

Université Kasdi Merbah–Ouargla  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences Agronomiques



## 7ème Workshop sur l'agriculture saharienne

Potentialités Agrobiologiques des Sols:  
Problèmes posés et Valorisation  
(Agro-Bio-Sol 2018)

# PROCEEDING



Ouargla  
07 mars 2018



# نهدي هذا العمل إلى

## روح المرحوم الأستاذ الدكتور ساكر محمد لخضر



ولد في 29 يناير 1951 بمدينة سيدي عقبة، ولاية بسكرة متزوج وله 5 أولاد. زاول دراسته في بسكرة و إنتقل إلى ورقلة ليكمل دراسته في المعهد التقني للزراعة الصحراوية أين تحصل على شهادة مهندس في عام 1977.

تم توظيفه في مديرية الزراعة ببسكرة (1978- 1986) ثم عاد إلى ورقلة ليمارس مهنة التدريس في المعهد التقني للزراعة الصحراوية، المعهد الوطني للتكوين العالي في الزراعة الصحراوية، المركز الجامعي و أخيرا الجامعة (1986- 2016). تحصل على منحة إلى فرنسا حيث نال شهادتين في الدراسات المتعمقة (DEA)، الأولى في الأنظمة الفضائية و تهيئة المناطق (1993) و الثانية في العلوم و نظرية أشكال التربية (1993) وكذلك شهادة الدكتوراة في الطبيعة و التهيئة (2000). بعد عودته إلى جامعة ورقلة تحصل على شهادة التأهيل الجامعي (2009) و رقيا إلى درجة أستاذ التعليم العالي في عام 2013. أثناء مشواره المهني تخرج على يده عدد كبير من تقنين سامين، مهندسين، ليسونس، ماستر، ماجيستار و دكتوراة و التأهيل الجامعي. خلال مسيرته العلمية قدم عدة مداخلات في ملتقيات علمية وطنية و دولية. صدر له عدة مقالات في مجالات علمية وطنية و دولية. لقد شاركت في مشاريع بحث تعمل على دراسة المشاكل البيئية و الزراعية في المناطق الصحراوية الجزائرية.

توفته المنية في ورقلة عن عمر يناهز 65 عام في 9 تشرين ثان 2016. لقد كان نعمة الأب، الأخ، الأستاذ و الصديق. تغمده الله برحمته و أسكنه جنانه.

# PREFACE

Les oasis algériennes constituent le berceau de l'agriculture saharienne. Jadis leurs présences est étroitement liée à la présence du sol et de l'eau. Elles sont installées en générale dans les sols fertiles des oueds enrichis d'alluvions.

L'activité agricole reste limitée par le niveau des ressources naturelles hydro-édaphiques, biologiques et les pratiques anthropiques agro-environnementales et socio-économiques. Elle demeure malgré tout un élément central de l'économie nationale. Son développement permet d'assurer la sécurité alimentaire de la population locale ; comme elle peut permettre la création de richesse et d'emplois. Cependant, elle reste limitée par des facteurs climatiques, édaphiques, biotiques et techniques par une insuffisance des travaux techniques appropriés de recherche appliquée et de vulgarisation.

L'agriculture saharienne reste confrontée actuellement à diverses difficultés entravant son développement liées aux niveaux des potentialités hydro-édaphiques, biologiques et socio-économiques. La rentabilité de ce secteur reste conditionnée aussi par les contraintes environnementales, leurs gestions, les problèmes posés et les modes de valorisation préconisés. D'où la nécessité et l'intérêt d'étudier, de protéger et de valoriser les potentialités agrobiologiques des sols pour promouvoir des pratiques agricoles saines respectueuses de l'environnement et permettant d'assurer un développement durable des régions sahariennes.

Le constat actuel nous révèle une dégradation de l'environnement, notamment hydro-édaphique, une érosion génétique et une exploitation non rationnelle des ressources en eau souterraines. Ces changements ont affecté gravement l'agro-système et la production agricole en particulier au vue de la situation tributaire des importations qui ne cessent d'augmenter. Face à cette situation de grands efforts doivent être ménagés en matière de recherche agronomique fondamentale et appliquée.

Il est urgent de discuter sur les moyens techniques à mettre en œuvre pour organiser la transition de l'agriculture conventionnelle vers une agriculture participative biologique durable. Ce workshop doit faire le point sur l'état actuel des connaissances sur les potentialités agrobiologiques des sols et de débattre aussi sur le devenir de l'agriculture saharienne. L'instauration d'une agriculture raisonnée comme un système de production agricole permettra d'optimiser le résultat économique en maîtrisant les quantités d'intrants, et notamment les substances chimiques utilisées (pesticides, engrais) dans le but de limiter leur impact sur l'environnement et la santé humaine. L'activité scientifique dans cette manifestation scientifique permettra d'amorcer un débat et une dynamique de recherche pour l'agriculture saharienne dans un cadre de développement durable.

Le workshop constitue une initiative inouïe en vu de réunir les agriculteurs potentiels de différentes régions du pays avec les chercheurs scientifiques dans le domaine agro-pédologique et de biologie des sols. Ce qui permettra dans l'avenir d'établir, un pont de liaison et d'échange entre les investisseurs agricoles, les instances technico-administratifs et les potentialités scientifiques de l'université KASDI Merbah de Ouargla. Ces partenaires ont l'obligation de trouver des solutions communes aux différentes problématiques exposées et de définir une démarche de valorisation des ressources agrobiologiques des sols respectueuse de l'environnement et permettant d'assurer un développement durable pour l'agriculture saharienne.

Nous tenons à remercier tous les participants, agriculteurs, doctorants, enseignants-chercheurs qui nous ont honoré par leur présence et par leur contribution directe où indirecte. L'exposition de leurs résultats a permis d'établir un état des lieux. Le bilan du 7ème workshop sur les potentialités agrobiologiques des sols : problèmes posés et valorisation dans sa première édition est très encourageant, et prometteur avec 03 thèmes, 15 communications orales et 27 communications affichées.

Nous avons eu l'honneur d'avoir parmi nous le recteur de l'université KASDI Merbah de Ouargla le Pr. HALILAT Mohamed Tahar qui a été très favorable à l'initiative. Nous sommes aussi redevables aux organisateurs du workshop, aux membres du comité scientifique, aux présidents de séances et surtout aux différents sponsors, sans qui ce projet n'aurait jamais vu le jour.



Pr. DADDI BOUHOUN Mustapha  
Président du Workshop  
Ouargla 2018



## **Présidents d'honneur :**

Pr. HALILAT Mohamed Tahar

Pr. BISSATI Samia



## **Président du Workshop**

Pr. DADDI BOUHOUN Mustapha

## **Comité scientifique**



Pr. CHELOUFI Hamid

## **Président du comité scientifique**

### **Vice président :**

Pr. HAMDİ AÏSSA Baelhadj

### **Membres :**

Pr. BOUTOUTAOU Djamel  
Pr. IDDER Med Tahar  
Pr. GUEZOUL Omar  
Dr. DJERROUDI Ouiza  
Dr. OMEIRI Nawel  
Dr. YUCEF Fouzia  
Dr. KARABI Mokhtar  
Dr. SLIMANI Rabia  
Dr. OUSTANI Mabrouka  
Dr. DERAOUİ Naima  
Dr. DADAMOUSA Med Lakhdar  
Dr. ZENKHRI Salah  
Dr. MIHOUB Adil

## **Comité d'organisation**



KARABI Mokhtar

## **Président du comité d'organisation**

### **Vice président :**

BELAROSSI Med El Hafed

### **Membres :**

HENNI Abdellah  
CHAHBI Djamel Eddine  
DADAMOUSA Med Lakhdar  
IDDER Med Abdelhak  
KHEMGANI Med Abdelmalek  
SAGGAI Med Mounir  
DJILI Brahim  
LAMRANI Cherifa  
BOUMADDA Abdelbasset  
REZAGUI Djihed  
BOUHANNA Amal  
KEMASSI Samia  
DJAGHOUBI Afaf  
BENHEDID Hadjira  
RECIOUI Ibrahim  
SIBOUKEUR Abdellah  
BABAUSMAIL Mahfoud

## Préambule

L'extension de l'agriculture saharienne est une priorité nationale d'ordre stratégique visant le développement durable des régions sahariennes. Elle nécessite l'exploitation de nouvelles superficies de sols, la caractérisation des ressources hydro-édaphiques et un plan d'aménagement adéquat, assurant des rendements optimums économiques.

