 68 piézomètres opérationnels (figure 1). Le prélèvement dans la zone non saturée du sol s'est fait à l'aide d'un échantillonneur manuel suivant des profils verticaux entre la surface du sol et la nappe.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau (Température, conductivité électrique, pH et salinité) sont mesurés *in situ* au moyen d'un multi-paramètre. Au laboratoire, les éléments chimiques ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{PO}_4^-$ ), ont été analysés par un spectrophotomètre. Le  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$  sont analysés par le spectrophotomètre à flamme. Le  $\text{Cl}^-$  et le  $\text{Mg}^{2+}$  ont été dosés par titrimétrie. La  $\text{DBO}_5$  est mesurée par la méthode OXITOP [1, 21, 22].

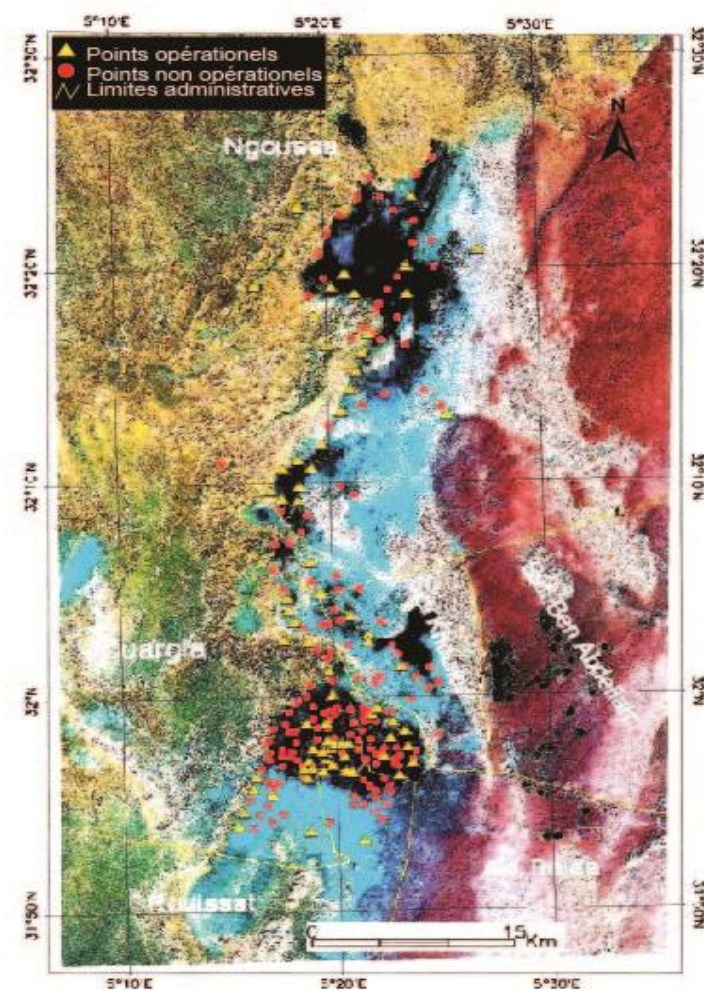


Figure 1.- Cadre de localisation de la zone d'étude et les points d'échantillonnage (EARTHSAT, 2005)

### 1.3.- Méthodes de calcul

#### Indice de pollution organique (IPO)

L'indice de pollution organique (IPO) se calcule selon la méthode de LECLERCQ et MAQUET (1987), dont le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en 05 classes (tab. I) et de déterminer à partir de ces propres mesures le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre pour en faire la moyenne [2, 5, 12, 15, 16, 17, 23].

**Tableau I.-** Classes de l'indice de pollution organique d'IPO

5,0 à 4,6	pollution organique très faible	code couleur bleu
4,5 à 4,0	pollution organique faible	code couleur vert
3,9 à 3,0	pollution organique modérée	code couleur jaune
2,9 à 2,0	pollution organique forte	code couleur rouge
1,9 à 1,0	pollution organique très forte	code couleur brun

#### Indice de contamination (IC)

L'indice de contamination des eaux (IC) utilisant l'ensemble des éléments chimiques considérés comme étant d'origine anthropique.

$$IC = \sum [Na^+] + [SO_4^{2-}] + [Cl^-] + [NO_3^-].$$

En admettant des intervalles de classes en mg/l pour chaque élément [9, 10, 14, 15].

## 2.- Résultats et discussions

### 2.1.- Hydrochimie

Les températures des eaux de la nappe phréatique varient entre 17,2°C et 29,4°C. Il se remarque que les piézomètres dont les profondeurs sont inférieures à 5 m par rapport au niveau du sol sont plus influencés par les conditions climatiques. Ce qui correspond à l'ouverture du système aquifère, donc sa vulnérabilité vis-à-vis de la pollution est envisageable [4, 15, 16]. Il convient de souligner qu'une eau à une température située entre 25°C et 28°C constitue un bon milieu de culture pour les micro-organismes de l'environnement [3, 16, 24].

Les valeurs du pH varient entre 6,33 et 9,16, ces résultats sont comparables à ceux obtenus par SLIMANI () (6,9 < pH < 9,2) et HAMDI-AISSA (6,3 < pH < 9,5) [2 et 5]. Elles sont en général dans les normes de potabilité (6,5 > pH > 8,5 d'après OMS), sauf pour les piézomètres P163, P162, PL25 où le pH < 6.5 et le P117 avec un pH de 9,16.

La conductivité électrique des eaux de la nappe phréatiques varie entre 1,91 et 263 dS.m<sup>-1</sup>. Ces résultats traduisent une forte minéralisation des eaux de la région d'après les normes ISO (tab. II). Les valeurs élevées de la conductivité (supérieures à 50 dS/m) sont localisées dans les sebkhas et les chotts, dans les régions basses où la nappe est peu profonde (l'exutoire naturel de toutes les eaux naturelles et résiduaires) où l'évaporation



est importante. La plus faible conductivité électrique est mesurée au P433 sur le flanc de la vallée de l'oued N'Sa au Nord de la Sebkhet Safioune avec une conductivité de 1,91 dS/m.

**Tableau II.-** Évaluation de la salinité des eaux de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla selon la norme internationale ISO 11265:1994 [8, 10]

CE	Salinité	Points
< 2,5 dS/m	non salin	P433 et P059
2,5 à 5 dS/m	légèrement salin	P40, PLX3, PLX4, P058, LTPS2, P054, PL15
5 à 10 dS/m	Salin	PL31, P117, P416, PL13, PL25, P116, P430, PL10, P057, PL28, PL41, P056, P419, PL17
10 à 20 dS/m	très salin	P413, PL03, PL32, P408, PL30, P119, P550, P506, PLSN1, PL21, P566, P006
> 20 dS/m	excessivement	pour tous les points restants

Les résultats des analyses des eaux montrent un faciès chimique chloruré-sodique et sulfaté sodique géologiquement logé dans des niveaux quaternaires sableux [7, 10, 18].

Les teneurs en chlorure et sodium atteignent 5457,2 meq.l<sup>-1</sup> et 3286,6 meq.l<sup>-1</sup> respectivement. Les sulfates atteignent des concentrations de l'ordre de 713,11 meq.l<sup>-1</sup>. Le faciès géochimique est contrôlé par les minéraux évaporitiques de la série de halite, gypse, mirabilite, etc... [10].

## 2.2.- Etude de la vulnérabilité du système à la pollution

La combinaison des cartes de divers paramètres (critères de vulnérabilité), a été réalisée à l'aide du logiciel Surfer.

L'analyse des différents paramètres de pollution et leur combinaison ont abouti à l'évaluation de l'Indice de Pollution Organique (IPO) et de l'Indice de Contamination (IC) [2, 5, 15, 17, 23].