Le sol, espace vital des cultures, doit assurer une fixation racinaire optimale, sans contraintes hydro-édaphiques et une réserve suffisante en eau et en éléments nutritifs indispensables. L'étude des sols sahariens est primordiale dans tous projets de mise en valeur agricole et de réhabilitation d'anciennes oasis. Malheureusement, les études sont rares, généralement académiques et couvrent une infime partie des régions sahariennes. L'appréciation des potentialités agrobiologiques des sols sahariens va nous permettre d'établir une stratégie de mise en valeur durable visant à optimiser et valoriser les ressources édaphiques par une gestion rationnelle, économiquement rentable et respectueuse de l'environnement.

## Objectif

Ce Workshop vise à dresser un bilan sur les caractéristiques, le fonctionnement, la gestion et la valorisation des sols sahariens, à partir de :

L'étude des ressources et des potentialités agrobiologiques des sols, à savoir :

- les ressources en sols et cartographie ;
- les potentialités agronomiques des sols de types physiques, physico-chimiques, chimiques et biochimiques;
- les potentialités biologiques des sols ;

L'étude de la gestion des sols et les problèmes posés de types abiotiques (mécanique, irrigation-drainage, fertilité, salinité, érosion, pollution...etc.), biotiques (activité biologique, matières organiques ....etc.) et socio-économiques ;

L'étude des procédés de conservation et de valorisation des potentialités agrobiologiques des sols.



## **Thème 1:**

Ressources et potentialités agrobiologiques  
des sols sahariens

# L'ADN ENVIRONNEMENTAL AU SERVICE DE LA BIODIVERSITE : EVALUATION ET CARACTERISATION

**AMRANI K.<sup>1,4</sup>, POMPANON F.<sup>2</sup>, PANSU J.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Université Grenoble Alpes, Laboratoire Pacteterritoires, France

<sup>2</sup>Université Grenoble Alpes, Laboratoire Ecologie Alpine, France

<sup>3</sup>Princeton University, Department of Ecology and Evolutionary Biology, U.S.A

<sup>4</sup>Université Kasdi Merbah Ouargla, Laboratoire Bioressources sahariennes, Algérie

[Khaled.amrani@umrpacte.fr](mailto:Khaled.amrani@umrpacte.fr)

**Résumé :** L'étude des potentialités agrobiologiques des sols sahariens revêt un intérêt capital pour la mise en valeur. Dans cette optique, la caractérisation de la biodiversité à partir d'ADN issu d'un échantillon de sol est maintenant possible grâce aux nouvelles technologies de séquençage. Elle permet d'effectuer des inventaires, de reconstituer des paléo-environnements et de caractériser des sols.

Le recours à cet outil offre de réelles possibilités d'amélioration de connaissances, comme préalable à la caractérisation de la diversité des espèces vivant au sein des écosystèmes pour en comprendre le fonctionnement. Elle devient également un enjeu sociétal puisqu'elle est nécessaire pour mettre en œuvre des programmes de conservation et de restauration des agro-écosystèmes. C'est dans ce contexte qu'une collaboration scientifique a été mise en place en 2013. Le principe de cet outil consiste à extraire l'ADN d'un échantillon environnemental (eau, sol ...), puis à amplifier par réaction de polymérisation en chaîne le fragment cible correspondant au code-barres à l'aide d'un couple d'amorces prédéfini. Ces derniers peuvent amplifier un large spectre d'espèces. On parle alors de *Metabarcoding*. La présente communication a pour objectif de présenter l'outil et sa valeur ajoutée potentielle dans les études agro-écologiques.

**Mots clés :** Fertilité des sols, Biodiversité, ADN environnemental, Sols sahariens

## الحمض النووي البيئي في خدمة التنوع البيولوجي: التقييم والخصائص

**ملخص :** تعتبر دراسة القدرة الزراعية - البيولوجية للتربة الصحراوية ذات أهمية كبرى للتنمية. وفي هذا السياق، أصبح من الممكن الآن دراسة خصائص التنوع البيولوجي عن طريق الحمض النووي لعينة من التربة بفضل تقنيات التسلسل الجديدة. حيث تسمح بالجرد وإعادة بناء البيانات الماضية وتحديد خصائص التربة. استخدام هذه الأداة يوفر فرصاً حقيقية لتحسين المعلومات حول خصائص تنوع الأصناف الحية التي تعيش في النظم الإيكولوجية من أجل فهم الوظيفة. كما أنها أصبحت قضية مجتمعية حيث أنه من الضروري تنفيذ برامج محافظة واستعادة للنظم الإيكولوجية الزراعية. وفي هذا السياق، أنشئ تعاون علمي في عام 2013. مبدأ هذه الأداة هو استخراج الحمض النووي من عينة بيئية (المياه والتربة...)، ثم التضخيم بواسطة تفاعل البلمرة المتسلسلة للجزء المستهدف الموافق للرمز الشريطي باستخدام زوج محدد مسبقاً. هذا الأخير يمكنه تضخيم مجموعة واسعة من الأصناف الحية. والغرض من هذه المداخلة هو تقديم هذه الأداة قدراتها المضافة المحتملة في الدراسات الزراعية الإيكولوجية.

**كلمات دالة:** خصوبة التربة، التنوع البيولوجي، الحمض النووي البيئي، التربة الصحراوية.

## 1. INTRODUCTION

La caractérisation de la diversité des espèces est un préalable à la connaissance du fonctionnement écologique des écosystèmes terrestres, marins ou humides. Elle présente un intérêt scientifique majeur pour comprendre les interactions qui s'opèrent et qui contribuent à l'équilibre écologique. Elle devient, de ce fait, un enjeu sociétal pour la préservation, la mise en valeur et la restauration de la biodiversité guidant les gestes de génie écologiques des aménageurs [1].

La caractérisation des espèces des différents règnes du vivant ont toujours fait référence à des critères morphologiques, plutôt descriptifs, trouvant ainsi leurs limites chez les microorganismes, difficiles à observer. Ce sont alors des paramètres moléculaires qui ont été privilégiés [2].

C'est dans ce contexte que s'est développée la détermination rapide et fiable des espèces basée sur l'utilisation d'un fragment d'ADN. Dénommée « code-barres ADN », traduction de l'anglais DNA barcoding, il s'agit d'une région du gène mitochondrial codant

pour la cytochrome oxydase 1, qui a été définie en 2003 comme le fragment de référence pour la caractérisation des espèces animales [3].

Bien que le recours à des échantillons d'ADN « classiques » (le barcoding) était opérationnel depuis une dizaine d'années, [4], le recours au *Métabarcoding* est récent. Le mérite revient aux technologies de séquençages à haut-débit ayant permis le traitement simultané de plusieurs échantillons d'ADN provenant à la fois d'individus et d'espèces différentes, contrairement à la méthode classique qui ne permettait le traitement que d'un seul gène provenant d'un échantillon connu [6, 7, 8].

C'est en 1987 que l'on a fait référence à l'ADNe pour la première fois [9]. Elle concernait une méthode d'extraction de l'ADN des micro-organismes à partir des sédiments [10]. Le terme ne va être réellement employé que dans les années 2000 par les microbiologistes [11, 12]. Le *Métabarcoding* environnemental ou l'ADNe (environnementale) permet une extraction d'échantillons environnementaux sans isolation préalable des organismes ciblés [13]. Il est composé de l'ADN extracellulaire provenant de cellules dégradées et de l'ADN cellulaire d'organisme vivant [14, 15].

La généralisation de cette technique s'est par la suite étendue aux macro-organismes animaux et végétaux, dont on peut détecter la présence dans des échantillons environnementaux grâce aux traces d'ADN qu'ils laissent derrière eux : cadavres, mucus, excréments, fragments ...

Sur ce point, la méthode paraît prometteuse et pourrait être mobilisée pour la caractérisation des écosystèmes arides aussi bien sur le plan microbiologique, encore peu connu, que sur le plan biologique. C'est dans cet esprit qu'une collaboration scientifique a été mise en place en 2013 afin de réaliser une étude exploratrice pilote. Une approche terrain originale a été réalisée en 2014 sur des échantillons environnementaux issus des sols de Dayassur un transect de 180 km entre Ouargla et Berriane (Ghardaia) et des pelotes de rejection du Hibou Grand Duc Ascalaphe et de la Chouette effraie.