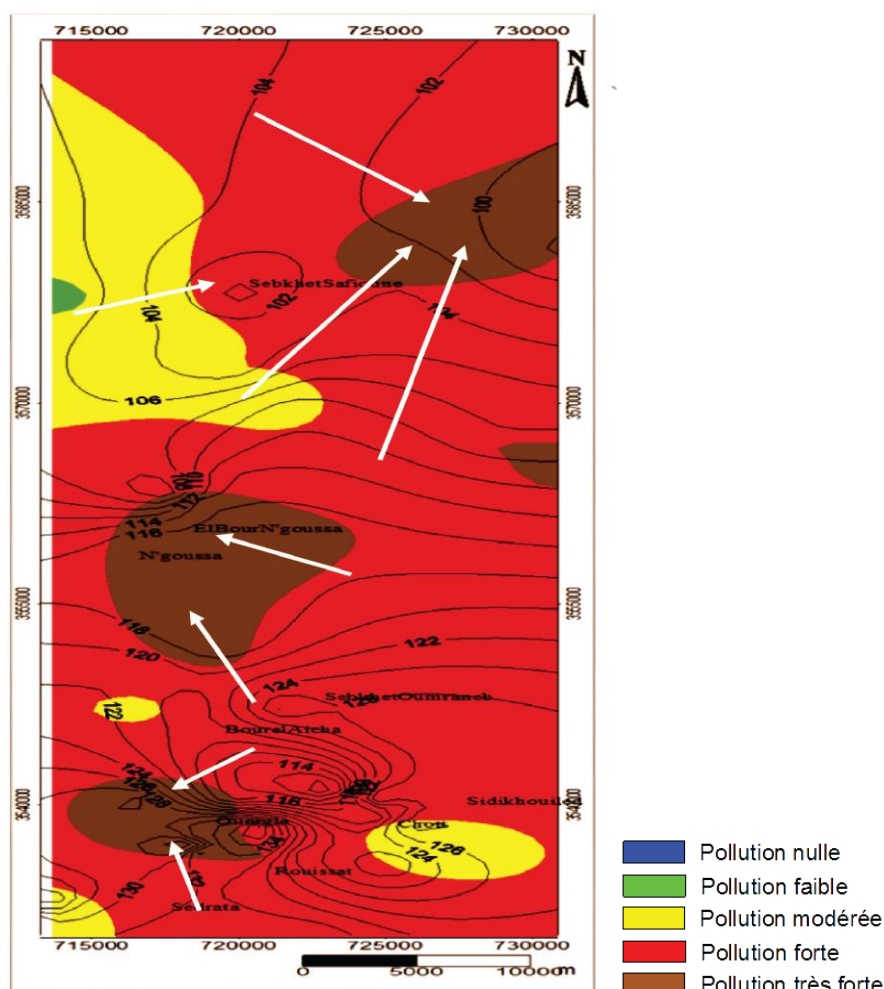
### 2.2.1.- La vulnérabilité à la pollution organique

Les éléments retenus pour le calcul de l'indice de pollution organique (IPO) sont la demande biologique en oxygène, l'ammoniaque, les nitrites, les nitrates et l'ortho-phosphates (tab. III). Les résultats obtenus montrent que les valeurs d'IPO oscillent entre 1,75 et 4,25 (fig. 2).

**Tableau III.-** Répartition des valeurs des éléments polluants [2, 15].

Paramètres Classes	DBO <sub>5</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>
1	> 15	> 6	> 150	> 900
2	10,1 – 15	2,5 – 6,0	51 – 150	251 – 900
3	5,1 – 10	1 – 2,4	11 – 50	76 – 250
4	2 – 5	0,1 – 0,9	6 – 10	16 – 75
5	< 2	< 0,1	5	15

- Il est noté quatre niveaux de l'indice de pollution organique:
- Le niveau le plus faible où la valeur d'IPO est de 4.25, correspond au Nord de la cuvette (Hassi Chega);
  - Le niveau moyen où la pollution organique est modérée, correspond au Nord-Ouest et Sud-Est de la cuvette de Ouargla;
  - L'IPO entre 2 à 2,75, indique une pollution organique forte qui domine la majorité de l'espace de la cuvette;
  - Les régions de Sebket Safioune, El-Bour et Bamendil ont une pollution organique très forte. Plus de 64 % des eaux de la nappe phréatique sélectionnés dans le cadre de cette étude présentent une pollution organique forte à très forte.



**Figure 2.-** Carte de répartition de l'indice de pollution organique (IPO) avec la profondeur et le sens d'écoulement de la nappe phréatique [19].

### 2.2.2. La vulnérabilité à la pollution minérale

Nous avons utilisé les éléments suivants pour calculer l'indice de contamination: le sodium, les chlorures, les sulfates et les nitrates (tab. IV).

**Tableau IV.-** Intervalle des classes pour les éléments de pollution [2, 15, 24].

Classes Paramètres	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Na <sup>+</sup>	< 250	250–500	500–750	750–1000	>1000	/	/	/	/
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	< 250	250–500	500–750	750–1000	>1000	/	/	/	/
Cl <sup>-</sup>	< 250	250–500	500–750	750–1000	>1000	/	/	/	/
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	< 15	15–25	25–35	35–45	45–55	55–65	65–75	75–85	85–95

La carte de vulnérabilité (fig. 3) met en évidence trois zones selon le degré de pollution. La forte vulnérabilité (IC = 24) est observée en aval des écoulements à Sebkheth Safioune et à Sebkheth Bamendil, confirmant l'impact de drainage en ces endroits, où la perméabilité est importante. Ce qui peut être expliqué par deux phénomènes: l'un est naturel liée à la concentration des minéraux salins (Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, et SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) dans les exutoires naturels et qui suit le sens de l'écoulement de la nappe tel que confirmés par les travaux antérieurs [10, 11, 18]; l'autre est anthropique (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) lié aux eaux usées (urbaines et agricoles) qui terminent dans les sebkhas et les chotts.

Les bordures Nord-Ouest de la cuvette de Ouargla montrent des faibles valeurs d'indice de contamination (IC = 7). Elles correspondent aux zones de parcours sans occupation anthropique et qui correspondent aussi aux points surélevés du paysage considérés comme zones d'alimentation de la nappe phréatique [18].

## Conclusion

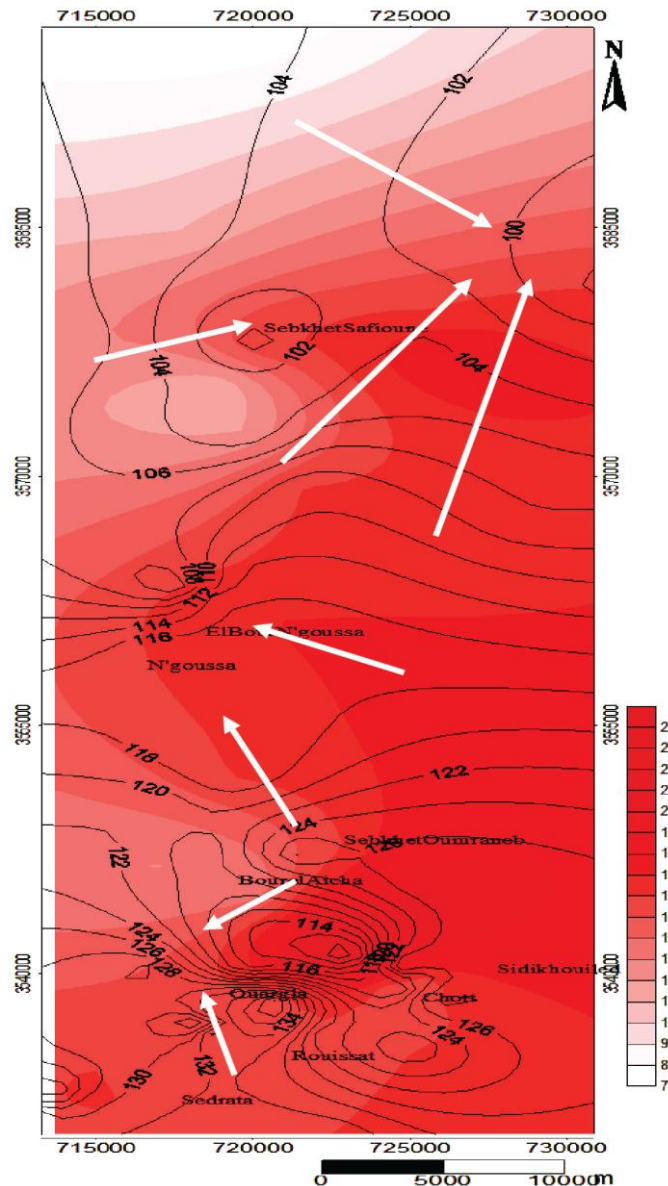
La région d'étude a plusieurs sources de pollution. Les résultats laissent apparaître :

- Une pollution organique exprimée par l'indice de pollution organique qui touche plus de 64% des points de mesures. Cette pollution est due principalement à l'action anthropique.
- Une pollution minérale où 73% des points analysés ont été classés à l'aide de l'indice de contamination comme points fortement pollués. Néanmoins, il faut noter que la pollution minérale est en partie d'origine naturelle notamment pour les SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup> et Na<sup>+</sup> qui constituent les minéraux salins «salinisation primaire».