Cet article, a pour objectif la vulgarisation de l'outil. A cet effet, les résultats préliminaires d'une étude exploratrice pilote seront présentés. Nous avons délibérément choisi cette option car nous avons jugé qu'il était d'abord important de présenter l'outil en question et non pas l'étude en soi étant donné que les difficultés que nous rencontrons ont trait au financement nécessaire pour enrichir la base de données de références. Comme nous le verrons dans les résultats, la non assignation à une espèce est due à la qualité de cette base encore très lacunaire pour le Sahara ...

## 2. DE NOMBREUX CHAMPS D'APPLICATION

Ces nouveaux outils biotechnologiques et bio-informatiques offrent des alternatives aux techniques souvent beaucoup plus lourdes à mettre en œuvre qui étaient jus qu'à présent utilisées pour décrire la biodiversité. De nouvelles perspectives s'ouvrent ainsi pour étudier le fonctionnement et l'évolution des écosystèmes, terrestres et aquatiques, avec pour unique pré requis la connaissance des communautés d'espèces interagissant en leur sein.

Décrire la biodiversité à partir d'échantillons de terre en utilisant le *Metabarcoding* se révèle, entre autres, utile lorsque les individus sont difficiles à trouver et à identifier morphologiquement, comme c'est le cas pour de nombreuses espèces de la faune du sol dont la fonction au sein de l'écosystème est essentielle (vers de terre, insectes, collemboles...).

Le *Metabarcoding* peut aussi se substituer aux relevés botaniques classiquement utilisés, notamment dans les milieux où la diversité est extrêmement élevée, les forêts tropicales humides par exemple. Il s'avère tout particulièrement utile lorsqu'il s'agit de reconstituer des paléo-environnements et que les espèces recherchées ont disparu. La reconstitution se fait classiquement à partir de l'étude de macro-fossiles et de pollens, qui biaise l'échantillonnage et est lourde à mettre en œuvre pour une faible résolution



taxonomique. Dans ce contexte, des études d'échantillons de permafrost datant de plus de 20 000 ans ont démontré une bien meilleure résolution que les relevés polliniques. [1]

Le *Metabarcoding* se révèle également plus efficace et plus résolutif que les méthodes traditionnelles pour étudier les régimes alimentaires à partir des fèces et des contenus stomacaux. Longue et fastidieuse, l'identification au microscope de fragments de cuticule de plante chez les herbivores ou de restes de proies chez les carnivores n'apporte que des informations très partielles. Le *Metabarcoding* utilisé pour reconstituer les régimes alimentaires se pose donc en technique complémentaire, voire alternative, à toutes ces méthodes. Son potentiel pour déterminer les espèces consommées a été démontré chez des animaux d'élevage (vache, mouton) et pour une grande variété d'animaux sauvages, des mammifères aux mollusques en passant par les oiseaux et les insectes [1].

### 3. APPROCHE METHODOLOGIQUE

Dans un premier temps, nous accordons la priorité à l'approche méthodologique du *Metabarcoding* car l'outil n'est que très peu connu en Algérie au regard des échanges que nous avons eu. En effet, l'ADNe est souvent confondu avec le barcoding classique d'où l'intérêt de cette présentation.

Le principe consiste à extraire l'ADN d'un échantillon environnemental (eau, sol, fèces), puis à amplifier par PCR le fragment cible correspondant au code-barres à l'aide d'un couple d'amorces prédéfini. Ces amorces peuvent être spécifiques d'une espèce. À l'inverse, les amorces peuvent amplifier un large spectre d'espèces. On parle alors de *Metabarcoding*. Dans ce cas, il faut séquencer les amplicons produits par réaction de polymérisation en chaîne (PCR) puis les comparer à une base de référence pour les relier à une espèce donnée.

L'approche metabarcoding environnemental comporte six étapes :

- Echantillonnage au niveau du terrain (sol, eau,...)
- Extraction de l'ADN issu de ces échantillons
- Amplification par PCR
- Séquençage à haut débit du produit de la PCR
- Filtrage des données
- Assignation taxonomiques par comparaison à une BDD de référence.

#### 3.1. DES PRÉCAUTIONS À PRENDRE

A l'image de toute étude scientifique, l'échantillonnage doit être aussi représentatif que possible de la zone d'étude afin de mieux intégrer la biodiversité à l'échelle considérée.

L'étiquetage des échantillons est indispensable car elle permet une interprétation thématique des résultats. A titre d'exemple, les échantillons provenant d'une même région peuvent renseigner sur la répartition spatiale de la biodiversité et fournir ainsi des éléments de compréhension des communautés du vivant [18].

Par ailleurs la conservation des échantillons revêt un intérêt particulier car susceptible d'être dégradé par des enzymes. Il convient alors de : soit réaliser les analyses aussi tôt que possible après les prélèvements ou les conserver dans du silicagel [1].

Un bon code-barres ADN est une séquence variable entre espèces mais très conservée au sein d'une même espèce, permettant de lui attribuer un fort pouvoir discriminant. La séquence à étudier doit comporter deux zones très conservées d'une espèce à l'autre, pour permettre l'amplification du fragment par PCR pour garantir une bonne couverture taxonomique [1]. Par ailleurs, il est important que le fragment amplifié soit court, inférieur à 150 paires de bases (pb), permettant ainsi de travailler sur des matrices dégradées. De même, l'utilisation de fragments d'ADN mitochondriaux ou chloroplastiques est privilégiée car leur nombre de copies par cellule est 100 à 1 000 fois supérieur à celui de

l'ADN nucléaire ce qui permet de travailler sur de faibles quantités.[1]

Enfin, Il est également utile que les code-barres ADN soient phylogénétiquement informatifs pour assigner des espèces inconnues à un taxon d'ordre supérieur (genre, famille, etc.). Cela signifie que le niveau de divergence entre les séquences de référence reflète le niveau de divergence entre les espèces qui les portent.

### 3.2. L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Le recours aux outils bio-informatiques est requis. Ces derniers ont été développés pour optimiser l'exploitation des bases de données à partir d'un jeu de séquences de référence prédéfini. Ils permettent de choisir les amorces d'amplification les mieux adaptées, par recherche des variables encadrées par des zones conservées. Ils sont aussi utilisés pour estimer la qualité des code-barres en mesurant le pouvoir discriminant et leur couverture taxonomique [16, 17].

La qualité de la base de référence et son exhaustivité par rapport à la zone d'étude conditionne bien entendu la qualité de l'assignation des séquences produites aux espèces.

### 4. CAS D'ÉTUDE DANS LE SAHARA SEPTENTRIONAL ALGÉRIEN

Une approche terrain originale a été réalisée en avril 2014 sur des échantillons environnementaux issus des sols de Dayas sur un transect de 180 km entre Ouargla et Berriane (Ghardaïa). Nous avons veillé à respecter les principes de précaution lors des prélèvements. Huit stations ont été choisies par hasard.

Au niveau de chaque Dayas une dizaine de prélèvements ont été effectués, homogénéisés pour en faire un seul échantillon représentatif.

Deux objectifs ont été assignés à cette étude pilote exploratrice : la première étant la capacité de détection de l'approche métabarcoding de traces ADN animale. La deuxième a trait à l'évaluation du stock semencier. S'agissant de traces animales (Tabl. 1), les résultats ont permis le référencement des espèces à trois taxons, la sous famille, le genre et l'espèce avec un score identitaire (best identity) supérieur ou égale à 0,8. Ce niveau de lecture (Best identity) exprime le score d'assignation de similarité par rapport à la base de référence. Plus il est proche de 1 mieux est le degré d'identification de l'espèce. Ce n'est pas le seul critère. Il existe une trame d'interprétation avec des critères à croiser afin de confirmer ou d'infirmer l'identification proposée. Parmi ces critères, la nature des séquences selon qu'elles soient vraies ou fausses. Là aussi un choix est à opérer parmi les séquences fausses qui a priori devraient être écartées sauf si elles sont associées à une séquence vraie traduisant un lien de parenté.

Ainsi, dans le taxon espèce, figurent 9 spécimens : (les informations entre parenthèses à faciliter la compréhension des résultats)

*Aphis craccivora* (aire de répartition IRAN)

*Aphis sedii* (aire de répartition Europe Asie et USA)

*Apis mellifera*

*Brenskiella flavomicans* (de la famille des Scarabaeidae dont l'espèce est signalée au Machrek et au Sinaï en Egypte)

*Chlamydatus becki* (aire de distribution Amérique du Nord)

*Dysaphis rumecicola* (comporte 100 espèces)

[\*D. acroptilidis\*](#) – [\*D. affinis\*](#) – [\*D. allii\*](#) – [\*D. angelicae\*](#) – [\*D. anisoidis\*](#) – [\*D. annulata\*](#) – [\*D. anthrisci\*](#) – [\*D. apiifolia\*](#) – [\*D. ariae\*](#) – [\*D. armeniaca\*](#) – [\*D. atina\*](#) – [\*D. aucupariae\*](#) – [\*D. bononii\*](#) – [\*D. brachycyclica\*](#) – [\*D. brancoi\*](#) – [\*D. brevirostris\*](#) – [\*D. bunii\*](#) – [\*D. candicans\*](#) – [\*D. capsellae\*](#) – [\*D. caucasica\*](#) – [\*D. centaureae\*](#) – [\*D. cephalariae\*](#) – [\*D. cephalarioides\*](#) – [\*D. chaerophylli\*](#) – [\*D. cnidii\*](#) – [\*D. cousiniae\*](#) – [\*D. crataegi\*](#) – [\*D. crathaegaria\*](#) – [\*D. crathaegiphila\*](#) – [\*D. crithmi\*](#) – [\*D. deltoidei\*](#) – [\*D. devecta\*](#)

*D. eremuri* – *D. ferulae* – *D. flava* – *D. foeniculus* – *D. gallica* – *D. handeliae*  
*D. henrystroyani* – *D. hirsutissima* – *D. hissarica* – *D. incognita* – *D. kadyrovi*  
*D. lappae* – *D. laserpitii* – *D. lauberti* – *D. leefmansi* – *D. libanotidis* – *D. ligulariae*  
*D. longipilosa* – *D. malidauci* – *D. maritima* – *D. microsiphon* – *D. mordvilkoii*  
*D. multisetosa* – *D. munirae* – *D. narzikulovi* – *D. neostroyani* – *D. newskyi*  
*D. oreoselini* – *D. orientalis* – *D. papillata* – *D. parasorbi* – *D. pavlovskyana*  
*D. peucedani* – *D. physocaulis* – *D. pimpinellae* – *D. plantaginea* – *D. plantaginis*  
*D. pseudomolli* – *D. pulverina* – *D. pyraria* – *D. pyri* – *D. radicivorans* – *D. radicola*  
*D. ramani* – *D. ranunculi* – *D. rara* – *D. reaumuri* – *D. rumecicola* – *D. selinumii*  
*D. seselii* – *D. shaposhnikovii* – *D. sharmai* – *D. sibirica* – *D. sorbi* – *D. sorbium*  
*D. tadjikistanica* – *D. taisetsusana* – *D. taraxaci* – *D. tschuldarensis*  
*D. tulipae* – *D. ubsanurensis* – *D. unicauli* – *D. uralensis* – *D. ussuriensis*  
*D. vandenboschi* – *D. viennoti* – *D. virgata* – *D. zini*.

*Monosynammabohemanni* (espèce signalée dans la région biogéographique du paléarctique occidental)

*Seirottranaannulipes* (Tenebrionidaereprésenté par 221 espèces au Sahara nord occidental)[19].

*Zophosispunctata*(Seul le genre signalé dans le Tassili du Hoggar en Algérie :Zophosissp (voir photo 1))



Photo 1. Zophosissp[20]

Nous avons éprouvé de grandes difficultés quant à l'assignation de l'espèce à la base de référence internationale GenBank. En effet, hormis *Zophosispunctata* dont seul le genre *Zophosis* est signalé dans le Tassili à l'extrême Sud algérien à environ 1500 km de Ouargla, nous ne pouvons pas confirmer ni infirmer la présence ou l'absence des 8 autres espèces. Seule une hypothèse peut être émise : il s'agit de la capacité de l'outil d'assigner l'espèce au parent génétiquement le plus proche. Cela renvoie donc à identifier le lien et le degré de parent éphylogénétique. Cette affiliation ne serait cependant vraie qui s'il ne s'agit pas d'une contamination relevant d'erreur de manipulation au laboratoire. Cette hypothèse est confortée au regard de la fréquence des séquences attribuées à *Zophosispunctata* (29,55%) et à la sous famille des Lagriinae (37,54%) (Tabl. 1). Ces deux taxons comprennent les Coleoptères et les Ténébrionidés largement répandus dans les zones sahariennes en Algérie. Ce résultat confirme la capacité de l'outil ADNe à fournir des informations pertinentes mais il est conditionné, pour une meilleure précision, à la qualité de la base de données de référence laquelle semble présentée, pour les régions sahariennes, de nombreuses lacunes.

**Tableau 1.** Résultats de l'analyse *Métabarcoding*

<b>Taxon</b>	<b>Nom Scientifique</b>	<b>Fréquence %</b>
Espèce	<i>Aphiscraccivora</i>	0,37
	<i>Aphisredi</i>	0,18
	<i>Apis mellifera</i>	0,18
	<i>Brenskiellaflavomicans</i>	0,18
	<i>Chlamydatiusbecki</i>	9,48
	<i>Dysaphisrumecicola</i>	1,48
	<i>Monosynammabohemanni</i>	0,92
	<i>Seirotanaannulipes</i>	9,1
	<i>Zophosispunctata</i>	29,55
Genre	<i>Cardiothorax</i> sp(Fam. Tenebrionidae)	8,55
Sous Famille	Lagriinae	37,54
	Pimeliinae	0,55
<b>TOTAL</b>		<b>98,08</b>
NB: rejetés	Lucilia	0,18
	no rank	1,3
<b>TOTAL</b>		<b>99,56</b>

**NB : rejetés** correspond à des contaminations de laboratoire, cas du genre lucilia, absent du Sahar

Ces résultats brutes sont à prendre avec précaution car il serait assez réducteur de prétendre maîtriser l'outil ADNe sur la base d'une seule étude pilote. En effet, l'assignation aux différents taxons dépend comme indiquer plus haut de la qualité de la base de référence. Pour le Sahara elle est quasiment vide et devrait être enrichie.

## 5. CONCLUSION

L'émergence de nouvelles techniques de séquençage et l'outil bioinformatique ont fortement contribué à l'apparition de l'approche *Metabarcoding*. Désormais cette alternative permet de décrire la biodiversité à partir d'échantillons environnementaux (issus de la nature) dans les nombreux cas où les méthodes classiques s'avèrent peu résolutive et fastidieuses (couteuse en temps et parfois comportant des biais à l'image des risques de confusion potentielle induites par le polymorphisme végétal). Son intérêt se révèle aussi au niveau des perspectives offertes rendant possible la combinaison de différents codes-barres en faveur d'études intégrées à partir d'un même échantillon. C'est le cas, par exemple, de la possibilité d'analyse simultanée de la microflore intestinale, du cortège parasitaire et du régime alimentaire d'une espèce grâce à ses excréments.

Dans notre cas d'étude présenté, la non assignation à une espèce est due à la qualité de la base de référence encore très lacunaire pour le Sahara. Cette étude préliminaire confirme que le Sahara demeure un terrain de recherche encore vierge où les études originales sont encore possibles et nombreuses. En effet, au regard des lacunes constatées, un travail conséquent d'inventaire de la faune, de la flore et des microorganismes reste nécessaire pour combler les manques voire corriger certaines données. Nous faisons allusion, dans ce contexte, au polymorphisme végétal qui pourrait induire en erreur. En effet, les grandes expéditions d'inventaire datent des années 1960-1970 à l'époque où les moyens n'étaient pas aussi disponibles qu'aujourd'hui.

Le recours au barcoding classique sera la première étape à envisager pour enrichir cette base de référence.