Le degré de vulnérabilité à la pollution augmente de l'amont vers l'aval (du Sud au Nord) de la cuvette, selon le sens d'écoulement de la nappe l'un vers le Nord (Sebkheth Safioune) et l'autre vers l'Ouest (Sebkheth Bamendil). Les zones à forte vulnérabilité sont enregistrées au niveau des exutoires naturels (Sebkha et Chott). Par ailleurs, l'évaluation quantitative du risque de contamination doit passer inéluctablement par l'élaboration des cartes encore plus précises qui décrivent les activités à la surface du sol.

## Références bibliographiques

- [1].- Aller L., Bennett T., Lehr J. H., Petty R. J., Hackett G., 1987.- DRASTIC: a standardised system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. EPA, AdA, Oklahoma, 622 p.
- [2].- Amharref M., Assine S., Bernoussi A. et Haddouchi B., 2007.- Cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines : application au cas de la plaine du Gharb. *Revue des Sciences de l'Eau*, 20 (2): 185-199.



**Figure 3.-** Carte de répartition de l'indice de contamination (IC) avec la profondeur et le sens d'écoulement de la nappe phréatique [19].

- [3].- Babiker I. S., Mohamed M. A. A., Hiyama T., Kato K., 2005.- A GIS-based DRASTIC model for assessing aquifer vulnerability in Kakamigahara Heights, Gifu Prefecture, central Japan. *Science of the Total Environment*, 345: 127-140.
- [4].- Babiker I. S., Mohamed M. A. A., Hiyama T., Kato, K., 2004.- Assessment of groundwater contamination by nitrate leaching from intensive vegetable cultivation using geographical information system. *Environment International*, 29: 1009-1017.
- [5].- Chitsazan M. et Akhtari Y., 2009.- A GIS-based DRASTIC Model for Assessing Aquifer Vulnerability in Kherran Plain, Khuzestan, Iran. *Water Resources Managemant*, 23:1137–1155.
- [6].- Cornet, A. and Gouscov, N., 1952.- Les eaux de Crétacé inférieur continental dans la

Sahara algérien (nappe dite "Albien") In "La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie". 19<sup>ème</sup> Congrès géologique international, T. II, 30 p.

- [7].- Daddi-Bouhoun M., Brinis L., Saker M. L., Cote M. et Rabier J., 2009.- Effects of hydro-edaphic environment on the rooting of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) Deglet Noor in the Ouargla Basin (south-east Algeria). *Ecologia Mediterranea*, 35: 41-48.
- [8].- Danielopol D., Griebler C., Gunatilaka A., et Notenboom J., 2003.- Present state and future prospect for groundwater ecosystems. *Environmental Conservation*, 30 (2): 0-27.
- [9].- Dubief, J. 1963.- Le climat du Sahara (the Sahara climate). *Mém. Hors-série, Inst. Rech. Sah. Algérie, Tome 2, Algeries*, 275 p.
- [10].- Hamdi-Aïssa, B., Valles V., Aventurier A., Ribolzi O., 2004.- Soils and brines geochemistry and mineralogy of hyper arid desert playa, Ouargla basin, Algerian Sahara. *Arid Land Research and Management*, (18): 103-126.
- [11].- Idder, T. 1998. La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara Algérien. Impact des rejets d'origine agricole et urbaine et technique de remédiations proposées. L'exemple de Ouargla. Thèse Doct., Université d'Angers, 284p.
- [12].- Nguyet, V. T. M. and Goldscheider, N., 2006.- A simplified methodology for mapping groundwater vulnerability and contamination risk, and its first application in a tropical karst area, Vietnam. *Hydrogeology Journal*, 14: 1666–1675.
- [13].- ONM (Office National de Météorologie), 2012.- Bulletins mensuels de relevé des paramètres climatologiques en Algérie. Centre climatologique Ouargla, Algérie, 10 p.
- [14].- OSS (Observatoire du Sahara et du Sahel), 2003.- Système Aquifère du Sahara Septentrional. Rapport interne. Tunisie, 229p.
- [15].- Rashid, U., Izrar, A. and Fakhre A., 2009.- Mapping Groundwater Vulnerable Zones Using Modified DRASTIC Approach of an Alluvial Aquifer in Parts of Central Ganga Plain, Western Uttar Pradesh. *Journal geological society of india*, 73: 193-201.
- [16].- Rouabhia, A., Baali, F., Khreci, N., Djabri, L., 2004.- Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocènes de la plaine d'El Ma El Abiod (Algérie). *Sècheresse*; 15 (4): 347-52.
- [17].- Sinan, M. M., 2007.- Utilisation des SIG pour la comparaison des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des nappes à la pollution. Application à la nappe du Haouz de Marrakech (Maroc). *Ecole Hassania des Travaux Publiques*, 41 p.
- [18].- Slimani R., 2006.- Contribution à l'évaluation d'indicateurs de pollution environnementaux dans la région de Ouargla: Cas des eaux de rejets (agricoles et

- urbaines). Mém. Magister, Université Ouargla, Algérie, 98 p.
- [19].- Slimani R., Bettaybi K., Hamdi-Aïssa B., Zahroune A. et Benhmida S. 2011.- Cartographie de vulnérabilité de la nappe phréatique dans un écosystème désertique, cas de la cuvette de Ouargla (Sahara d'Algérie). Milieux poreux et géophysique. Bulletin du Groupe Francophone d'humidimètre et transferts en milieux poreux N°55. ISSN: 0997-1077.
- [20].- UNESCO, 1972.- Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional. Projet ERESS, Rapport final. Unité national d'éducation, scientifique et Culturel Organisation, Paris, 78 p.
- [21].- Vaillant M., Jouanty J. M., Devillers, J., 1995.- A multicriteria estimation of the environmental risk of chemicals with the SIRIS method. Toxicology Modeling, 1: 57-72.
- [22].- Verba J. et Zaporozec A., 1994.- Guidebook on mapping groundwater vulnerability. International Association of Hydrogeologists, vol.16, 131 p.
- [23].- Vias, J. M., Andreo, B. et Perles, M. J., 2005.- A comparative study of four schemes for groundwater vulnerability mapping in a diffuse flow carbonate aquifer under Mediterranean climatic conditions. Environ. Geol., 47: 586-595.
- [24].- Zwahlen F., 2003. Vulnerability and Risk mapping for the protection of carbonate (Karst) Aquifers. Final report, 297p.

## SYSTEMES DE PRODUCTION CAMELINS AU SAHARA ALGERIEN: CAS DE LA REGION DE OUARGLA

BEDDA Hafsia\*, ADAMOU Abdelkader et BABELHADJ Baïssa  
Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides  
Université de Ouargla, 30.000Ouargla, Algérie  
E-mail: [beddahafsia@gmail.com](mailto:beddahafsia@gmail.com)

**Résumé.**- La présente étude menée auprès de 157 chameliers, a permis de révéler la cohabitation de 3 types de chameliers dans la région de Ouargla, selon leur mode d'habitation, à savoir: les nomades (8,91%), les transhumants (77,07%) et les sédentaires (14,01%). Alors que selon la motivation de l'élevage, nous les avons subdivisés en 3 catégories : des chameliers naisseurs-engraisseurs (82%), des chameliers naisseurs-engraisseurs-méharistes (13%) et des méharistes (5%). La survie des troupeaux camélins dépend exclusivement de l'offre fourragère gratuite provenant des parcours naturels, la complémentation alimentaire est occasionnelle et aléatoire, elle dépend de la situation financière des chameliers et des méharistes. Dans la région de Ouargla, malgré les quelques tentatives d'implantation de mini-laiteries vouée à l'échec, la boucherie constitue la principale débouchée pour le dromadaire, la viande des chamelons (hachi et makhloul) est le seul produit largement commercialisé. Les vieux chameliers de la région se soucient de voir l'activité de l'élevage camelin disparaître à cause de la sécheresse et parce que les jeunes sont moins enclins à suivre leurs parents et s'occuper de cet élevage. Ces facteurs semblent favoriser le système transhumant, qui s'impose ces dernières décennies, comme étant un choix incontournable pour l'activité cameline, et parait le seul mode d'élevage qui restera stable au niveau de la région de Ouargla.

**Mots clés:** Sahara, dromadaire, chamelier, territoire, système de production, Ouargla.

### CAMEL PRODUCTION SYSTEMS IN ALGERIAN SAHARA: CASE STUDY OF THE REGION OF OUARGLA

**Abstract.** - The present study conducted with 157 camel breeders, allowed us to reveal the coexistence of 3 types of camel breeders in the region of Ouargla, according to their dwelling modes, namely : nomads (8.91%), (77.07%) transhumant and sedentary camel breeders (14.01%). While according to the motivation of the breeding, we have divided them into 3 categories: the calf-feeder camel breeders (82%), the calf-feeder-camel riders (13%) and camel riders (5%). The survival of herds camels depends exclusively on the free forage offer by desertic areas, food supplementation is occasional and random, it depends on the financial situation of camel breeders and camel riders. In the region of Ouargla, despite a few attempts of implantation of small dairies doomed to failure, butchery is the main outlet for the dromedary, meat of young camels (hachi and makhloul) is the only product widely marketed. Old camel breeders of the region cares about seeing the activity of camel breeding disappear, due to drought and because the young descents are less inclined to follow their parents and take care of this breeding. These factors seems to advance the transhumant system, which is stands out in recent decades as being an inescapable choice for the activity of camel breeding, and seems the only camel breeding system that will remain stable in the region of Ouargla.

**Key words:** Sahara, dromedary, camel breeder, territory, production system, Ouargla.

## Introduction

L'agriculture, l'élevage et la pêche ont constitué, depuis longtemps, les bases de l'alimentation humaine. En Algérie, la faible productivité du secteur agricole, ces dernières décennies, conjuguée à une dynamique galopante des populations, ont rendu le recours aux importations de denrées alimentaires inévitables. Compte tenu de sa facture des importations, le gouvernement algérien a mis en œuvre un programme quinquennal (2010-2014) de renouveau agricole et rural, qui s'articule sur une gestion rationnelle des ressources disponibles en sol, en eau et en espèces végétales et animales [1].

Le programme de renouveau rural, auquel sont alloués des enveloppes budgétaires colossales, vise en priorité le renforcement de la sécurité alimentaire à partir de la production nationale. Ce programme porte une attention particulière aux espaces sahariens, puisque sur les 979 communes rurales de l'Algérie, 130 sont localisés dans l'espace saharien, où vit une population dont la majorité sont phœniciculteurs et éleveurs nomades de filiation [2].

À travers ce programme de renouveau rural, l'élevage camelin occupe une part prépondérante. Cet intérêt résulte de l'aptitude du dromadaire à valoriser les parcours sahariens de faible productivité [3], en transformant la végétation des pâturages inutilisables par les autres ruminants, en viande goûteuse et diététique, en lait et en poils [4]; en plus de ses bonnes capacités d'animal de bât et de course.

La présente étude porte sur l'identification des systèmes de production camelins, d'étudier leur fonctionnement et leur durabilité dans la région de Ouargla. Cette région constituée d'un vaste territoire désert, là où toute mise en valeur agricole est irréalisable, et où la végétation naturelle est limitée à quelques plages de pelouses très éparpillées, constituant les parcours camelins sahariens qui offrent un milieu propice à l'activité de l'élevage du dromadaire.

### 1.- Matériel et méthodes

La région d'étude englobe trois zones agro-écologiques, regroupant différents types de parcours, à savoir: la zone de Ouargla, la zone de Sidi Khouiled et la zone de N'Goussa. Dans chaque zone, nous avons prédestinés des sites d'enquêtes caractérisés par l'hétérogénéité des parcours de pâturage, la diversité en matière de taille et de composition des troupeaux, ainsi que la diversité en matière de motivations des éleveurs.

Au total, il est retenu 3 sites d'enquêtes, qui constituent les zones habituelles de transhumance des chameliers de la région d'étude. Ces sites regroupent: les parcours de pâturage le long du bassin versant de Oued N'Sa au Nord-Ouest, les parcours de pâturage de la basse vallée de Oued M'Ya au Sud et les parcours de pâturage de Hassi El-Agrab (Hassi Messaoud). Le choix des chameliers est de manière aléatoire, selon leur disponibilité et leur collaboration, afin de recueillir l'information nécessaire.

La fiche d'enquête utilisée est scindée en deux thèmes principaux, concernant tous les paramètres liés à la problématique, qui est l'étude des trois pôles constitutifs du système de production, à savoir : l'éleveur, son troupeau et le territoire qu'ils exploitent en commun. La première partie de questionnaires fait trait aux performances zootechniques du dromadaire, ses paramètres de production et de reproduction ainsi que son alimentation;



alors que la seconde partie est structurée sur l'étude des conditions sociales et économiques de l'éleveur.

Le dépouillement des résultats est attelé par des observations directes sur terrain, avec un apport d'éléments explicatifs recueillies auprès de la Direction des services agricoles, la Chambre de l'agriculture et le Commissariat au développement de l'agriculture dans les régions sahariennes de la wilaya.

La démarche méthodologique adoptée pour la réalisation de la présente étude ne se limite plus à la description des éléments composant le système de production camelin, mais s'élargit à l'analyse des transformations qui s'y produisent, en utilisant l'approche systémique particulièrement adaptée à l'étude du milieu rural [5].

## 2.- Résultats et discussion

L'étude des systèmes de production envisagée, porte sur un diagnostic approfondi des ces différents composants, qui sont le chamelier, le territoire et le dromadaire.

### 2.1.- Chamelier

L'éleveur constitue l'objet central du système de production, à la fois en tant que décideur de la motivation de son élevage et acteur principal de cette activité. Selon la motivation de l'élevage camelin, deux types d'éleveurs sont rencontrés au niveau des trois zones d'études. D'une part, le Chamelier qui s'occupe des dromadaires élevés pour leurs productions en viande, en lait, en poils et en crottin; et d'autre part, le Méhariste qui monte un dromadaire ou *Méhari*, utilisé pour les festivités culturelles et sportives (fantasia et courses).

Les données de la présente étude sont collectées auprès de 157 éleveurs, dont 54 éleveurs interviewés relevant de la zone de Ouargla, 31 éleveurs relevant de la zone de Sidi Khouiled et 72 éleveurs relevant de la zone de N'Goussa. Les éleveurs approchés ainsi que les effectifs enquêtés sont répertoriés dans le tableau I.

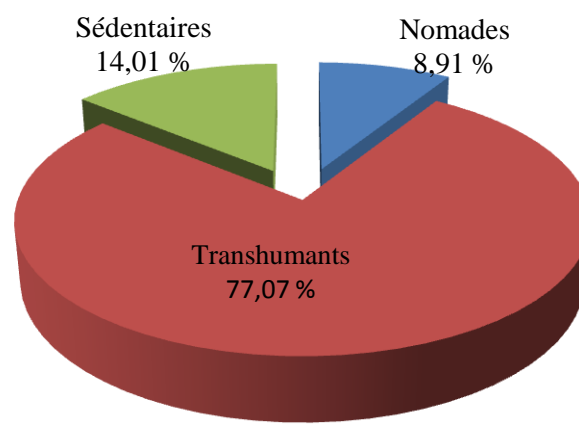
**Tableau I.- Chameliers et effectifs enquêtés (2012/ 2013)**

Zone d'étude	Sites d'enquêtes	Nombre d'éleveurs interviewés	Effectifs enquêtés
Ouargla	Basse vallée de Oued M'Ya	54	1.203
Sidi Khouiled	Hassi El-Agrab	31	779
N'Goussa	Bassin versant de Oued N'Sa	72	1.615
Total		157	3.597

La région d'étude est le point d'attache de quatre populations d'origine nomade, qui sont les Beni-Thour, les Chaâmba, les Mekhadma et les Saïd Otba. Ces population descendent tous des envahisseurs hilaliens, et ont des liens de parenté étroite entre eux [3]. Dans les traditions antiques des nomades, selon les chameliers enquêtés, il n'existe jamais de troupeaux camelins appartenant à des femmes, raison pour laquelle l'ensemble des éleveurs camelins sont des hommes âgés, dépassant les 50 ans. Les femmes s'occupent des activités ménagères et artisanales, ainsi que l'entretien d'un élevage familial de petits ruminants.