## REFERENCES

- [1] Pompanon F., Coissac E., Taberlet P., 2011.- Metabarcoding, une nouvelle façon d'analyser la biodiversité. *Biofutur* 319: 30-32
- [2] Floyd R., Abebe E., Papert A., Blaxter M., 2002.- Molecular barcodes for soil nematode identification. *Molecular ecology* 11, 839-50.
- [3] Hebert P. D., Cywinska, A., Ball, S. L., 2003.- Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270, 1512: 313-321.
- [4] Ji Y., Ashton L., Pedley S.-M., et al., 2013.- Reliable, verifiable and efficient monitoring of biodiversity via *metabarcoding*. *Ecology letters*, 16, 1245-1257.
- [5] Taberlet P., Coissac E., Pompanon F., Gielly L., Miquel C., Valentini A., Willerslev E., 2007.- Power and limitations of the chloroplast trnL (UAA) intron for plant DNA barcoding. *Nucleic Acids Research*, 35(3), e14-e14.
- [6] Kircher et Kelso., 2010.- High-throughput DNA sequencing – concepts and limitations. *BioEssays*, 32, 524-536.
- [7] Shokralla S., Spall J.L., Gibson J.F., Hajibabaei M., 2012.- Next-generation sequencing technologies for environmental DNA research. *Molecular ecology*, 21, 1794-1805.
- [8] Taberlet P., Prud'homme S. M., Campione E., Roy J., Miquel C., Shehzad W., Coissac E., 2012b.- Soil sampling and isolation of extracellular DNA from large amount of starting material suitable for metabarcoding studies. *Molecular ecology*, 21(8), 1816-1820.-
- [9] Goulon et Guervenou., 2014.- Mise en évidence de deux milieux différents et étude de la biodiversité par le metabarcoding. Mémoire Master 1, UJF Grenoble, 14 p.
- [10] Ogram A., Sayler G. S., Barkay T., 1987.- The extraction and purification of microbial DNA from sediments. *Journal of microbiological methods*, 7(2), 57-66.
- [11] Rondon M. R., August P. R., Bettermann A. D., Brady S. F., Grossman T. H., Liles M.

- R., Goodman R. M., 2000.- Cloning the soil metagenome: a strategy for accessing the genetic and functional diversity of un culture des microorganisms. *Applied and environmental microbiology*, 66(6), 2541-2547.
- [12] Handelsman J., 2004.- Metagenomics: application of genomics to un culture des microorganisms. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 68(4), 669-685.
- [13] Taberlet, P., Coissac, E., Hajibabaei, M., & Rieseberg, L. H. 2012a.- Environmental DNA. *Molecular ecology*, 21(8), 1789-1793.
- [14] Levy-Booth D. J., Campbell R. G., Gulden R. H., Hart M. M., Powell J. R., Klironomos, J. N., Dunfield, K. E., 2007.- Cycling of extracellular DNA in the soil environment. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(12), 2977-2991.
- [15] Pietramellara G., Ascher J., Borgogni F., Ceccherini M. T., Guerri G., Nannipieri P. 2009.- Extracellular DNA in soil and sediment: fate and ecological relevance. *Biology and Fertility of Soils*, 45(3), 219-235.
- [16] Ficetola G. F., Miaud C., Pompanon F., Taberlet P., 2008.- Species detection using environmental DNA from water samples. *Biology Letters*, 4(4), 423-425.
- [17] [www.grenoble.prabi.fr/trac/OBITools](http://www.grenoble.prabi.fr/trac/OBITools)
- [18] Pansu J., 2014.- Impacts des activités anthropiques sur la biodiversité : une approche spatiale et temporelle par analyse de l'ADN environnemental. Thèse de doctorat, Univ. Grenoble, 258 p.
- [19] Dajoz R., 2010.- Dictionnaire d'entomologie. Éditions Tech & Doc Lavoisier, 336 p
- [20] <http://www.sahara-nature.com/animaux.php?species=tenebrionidae&ident=T17#T17>

# ETUDE GEOSTATISTIQUE DE LA VARIABILITE SPATIALE DES PARAMETRES DE LA SALINITE DES SOLS D'UNE REGION SEMIARIDE NORD DE LA WILAYA DE KHENCHELA

AOUIDANE L.<sup>1</sup>, BELHAMRA M.<sup>2</sup>, BOULABEIZ M.<sup>1</sup>, KHABTHANE A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Khenchela

<sup>2</sup>Faculté des sciences exacte et des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Biskra.

laiche\_a@yahoo.fr

**Résumé :** La prédiction de la salinité du sol dans les zones non échantillonnées à l'aide de quelques points mesurés et la cartographie de la variabilité de la salinité du sol sont très importantes pour la planification de la mise en valeur des terres. Cette étude a été réalisée dans le but d'évaluer et d'analyser la variabilité spatiale des paramètres de la salinité du sol dans la plaine de Remila (Khenchela). Un traitement géostatistique a été utilisé pour décrire la dépendance spatiale et quantifier l'intensité des variations spatiales des paramètres de la salinité ; la conductivité électrique (CE), Sodium adsorption ration (SAR),  $\text{NO}_3^-$  et pH. Des échantillons de sol ont été prélevés à des profondeurs de 0-25, 25-50, 50-80 cm à 35 sites. Les résultats indiquent l'existence de trois types des paramètres ; (a) des paramètres possédaient une forte dépendance spatiale SAR et MO, suggère que leur variation était principalement contrôlée par des facteurs structurels, naturel, (b) paramètres ont une dépendance spatiale modérée pH, résultent principalement des effets combinés des facteurs structurels et stochastiques et (c) des paramètres ont une dépendance spatiale faible pour le SAR et  $\text{NO}_3^-$  de la couche arable, cela indique que les activités anthropiques telles que les cultures, fertilisation et la gestion de l'irrigation ont affecté leurs autocorrélation spatiale.

**Mots clés :** Géostatistique, Salinisation, Sols, Remila, Semi-aride.

## دراسة جيواحصائية للتغير المكاني لملوحة التربة في منطقة شبه جافة لشمال ولاية خنشلة

**ملخص :** إن التنبؤ بملوحة التربة في المناطق غير المستندة إلى عينات استنادا لبعض النقاط المقاسة و كذا رسم خرائط التغير السطحي لملوحة التربة مهمة جدا لإنشاء مخططات لاستصلاح الأراضي. أجريت هذه الدراسة لتقييم وتحليل التباين المكاني لخصائص ملوحة التربة في سهل الرميلا (خنشلة). استخدمت المعالجة الجيواحصائية لوصف الارتباط المكاني ولقياس كثافة التغيرات المكانية لخصائص الملوحة؛ (CE, SAR, pH,  $\text{NO}_3^-$ ). تم أخذ عينات للتربة علي ثلاث مستويات 0-25, 25-50, 50-80 سم و في 35 موقع. و تشير نتائج التحليل إلي وجود ثلاث أنواع لخصائص الملوحة: (أ) خصائص ملوحة لها ارتباط مكاني قوي (SAR, )، وذاك يشير إلي تأثيرها بالعوامل الهيكلية و الطبيعية، (ب) خصائص ملوحة لها ارتباط مكاني متوسط (pH)، فهي تحت التأثير المشترك للعوامل الهيكلية و العشوائية ك (الري، التسميد...). و (ج) خصائص ملوحة لها ارتباط مكاني ضعيف (SAR,  $\text{NO}_3^-$ )، وهذا يدل على تأثيرها بالنشاطات البشرية كالمحاصيل، التسميد و نظام الري المستعمل مم أثر علي ارتباطها المكاني الذاتي.

**كلمات دالة:** الجيواحصائية، الملوحة، التربة، الرميلا، شبه جافة.

## 1. INTRODUCTION

La pénurie d'eau et la concentration des sels dans les sols sont actuellement considérées comme des menaces pour la vie humaine. La salinisation des sols dans les zones arides et semi-arides est régulièrement en augmentation dans de nombreuses régions du monde [1, 2]. Les ressources du sol mondial affectées par la salinité ou la sodicité dépassent 900 millions d'hectares [3]. En Algérie, près de 10-15 % de terres irriguées, sont concernées par ces problèmes [4]. Ils sont localisés au Nord qu'au Sud dans les régions steppiques où le processus de salinisation est plus marqué du fait des températures élevées durant presque toute l'année, du manque d'exutoire et de l'absence de drainage efficient [5].