Chaque cheptel camelin est dirigé par un chef, qui est soit le propriétaire du troupeau camelin, le fils aîné de la famille ou un berger (qui prend en charge des troupeaux camelins, appartenant à des héritiers d'effectifs camelins de taille faible, de moins de 5 dromadaires par individu).

Selon leurs modes d'habitation, les chameliers enquêtés sont subdivisés en trois catégories, traduisant des modes de vie, d'occupation et d'utilisation des parcours camelins différents (fig. 1). Il s'agit de chameliers nomades possédant la tente comme seule mode d'habitation, de chameliers sédentaires habitant une maison en dure en zone urbaine et de chameliers transhumants dont l'habitation est mixte (la tente en période de transhumance et la maison en dure).



**Figure 1.-** Typologie des systèmes de production camelins à Ouargla

Les chameliers nomades représentent la plus faible proportion de chameliers enquêtés avec 14 chameliers seulement, suivi par les chameliers sédentaires représentés par 22 chameliers enquêtés, et enfin les chameliers transhumants représentés par 121 chameliers enquêtés.

La quasi-totalité des chameliers enquêtés sont soit illettrés ou instruits dans une école coranique, seule les chameliers sédentaires et transhumants sont enthousiasmés par la scolarisation de leurs descendants, qui sont instruits à des niveaux d'études variables, devient des salariés. Alors que les chameliers nomades, à cause de leur mobilité permanente, préfèrent garder leurs enfants auprès d'eux, pour leur venir en aide (c'est la transmission du savoir faire entre générations) et leur épargner de longs et pénibles déplacements vers l'école.

Sur les 157 chameliers enquêtés, 98% d'entre eux, ont une activité professionnelle permanente hors l'élevage camelin. Le travail secondaire s'impose chez les chameliers les moins nantis qui, installés à proximité des zones urbaines, s'adonnent à une autre activité économiques plus rémunératrices, telles que la fonction publique, l'agriculture, la prestation de service (bergers par exemple) et l'élevage de petits ruminants, pour s'assurer un revenu monétaire stable.

Les chameliers nomades recensés lors de l'enquête, sont des descendants de la tribu des Chaâmbas Ouled Ismaïl, qui exploitent les parcours de pâturage le long du bassin versant de Oued N'Sa. Ces chameliers ne se stabilisent jamais, définitivement, dans un endroit fixe, leurs campements se dispersent, dans des zones délimitées par le droit coutumier, à la recherche de points d'eau et de pâturages renfermant encore des poches de verdure.

Les chameliers nomades se déplacent grâce à des indices imperceptibles qui leur permettent de se situer dans l'espace saharien, guidés par l'instinct infallible de leurs dromadaires qui se déplacent machinalement, de lieu en lieu et au fil des saisons, en quête de points d'eau et de pâturages verdoyants.

Les ménages de ce type d'élevage ne détiennent que la tente comme mode d'habitation, et un troupeau diversifié de camelin, caprin et d'ovin qui constituent leur unique capital d'exploitation. Les nomades consultés détiennent des effectifs de taille importante (entre 50 et 100 têtes par chamelier). Ce sont des naisseurs-engraisseurs, dont l'héritage constitue la principale source d'acquisition de leurs troupeaux camelins et ne font recours à l'achat que pour le renouvellement des mâles géniteurs, en cas de nécessité.

Le nombre de chamelier strictement nomade décroît chaque année, d'une part à cause du vieillissement des chefs de famille (des septuagénaires pour la plupart) et la réticence des jeunes envers cet élevage, et d'autre part à cause des longues périodes de sécheresses persistant ces dernières années.

Selon nos investigations, la transhumance est le système le plus pratiqué dans les trois zones d'étude, à l'instar des aires d'élevage camelin du Sahara septentrional, notamment la région du M'Zab [6] et la région du Souf [7]. Les chameliers transhumants recensés possèdent 67,3% de l'effectif total enquêté, ils sont soit des naisseurs-engraisseurs, ou des naisseurs-engraisseurs-méharistes.

Cette catégorie regroupe des chameliers pluriactifs, qui s'adonnent à une activité annexe à l'élevage camelin, afin d'assurer un appoint monétaire pour l'entretien de leurs ménages, ainsi que la prise en charge de leurs proches ascendants devenus âgés et sans revenus.

Selon nos investigations, la saison de transhumance débute vers la fin du mois de septembre, dès le regroupement des troupeaux camelins après leur période de divagation (appelée communément h'mil). C'est l'arrivée des pluies automnales bienfaisantes, qui induit le départ des troupeaux et des tentes, pour tirer profit des ressources en eau et en pâturages disponibles et irrégulièrement distribuées. Cette saison de transhumance coïncide avec les périodes de saillie, de chamelage et de dressage des jeunes chamelons, et est également propice à l'engraissement des dromadaires destinés à l'abattage.

Régis par le droit coutumier et la disponibilité des points d'eau sur leurs couloirs de transhumance, le tracé migratoire habituel des chameliers transhumants des zones d'étude inclut deux transects migratoires à savoir une transhumance local à travers les zones de pacage de la wilaya et une transhumance régionale vers les wilayas limitrophes (notamment Ghardaïa et Illizi), afin d'éviter la surexploitation localisée de certaines zones de pacage au détriment d'autres.

Le transect migratoire des chameliers transhumants de la région de Ouargla, a généralement comme point de départ la basse vallée de l'Oued M'Ya (cuvette de Ouargla), où la poussée de plantes éphémères (appelée communément aheb) est précoce, à cause des averses des mois d'hiver; puis les campements se dispersent dans leurs zones habituelles de transhumance.

Mais, en périodes sèches, dès que les parcours de pâturages s'appauvrissent en végétation verte, les chameliers des zones d'études libèrent leurs troupeaux pour paître sans gardiennage et sans destination connue. C'est la période de divagation ou h'mil. Les éleveurs durant, cette période ne peuvent plus suivre l'itinéraire de pacage de leurs troupeaux camelins. Ils laissent aux troupeaux la liberté complète de s'isoler dans l'immensité du Sahara, guidés par le géniteur (f'hal) du troupeau, pour parcourir d'immenses distances en quête d'eau et de fourrages.

La troisième catégorie d'éleveurs est celle des chameliers sédentaires, qui regroupe des chameliers âgés et leur descendance attirée par l'ouverture du marché de travail. Ces éleveurs citadins sont en nombre beaucoup plus important au niveau des localités de Ouargla, Rouissat et Sidi Khouiled.

Ayant pour but la multiplicité des revenus, ce système incarne l'élevage des méharis à Ouargla (au niveau des localités de Mekhadma, Rouissat et Aïn Beida), l'engraissement des dromadaires à chott El-Hodna [8], le ramassage du bois au Souf [9], et l'élevage des chèvres laitières au M'Zab [10].

Les chameliers sédentaires consultés sont soit des naisseurs-engraisseurs (59,8%), des naisseurs-engraisseurs-méharistes (32,5%) soit des jeunes méharistes (7,7%). Les chameliers sédentaires de la zone de Ouargla confient la conduite de leurs troupeaux camelin à une main d'œuvre salariée, constituée de bergers autochtones ou allochtones (touaregs surtout). Selon nos investigations, le choix du berger n'est pas fortuit, il est basé sur sa bonne réputation, ainsi que son savoir et savoir-faire en matière d'élevage camelin.

La présence des bergers sur les parcours sahariens de notre zone d'étude est un aspect très répandu, puisqu'on les avait rencontrés dans toutes les zones enquêtées. Le nombre de têtes camelines confiées pour le gardiennage varie généralement entre 20 et 30 têtes de dromadaires par berger. Selon nos observations, le gardiennage collectif est une pratique très pratiquée chez les chameliers sédentaires relevant de la localité de Mekhadma, surtout entre jeunes chameliers fonctionnaires d'une même famille (frères et cousins), et détenant moins de 10 têtes camelines chacun. Les effectifs camelins dépassant les 50 têtes peuvent compter à la fois plusieurs bergers.

## 2.2.- Territoire

Cette bioressource naturelle, l'alimentation du dromadaire est exclusivement basée sur l'exploitation de l'offre fourragère gratuite des parcours naturels, dont la composition, la répartition et la densité de la végétation présente une très grande variabilité spatio-temporelle en fonction des saisons et des formations géomorphologiques [11]. Nous avons remarqué que, les chameliers de nos trois zones d'étude exploitent les mêmes espaces traditionnellement utilisés par leurs ascendants.

Selon la D.S.A de la localité de Ouargla, la superficie totale des parcours valorisée par les dromadaires à travers la wilaya est évaluée à 4.750.000 hectares [12]. Les principaux parcours de pâturage par daïra se localisent au niveau des zones suivantes (tab. II):

**Tableau II.-** Répartition des parcours camelins de la wilaya de Ouargla par zone (D.S.A Ouargla, 2012)

Localité	Superficie (Ha)
1- territoire de la daïra de Ouargla sur le transect Ouargla - Ghardaïa	453.060
2- territoire de la daïra de Sidi Khouiled	405.526
3- territoire de la daïra de N'Goussa	175.139
4- territoire de la daïra d'El-Hedjira sur le transect El-Hedjira- El-Alia	501.629
5- la région de Oued Righ Ouest sur le transect Blidet Amor- Sidi Slimane	8.184
6- territoire de la daïra de Taïbet	480.317
7- territoire de la daïra de Hassi Messaoud	1.780.925
8- territoire de la daïra de El-Borma:	945.220
Total	4.750.000

Ces parcours naturels constituent un herbier ouvert de xérophytes que les chameliers connaissent et exploitent en commun de père en fils. Les chameliers, selon nos investigations, connaissent les caractéristiques de chacune des plantes, aussi bien celles bénéfiques pour les dromadaires que celles vénéneuses ou non comestibles. Le déplacement des troupeaux camelins en quête de bon pâturage, se fait selon des transects définis comme étant des couloirs de transhumance que les troupeaux camelins suivent en aller et en retour au cours de l'année.

C'est l'offre fourragère et la disponibilité des points d'eau sur les couloirs de transhumance qui conditionnent la distribution spatio-temporelle des troupeaux camelins. Les meilleurs pâturages se trouvent sur les transects Ouargla- El Goléa (zone de daya), N'goussa- Guerara (zone d'alluvions) et Ouargla- Hassi Messaoud (zone pastorale par excellence).

La plus grande concentration de population cameline a été observée sur les parcours de pâturage le long du bassin versant de Oued N'sa, où nous avons pu identifier 18 espèces végétales; selon CHEHMA *et al.* (2005), les lits d'oueds sont les parcours les plus riches et les plus diversifiés, ce sont surtout les plantes éphémères qui font ressortir la différence entre les divers parcours [13]. Pendant la saison humide lorsque l'offre fourragère des parcours est abondante, les zones de pacages de Ouargla attire les troupeaux camelins et les petits ruminants des régions limitrophes (notamment El-Oued et Illizi), grâce au développement des infrastructures routières, la motorisation et les outils de télécommunication.

C'est la disponibilité des points d'eau qui prescrit l'itinéraire de transhumance des chameliers et de leurs troupeaux entre les zones de pâturages. Les points d'eau constituent, à la fois, des points de fixation pour les chameliers nomades et une halte dans les déplacements des chameliers transhumants. Les chameliers et les bergers se regroupent au voisinage des points d'eau (puits de parcours et lits d'oued), pour contrôler leurs troupeaux

au moment de l'abreuvement, et pour l'échange d'informations sur le couvert végétal des zones de pacages (diversité floristique et répartition spatiale).

Nous avons constatés que les chameliers de la zone de N'Goussa utilisent des citernes pour l'abreuvement de leurs cheptels, afin de leurs épargner de longs et pénibles trajets à la recherche de point d'eau; alors que les chameliers-phœniciculteurs construisent au voisinage de leurs périmètres agricoles des bassins d'abreuvement en béton qu'ils remplissent régulièrement d'eau par pompage à partir des forages d'irrigation.

Les troupeaux camelins qui pâturent aux voisinages des champs pétroliers, s'abreuvent à partir des eaux des sondes des forages pétroliers; ainsi que des eaux de fuites des forages d'irrigation aux voisinages des périmètres de mises en valeur, implantés sur leur couloir de transhumance.

Des efforts ont été entrepris par le ministère de l'agriculture, par le biais de la Direction des Services Agricoles (D.S.A) en collaboration avec la conservation des forêts, pour améliorer l'hydraulique pastorale des parcours de pâturages de la région de Ouargla, notamment par une large opération de réaménagement et de réhabilitation des puits existant. Plus de 40 puits pastoraux ont été réaménagés et réalisés dans le cadre des Projets de Proximité et de Développement Rural Intégré (P.P.D.R.I) entre les années 2009 et 2012, à travers les régions rurales et enclavées de la wilaya de Ouargla, pour la création de points de fixation pour les chameliers et les bergers sur les parcours de pâturage, ainsi que l'équipement des puits en panneaux solaires et en éoliennes pour l'exhaure de l'eau dans les localités non alimentées par le réseau électrique, suite au succès de l'opération dans la région de Feidjet El-Baguel (Hassi Messaoud) [14].

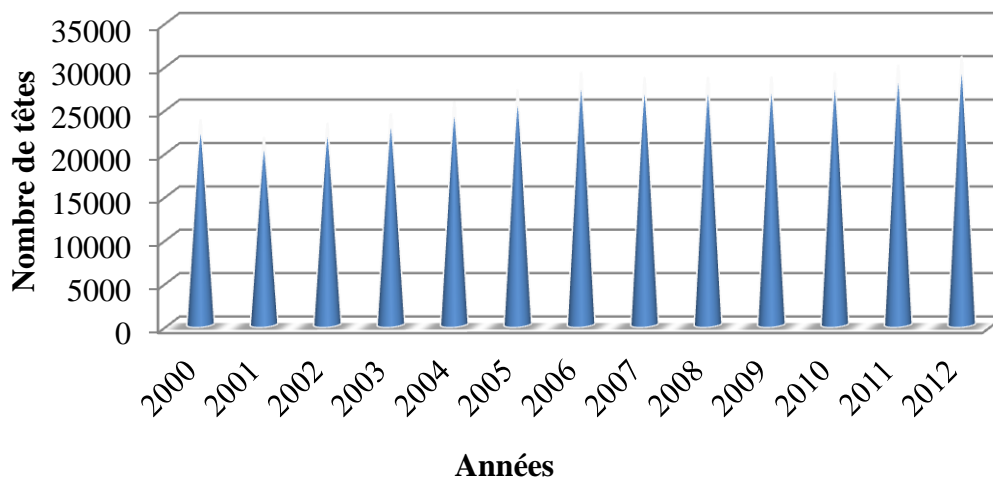
Concernant la complémentation alimentaire pour les troupeaux camelins de la région de Ouargla, celle-ci à un caractère aléatoire et touche en particulier les chamelles gravides, les chamelles allaitantes, les sujets malades et l'engraissement des sujets destinés à la boucherie. Les quantités distribuées dépendent de la situation financière de l'éleveur, les apports alimentaires concernent essentiellement l'orge, les rebuts de dattes (h'chef), les palmes sèches (djerid), les régimes de palmiers et le foin. Chez les méharistes, l'alimentation des méharis en stabulation est diversifiée, les animaux reçoivent un régime alimentaire à base de Drinn (*Stipagrostis pungens*), avec une complémentation en fourrage vert composée de luzerne et de sorgho, en plus du foin, orge en grain et rebuts de dattes. Les quantités d'aliments distribuées dépendent de la situation financière des méharistes.