Autour de cette thématique notre étude se focalise sur la plaine de Remila à l'Est algérien (Nord de la Wilaya de Khenchela). Ses caractéristiques marquées par son climat semi-aride, sa géologie spécifique, sa topographie endoréique, son hydrologie et l'activité anthropique favorisent la salinisation de ses sols. La gestion du problème est entravée par le manque d'informations sur l'étendue et la géographie du problème de la salinisation. Les

meilleures stratégies de gestion des sols salins et alcalins nécessitent des informations précises et à jour sur la distribution spatiale des paramètres de salinité dans la zone d'intérêt [6].

Les méthodes statistiques spatiales peuvent caractériser efficacement la variabilité de la salinité et réduire le nombre d'échantillons à collecter et à analyser [7]. Les méthodes géostatistiques constituent une partie importante des statistiques spatiales et sont largement utilisées dans les enquêtes sur l'environnement (par exemple, la science du sol). Généralement, les échantillons sont prélevés à un ensemble fini d'emplacements dans une région et sont utilisés pour estimer des quantités d'intérêt telles que les valeurs de la propriété d'intérêt à des emplacements non visités [8].

Le but de cette étude est d'évaluer l'efficacité des techniques d'interpolation géostatistiques et d'estimer les paramètres de la salinité du sol au niveau spatial à partir des données de la salinité du sol observées in situ aux endroits ponctuels. La sélection d'une technique d'estimation peut être spécifique au site. Par conséquent, l'utilisation de cette technique nous permet de déterminer l'origine et les facteurs qui influencent la répartition spatiale des paramètres de la salinité dans la région d'étude.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

La région de Remila dans la wilaya de Khenchela présente un exemple type, située au Nord-est de l'Algérie dans une dépression endoréique entre deux massifs, limitée au Sud par le massif d'Aurès, au Nord par la chaîne de montagnes de DjbelFdjoudj et au Nord-est par la dépression de Sabkha (Garaat et Tarf) [9] (Fig. 1). Confrontée à d'énormes difficultés alliant une faible pluviosité qui ne dépasse pas 400 mm et une répartition inégale avec une évapotranspiration très élevée qui dépasse 1050 mm [10]. Le climat semi-aride de la région est caractérisé par un été chaud et sec et un hiver doux et humide qui favorise l'extension le phénomène de salinisation.

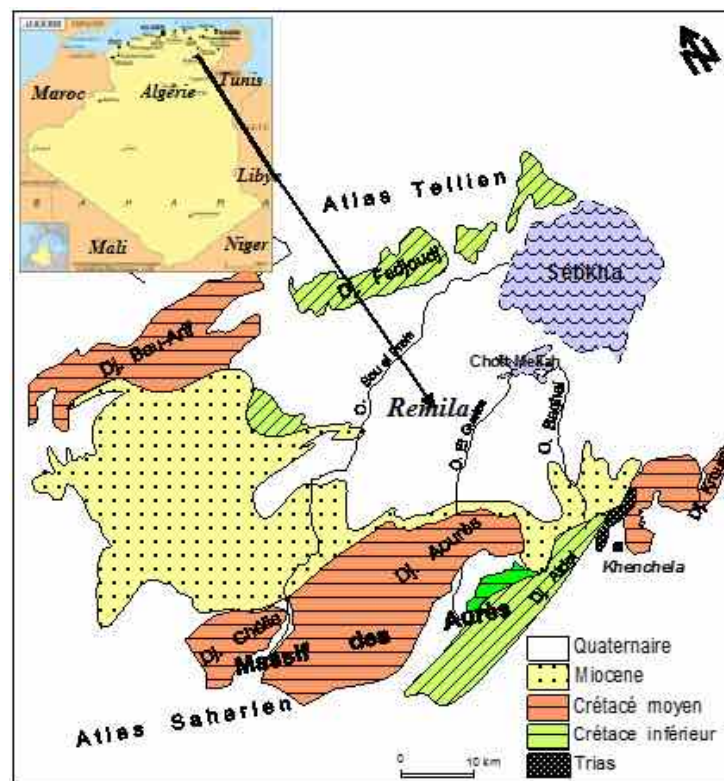


Figure 1. Carte de localisation et géologique de la zone d'étude.



## 2.2. Approche méthodologique

La procédure d'échantillonnage au terrain a été conçue selon les recommandations publiées [11, 12]. Un total de 105 échantillons de sol a été prélevés dans 35 sites d'échantillonnage (localisés par le biais d'un GPS). À chaque site d'échantillonnage les prélèvements sont effectués pour trois niveaux du sol, la couche superficielle de 0 à 25 cm, couche moyennement profonde de 25 à 50 cm et une couche profonde de 50 à 80 cm à l'aide d'une tarière après l'enlèvement des débris superficiels. Un échantillonnage composé pour chaque niveau de sol a été appliqué dans chaque site.

La préparation des échantillons et les analyses physicochimiques sont effectuées suivant les normes internationales recommandées, dans les laboratoires de l'université Khenchela et l'université de Constantine.

La variabilité spatiale des propriétés mesurées du sol a été définie en utilisant des méthodes géostatistiques. La géostatistique vise à fournir des descriptions quantitatives de variables naturelles réparties dans l'espace et le temps [13]. Sur la base de la théorie des variables régionalisées, la méthode géostatistique suppose que les variables d'une zone présentent des propriétés aléatoires et spatialement structurées. La géostatistique est basée sur la théorie d'une variable régionalisée [14]. Des semivariogrammes expérimentaux ont été développés pour déterminer la dépendance spatiale des paramètres de salinité et montrent une autocorrélation spatiale. Un krigeage ordinaire a été utilisé pour générer la distribution spatiale de ces paramètres de salinisation. Les analyses géostatistiques et le calcul des probabilités ont été effectués avec le logiciel de GS+, Version 5.3.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Analyse statistique descriptive

L'évaluation statistique descriptive est une étape importante avant toute analyse géostatistique [15]. L'analyse statistique descriptive des paramètres du sol de la région d'étude est présentée dans le tableau 1. Les valeurs des paramètres mesurés sont caractérisées par une variation très élevée. Un faible coefficient de variance (<10%) a été calculé pour le pH indique une faible variabilité spatiale dans la région d'étude, et un coefficient de variance élevé (> 50%) est observé pour  $\text{NO}_3^-$ , CE, M.O, cela indique une variabilité spatiale très élevée. En générale, le CV des caractéristiques de notre sol diminue avec la profondeur du sol.

**Tableau 1.** Statistique descriptive et analyse géostatistique des paramètres de la salinité en trois profondeurs (0-25, 25-50 et 50-80) des sols de Remila (Khenchela).

	Depth (cm)	Mean	Median	Mini	Maxi	Range	Std.Dev.	Coef.Var.	Skewn	Kurto
<b>NO<sub>3</sub> (mg/l)</b>	0-25	50.93	30.60	4.00	286.00	282.00	70.67	138.75	2.615	5.979
	25-50	16.50	14.50	4.00	50.00	46.00	11.62	70.42	1.284	1.324
	50-80	18.29	14.00	2.00	100.00	98.00	17.96	98.15	3.200	12.922
<b>pH</b>	0-25	7.48	7.49	6.80	8.03	1.23	0.32	4.24	-0.312	-0.827
	25-50	7.50	7.53	6.75	7.93	1.18	0.31	4.14	-0.647	-0.396
	50-80	7.28	7.25	6.50	7.90	1.40	0.41	5.61	-0.096	-1.049
<b>CE (μS/cm)</b>	0-25	2418.88	1513.00	806.00	8630.00	7824.00	1947.86	80.53	1.837	2.919
	25-50	2626.59	1816.00	756.00	9720.00	8964.00	2105.56	80.16	1.711	2.968
	50-80	3072.12	2065.00	706.00	9040.00	8334.00	2504.91	81.54	1.095	0.012
<b>M.O (%)</b>	0-25	0.83	0.64	0.21	2.96	2.75	0.59	71.02	1.737	4.046

Le Skewness reflète la distribution sémitique, pour que les données aient une distribution normale, la valeur de Skewness égale zéro [16]. Nos résultats indiquent que tous les paramètres sont proches de zéro, donc suivent une distribution normale seulement ce n'est

pas le cas pour  $\text{NO}_3^-$  et CE présentent des valeurs  $> 1$ . D'après les résultats de la totalité des paramètres étudiés pour les trois profondeurs, et en se basant sur la moyenne des valeurs, on constate une augmentation progressive en profondeur sauf pour le cas du  $\text{NO}_3$  qui présente une évolution décroissante en profondeur.