### 2.3.- Le dromadaire

Selon la D.S.A de Ouargla, l'élevage camelin commence à reprendre son essor à travers la wilaya de Ouargla, cette dernière décennie, l'effectif est en train d'être revivifié, passant de 23.570 têtes l'an 2000 à 30.858 têtes en 2012, dont 19.699 chamelles (soit 63,83% de l'effectif total) [15]. Cet accroissement se présente comme suit sur la figure 2.

Cet accroissement est surtout lié au recul de l'abattage des jeunes femelles, suite à la promulgation de la prime de 20.000 DA accordée aux chameliers pour chaque nouvelle naissance; en plus du transfert illicite des troupeaux camelins à partir des pays voisins (notamment la Libye et le Mali), à cause de l'instabilité de la situation sécuritaire. Répartis sur 10 daïras et appartenant à 1.100 éleveurs, les effectifs camelins les plus importants se localisent au niveau de 4 daïras, selon la D.S.A de Ouargla [16]:

- N'Goussa (20,81%);
- Ouargla (17,18 %);
- El-Borma (14,95 %);
- et Hassi Messaoud (13,85 %).



**Figure 2.-** Évolution des effectifs camelin à travers la wilaya de Ouargla

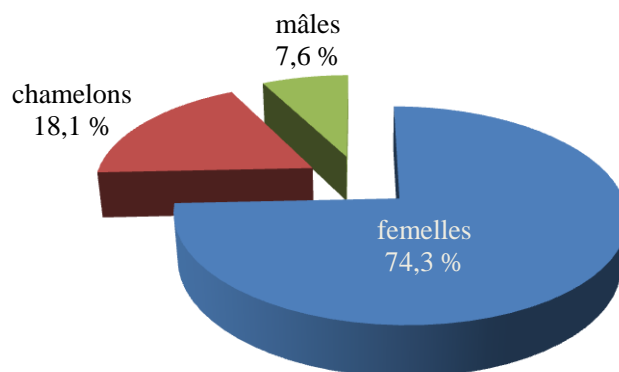
La majeure partie des chameliers enquêtés (67%) ont acquis leurs troupeaux par héritage, selon le droit musulman (ouarth), quoique le cheptel reste souvent groupé sous la responsabilité de l'homme le plus âgé de la famille (chef de famille); l'héritage permet, par conséquence, une augmentation en nombre d'éleveurs, mais pas forcément en nombre de têtes camelines. Les 23% restants regroupent des chameliers et des méharistes ayant acquis par héritage une grande partie de leurs troupeaux et achète d'autres pour renouveler l'effectif reformé; d'autres nouvellement adhérents à la filière, utilisent des fonds obtenu par épargne pour acquérir leurs premiers lots de dromadaires, constitués soit des chamelles pour la reproduction et la production laitière soit des mâles pour la course (méharis).

Les troupeaux camelins enquêtés, au niveau des trois zones d'étude, sont essentiellement composés de deux populations camelines dont 88% de la population Sahraoui et 12% de la population Targui. La population Sahraoui se rencontre à travers toutes les zones d'élevage, cette population est utilisée pour la production de viande et de lait et comme méhari de course. La population Targui se rencontre surtout à travers les localités de Mekhadma, Aïn Beida et Rouissat où les jeunes chameliers l'utilise comme méhari de course et de festivité, alors que les chameliers de la zone de N'Goussa l'utilise comme géniteur.

La taille et la composition des troupeaux camelins enquêtés diffèrent selon la motivation de l'éleveur lui-même, les troupeaux enquêtés sont en majeure partie des effectifs réduits (en moyenne 23 têtes camelines par éleveur); les troupeaux camelins ayant fait l'objet de la présente étude se présentent comme suit dans la figure 3.

Les effectifs camelins de la région de Ouargla, à l'instar des autres régions et wilayas sahariennes se caractérisent par une prédominance des femelles [17], les chamelles représentent 74,3% de l'effectif camelin enquêté de la région d'étude, ceci reflète l'intérêt accordé par les chameliers de la région au maintien de l'activité cameline; les jeunes chamelons et chamelles avant puberté représentent 18,1% de l'effectif camelin enquêté de

la région d'étude, cela indique que les troupeaux camélins de la région sont en constant accroissement; les mâles représentent 7,6% seulement de l'effectif camelin enquêté, dont 98,92% sont des mâles géniteurs et 1,08% sont des méharis de course et de festivités.



**Figure 3.-** Composition des effectifs camélins enquêtés

Selon la motivation de l'élevage, nous avons identifié :

- des élevages à motivation économique: ce type d'élevage concerne 87,9 % des chameliers enquêtés, et dont les troupeaux sont constitués en majeure partie de femelles reproductrices avec un ou plusieurs géniteur,
- des élevages à motivation socio-culturelle: ce type d'élevage concerne 12,1% des chameliers enquêtés, et dont le cheptel est composé uniquement de dromadaires mâles (méharis) destinés au bât et utilisé pour les fantasias et les courses. L'élevage des méharis concerne surtout les zones de Mekhadma, Rouissat et Aïn Beida où les animaux sont élevés dans des abris clôturés en béton dans les zones urbaines et entretenus avec beaucoup de soin. Les séances de dressage des méharis débutent précocement dès l'âge d'une année après sevrage des chamelons, si non à l'âge de 2 ans.

Selon nos investigation, la course des dromadaires est devenue un véritable sport local, régional, national et même international, et également privilégiés pour les spectacles, et utilisés pour les parades et les fantasias sur les rues de la ville de Ouargla lors de l'ouverture des festivités culturelles et folkloriques. Toutefois il faut signaler que, l'utilisation du dromadaire comme animal de trait (pour le labour et l'exhaure de l'eau) est une pratique qui a complètement disparu de la région de Ouargla, suite au développement de la mécanisation du secteur agricole.

D'après les chameliers consultés, la reproduction du cheptel est le principal paramètre indicateur d'une bonne ou d'une mauvaise gestion de l'activité, le début de la saison de reproduction cameline est discerné par le comportement de l'animal. Elle a lieu en hiver, à partir du mois de Novembre, s'intensifie entre Décembre et Janvier, et s'étend jusqu'au printemps (mois de Mars); correspondant ainsi à la saison des pluies.

Les chameliers de la région de Ouargla détenteurs d'un troupeau renfermant plus de 60 femelles reproductrices (soit 14% des chameliers enquêtés) optent, chaque année, pour la mise à la reproduction de 50% des chammelles reproductrices. Cette mesure permet au chamelier un accroissement annuel de son effectif et d'étaler la période de production laitière sur toute l'année en vue d'un bénéfice économique perpétuel. Certains chameliers



possédant des géniteurs jugés performants, deviennent des prestataires de service bénévoles au profit des chameliers dont le troupeau est composé exclusivement de femelles.

Les chameliers interviewés affirment que la durée de la carrière reproductrice des dromadaires diffère d'un chamelier à l'autre, et dépend essentiellement des performances productrices et reproductrices de l'animal. Pour les chammelles, l'âge à la réforme varie entre 15 et 25 ans, pouvant même être prolongé jusqu'à l'âge de 28 ans au maximum, et ce tant que les intervalles entre deux chamelages successifs ne dépassent pas les 24 mois.

Nous avons constatés que, les mâles géniteurs sont réformés le plus souvent à l'âge de 28 ans, le choix se porte toujours sur des mâles susceptibles de féconder plusieurs chammelles par jour (en moyenne 4 à 6 chammelles par jour), les moins fertiles sont réformés à un âge précoce (15 ans). D'autre part, il est à noter que la longévité des effectifs camélins s'en trouve hypothéquée à cause de l'usure de sa dentition dès l'âge de 15 ans.