### 3.2. La variabilité spatiale des paramètres de salinité du sol.

La dépendance spatiale des paramètres de la salinité du sol a été déterminée par les paramètres du semivariogramme inclus le type modèle, pépite, seuil et portée effective. Le tableau 2 présente les différents modèles ainsi que les paramètres des semi-variogrammes utilisés.

**Tableau 2.** Les modèles semivariogramme des paramètres de la salinité des sols de Remila.

Paramètres	Profondeur (cm)	Model	EffetPépit (C0)	Seuil (C0+C)	Portée A0	$r^2$	RSS	(C0 / (C0+C))
NO3	0-25	Sphérique	1.27	1.27	17265.92	0.327	1.7	1.000
	25-50	Sphérique	0.0047	0.0365	1310	0.016	2.62E-03	0.129
	50-80	Sphérique	0.0001	0.0842	1800	0.155	0.0308	0.001
CE	0-25	Sphérique	0.012	0.4	2100	0.261	0.0203	0.030
	25-50	Sphérique	916000	3898000	5130	0.266	1.14E+13	0.235
	50-80	Sphérique	260000	5617000	5850	0.565	1.22E-13	0.046
SAR	0-25	Sphérique	0.0217	0.2324	3900	0.481	1.80E-02	0.093
	25-50	Sphérique	0.713	0.713	15941.54	0.811	0.0335	1.000
	50-80	Sphérique	0.029	0.819	1170	0.031	4.51E-01	0.035
pH	0-25	Sphérique	0.0661	0.1872	26260	0.464	4.26E-03	0.353
	25-50	Sphérique	0.0712	0.2704	41100	0.734	5.43E-03	0.263
	50-80	Sphérique	0.064	0.453	41100	0.715	0.0229	0.141

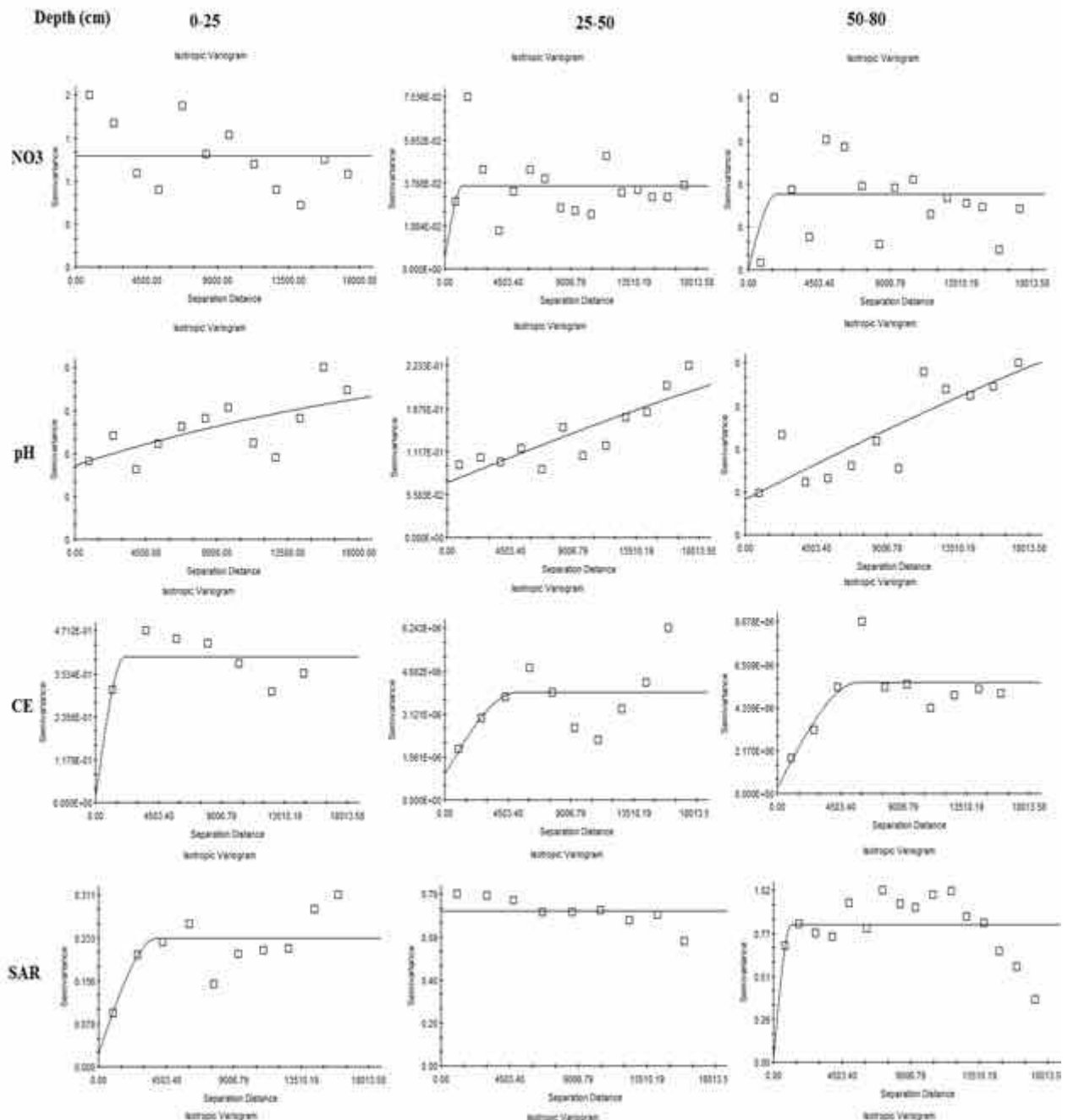
SAR Taux de Sodium adsorbé

Toutes les valeurs des paramètres de la salinité du sol présentent une distribution normale seulement le CE ont été obtenue après une transformation logarithmique avant la variographie. Pour la plupart des paramètres, un modèle sphérique a été jugé le plus approprié. Les semi-variogrammes isotropes ont été utilisés pour caractériser la variabilité spatiale des paramètres (Fig. 2). Nous remarquons, un variogramme pépite pure (pente de semivariogramme est zéro ou proche de zéro) concernent le  $\text{NO}_3^-$  (dans les trois niveaux), et SAR (25-50 et 50-80), indique que l'intervalle d'échantillonnage est trop grand pour résoudre la dépendance spatiale, donc il est de préférence d'augmenter le nombre d'échantillons.

Les effets de pépite de la CE présentent une diminution avec la profondeur, mais par contre pour le  $\text{NO}_3^-$  et SAR présentent une augmentation avec la profondeur, seulement ce n'est pas le cas pour le pH qui demeure relativement inchangé avec la profondeur.

Le rapport effet de pépite et le seuil ( $C_0 / (C_0 + C)$ ) est utilisés pour démontrer l'ampleur de la structure spatiale des variables et aussi comme un critère pour classer la dépendance spatiale des paramètres du sol [17, 18]. Les résultats de rapport pépite/seuils variait pour tous les paramètres et dans les différents niveaux de 0,001% à 100%, ce qui nous permette de classer nos paramètres en trois classes : (1) Des paramètres qui présentent une forte dépendance spatiale  $\text{NO}_3^-$  (sous-sol), CE, SAR (0-25 et 50-80), et MO ce résultat suggère que la majorité des paramètres montrant que leur variation était principalement contrôlée par des facteurs structurels ou internes, y compris le climat, le matériau parental, la topographie et la géologie, et surtout la partie profonde du sol non soumise à l'effet anthropique. (2) Des paramètres qui présentaient une dépendance spatiale modérée celle de pH (0-25 et 25-50)