Pour les chameliers de la région de Ouargla, les ventes d'animaux vifs est un commerce habituel qui s'effectue de manière disparate dans le temps, selon les opportunités de vente offertes aux chameliers et selon la demande des marchés locaux et limitrophes. Le prix de vente d'un dromadaire est déterminé selon l'âge, le sexe et la conformation corporelle de l'animal.

Les commerçants consultés affirment que, les prix de vente des dromadaires obéissent aux lois essentielles du marché, mais d'une manière générale, les prix de vente oscillent entre:

- 70.000 et 100.000 DA pour les sujets de 12 mois;
- 80.000 et 120.000 DA pour les sujets de 18 mois;
- 90.000 et 150.000 DA pour les sujets de 36 mois;
- 150.000 et 200.000 DA pour les sujets de 72 mois;
- 200.000 et 250.000 DA pour une femelles reproductrice ou Naga;
- et entre 150.000 et 200.000 DA pour un géniteur.

Nous avons constatés que la viande cameline est devenu un aliment de choix, puisque selon les bouchers consultés, un nombre de plus en plus important de consommateurs s'orientent vers la consommation de cette viande, enthousiasmé par ses qualités diététiques et thérapeutiques appréciées comme étant une viande saine, fraîche, light et parfumée d'herbes aromatiques sahariennes, et à cause de son prix abordable pour le consommateur à faible pouvoir d'achat.

Le prix de vente du kilogramme de viande cameline oscille entre 650 et 750 DA pour la viande des jeunes chamelons Hachi et Makhoul, alors que celle des sujets âgés se vend à 550 DA le kilogramme; très en-deçà de celui des autres viandes rouges, qui se vendent à 1.500 DA le kilogramme pour la viande ovine et entre 850 et 1.300 DA le kilogramme pour la viande bovine.

Quant au lait de chammelle, malgré ces vertus médicinales et nutritionnelles, nous avons remarqués qu'il n'entre plus dans les habitudes culinaires des populations de la zone de Ouargla. Nombreux sont les chameliers (nomades surtout) ayant des préjugés culturels contre la vente du lait, car pour eux le lait est un objet de donation et non pas de vente. Raison pour laquelle, une grande partie de la production laitière des chammelles est destinée

à l'alimentation des jeunes chamelons, et le faible surplus est destinée à la consommation du chamelier, de sa famille, du berger qui assure le gardiennage du troupeau ainsi que les visiteurs comme cadeau de bienvenue.

La production laitière journalière d'une chamelle, nous a été difficilement estimable, car seules les quantités du lait récoltées après que le chamelon ait réclamé son dû sont évaluées. Les estimations répertoriées ne reflètent jamais les quantités réellement produites ; à titre d'exemple, lors du 2<sup>ème</sup> salon national du dromadaire qui a eu lieu en 2012 à Ouargla, la production laitière journalière d'une bonne chamelle laitière bien nourrie et en bonne santé a été évaluée à un minimum de 2 litres et un maximum de 5 litres de lait recueilli par femelle [18].

## Conclusion

L'élevage camelin est une activité séculaire chez les populations rurales d'origine nomade de la région de Ouargla constituant, à la fois, une ressource financière pour les chameliers et les méharistes et contribuant à la création d'emplois pour les bergers autochtones et allochtones. Les populations continuent à s'investir dans la filière, bien que certains disposent d'autres sources de revenu en dehors de l'activité d'élevage cameline. La quasi-totalité des chameliers enquêtés sont des naisseurs-engraisseurs, et la boucherie constitue la principale débouché pour le dromadaire à Ouargla, imposé par l'échec de toutes les tentatives d'implantation de mini-laiteries pour la collecte et le conditionnement du lait camelin, et imposé également par des préjugés culturels interdisant la vente du lait camelin. Le lait et de la viande cameline sont devenus des produits de choix, pour une population enthousiasmée surtout par leurs qualités diététiques et thérapeutiques.

L'entrave majeure à cet élevage demeure sa conduite en extensive, à cause des sécheresses récurrentes qui ont eu pour conséquence le rétrécissement des aires de pacage, ceci semble favoriser le système transhumant qui s'impose aujourd'hui comme un choix incontournable pour l'activité cameline, et paraît le seul mode d'élevage qui restera stable; vu que les jeunes descendants des chameliers sont moins enclins à suivre leurs parents, et à s'occuper de cet élevage, préférant une vie moins dure et un revenu monétaire stable. L'élevage camelin commence à perdre de sa prévalence, mais aucun enquêté ne pense délaisser l'activité par amour à cet animal saharien énigmatique.

## Références bibliographiques

- [1].- Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, 2010.- La politique de renouveau agricole et Rural en Algérie. Ed. MADR, Algérie, 7p. [www.minagri.dz](http://www.minagri.dz).
- [2].- Chaouch S., 2012.- Le renouveau rural et la sécurité alimentaire: Quelques indicateurs du sud algérien. Atelier sur la sécurité alimentaire et l'agriculture saharienne. Université Kasdi Merbah, Ouargla, les 15 et 16 février 2012.
- [3].- Chehma A., 2005.- Etude floristique et nutritive des parcours camelins du Sahara septentrional algérien. Cas des régions de Ouargla et de Ghardaïa. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, 178p.
- [4].- Faye B., 1997.- Guide de l'élevage du dromadaire. Ed. SANOFI, Santé nutrition animale, 126p.

- [5].- Rouvillois-Brigol M., 1975.- Le pays de Ouargla (Sahara Algérien). Variation et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Ed. Presses de Copédith, Paris, 389 p.
- [6] Ouled Laid A., 2008.- Conduite de l'élevage camelin (région de Ghardaïa), les Paramètres de production et de reproduction. Mémoire d'ing. d'Etat, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 94p.
- [7].- Mehria T., 2011.- Situation de l'élevage camelin dans la région du Souf. Mémoire d'ing. d'Etat. Université de Ouargla, Ouargla, 58p.
- [8].- Ben Semaoune Y., 2008.- Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale: contribution à la mise en place d'un schéma d'aménagement et de gestion de l'espace (S.A.G.E.)- cas de la région de Ghardaïa. Mémoire Magister, Université Kesdi Merbah, Ouargla: 54- 57.
- [9].- Adamou A., 2008.- L'élevage camelin en Algérie: Système à rotation lente et problème de reproduction, profils hormonaux chez la chamelle Chaâmbi. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, 250p.
- [10].- Laameche F., 2013.- Etude critique de la pratique de l'alimentation des chammelles laitières en système d'élevage intensif dans la région de Ghardaïa. Mémoire Magister en sciences agronomiques, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 82p.
- [11].- Chehma A. et Youcef F., 2009.- Variations saisonnières des caractéristiques floristiques et de la composition chimique des parcours sahariens du Sud-Est algérien. Sécheresse, vol. 20 (4): 373- 381.
- [12].- Chehma A., Djebbar M. R., hadjaiji F. et rouabeh L., 2005.- Étude floristique spatio-temporelle des parcours sahariens du Sud-Est algérien. Sécheresse, vol. 16 (4): 275- 285.
- [13].- Chehma A., Bouzegag I, chehma Y., 2008.- Productivité de la phytomasse éphémère des parcours camelins du Sahara septentrional algérien. Fourrages, 194: 253- 256.
- [14].- Conservation des forêts de la wilaya de Ouargla, 2012.- Opérations pilotées par la conservation des forêts de Ouargla. Ed. MADR, Alger, 202p.
- [15].- Direction des Services Agricoles de la wilaya de Ouargla, 2012.- Services des Statistiques. Bilans annuels, Ouargla, Algérie.
- [16].- Direction des Services Agricoles de la wilaya de Ouargla, 2012.- Services des Statistiques. Bilans annuels, Ouargla, Algérie.
- [17].- Ben Aissa R., 1988.- Le dromadaire en Algérie. Séminaire sur la Digestion, la Nutrition et l'Alimentation du Dromadaire 27 Février - 1<sup>er</sup> Mars, Ouargla, Algérie, Options Méditerranéennes, A (2), Ed. CIHEAM, Paris: 19-28.
- [18].- Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (M.A.D.R.), 2012.- L'élevage camelin en Algérie, salon de dromadaire Ouargla 2012, Ed. MADR, Alger, 44p.