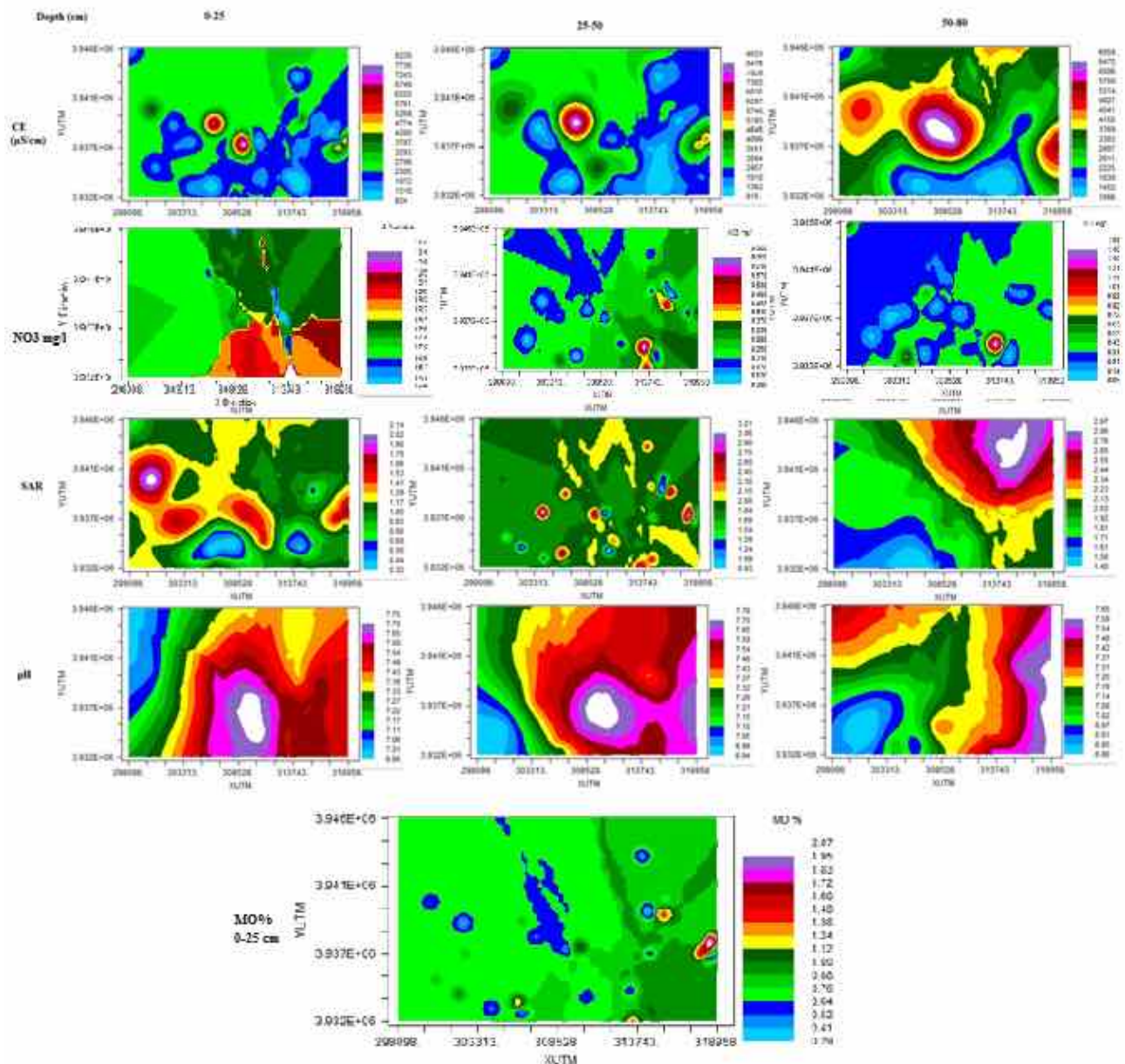
indiquant une corrélation spatiale moyenne, résultent principalement des effets combinés des facteurs structurels et stochastiques (irrigation, fertilisation, labourage, systèmes de culture, etc.). (3) Des paramètres qui présentent une dépendance spatiale faible pour le SAR (25-50 cm) et  $\text{NO}_3^-$  (0-25 cm), cela indique que les activités anthropiques telles que le système de culture, la fertilisation et la gestion de l'irrigation peuvent affaiblir l'autocorrélation spatiale des propriétés du sol, de sorte qu'une faible dépendance spatiale suggère que les facteurs externes prédominent dans le modèle spatial.



**Figure 2.** Les modèles de semivariogrammes les plus appropriés des paramètres de salinité des sols de Remila ;  $\text{NO}_3^-$ , pH, CE, SAR (en trois niveaux du sol).

### 3.2. La cartographie des paramètres de salinité du sol.

La principale application de la géostatistique dans la science du sol a été d'estimer et de cartographier les propriétés chimiques et physiques dans le sol des zones non échantillonnées. Les cartes pour chacune des propriétés du sol peuvent être obtenues en utilisant une interpolation de krigeage ordinaire (OK).



**Figure 3.** Carte de répartition des paramètres chimiques des sols de Remila.

Les cartes krigées pour les paramètres de la salinité du sol ont montré une structure spatiale développée (Fig. 3). Une distribution spatiale considérable du nord au sud de la région a été clairement observée pour les cinq paramètres. En général, la salinité de nos sols augmente avec la profondeur et augmente progressivement du sud vers la partie nord de la région, où on peut classer nos sols comme des sols modérément salins à salins, (par contre le paramètre de SAR étions plus élevée dans le niveau superficiel du sol (0-25) et en profondeur (50-80), avec des valeurs les plus élevées on les rencontre au centre dans la partie superficielle du sol s'explique par l'effet d'évaporation et accumulation des sels après

inondation, tandis que la partie profonde (50-80) les valeurs les plus élevées on le rencontre dans la partie nord-est de la région s'explique par l'effet des eaux de Sabkha qu'est proche de cette zone.). Les valeurs de pH sont proches de la neutralité variant de 6.80 à 7.75 et présentant une augmentation du nord au sud dans les trois niveaux du sol.

#### 4. CONCLUSION

Du point de vue géostatistique, on peut spéculer l'existence de trois classes de paramètres : Classe des paramètres possédant une forte dépendance spatiale tel que  $\text{NO}_3^-$ , CE, SAR, MO des couche profondes, ce résultat suggère que la majorité des paramètres montrant que leur variation était principalement contrôlée par des facteurs structurels ou internes, naturel. La deuxième classe des paramètres qui présentaient une dépendance spatiale modérée celle de pH de la couche arable indiquant une corrélation spatiale moyenne et résultant principalement des effets combinés des facteurs structurels et stochastiques (irrigation, fertilisation, labourage, systèmes de culture, etc.). La troisième classe celle des paramètres qui présentent une dépendance spatiale faible pour le SAR et  $\text{NO}_3^-$  de la couche arable, cela indique que les activités anthropiques telles que le système de culture, la fertilisation et la gestion de l'irrigation peuvent affaiblir l'autocorrélation spatiale des propriétés du sol.

Nos résultats suggèrent un besoin urgent de gérer l'irrigation en tenant compte du fait que, dans la plaine de Remila (région semi-aride), la haute évapotranspiration, les faibles précipitations et l'irrigation sont responsables de la mobilité des sels.

#### REFERENCES

- [1] Louati D., Majdoub R., Abida H., 2013.- Dégradation du sol au niveau d'un périmètre irrigué de la région de Sidi-Alouane (gouvernorat de Mahdia). International Conference on Natural Hazards and Geomatics, ICNHG 2013: 287-292.
- [2] Masoud A.A., Koike K., 2006.- Arid land salinization detected by remotely-sensed landcover changes: A case study in the Siwa region, NW Egypt. *Journal of Arid Environments* 66 (2006) 151-167.
- [3] Legros J. P., 2009.-La salinisation des terres dans le monde. Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, 2009. Conférence n°4069, Bull. n°40, pp. 257-269. <http://academie.biu-montpellier.fr/>
- [4] Daoud V., & Halitim A. 1994.- Irrigation and Salinization in the Algerian Sahara. *Sécheresse*, 5, 151-160.
- [5] I. N. S. I. D., 2008.-Les sols salins en Algérie. Institut National des sols, de l'irrigation et du drainage. Juillet 2008. 7 p.
- [6] Pozdnyakova P., Zhang R., 1999.-Geostatistical analysis of soil salinity in a large field. *Precision Agriculture*, 1, 153-165.
- [7] Phachomphon K., Dlamini P., Chaplot V., 2010.- Estimating carbon stocks at a regional level using soil information and easily accessible auxiliary variables. *Geoderma*, 155, 372-380.
- [8] Cressie N. A., 1993.- *Statistics for Spatial Data*. Wiley. Revised edition.
- [9] C. P. H., 1977.- Proposition de réalisation d'étude et projets d'aménagement hydro agricole de la plaine de Rémila. Rapport de Consortium Projectum-HIDROESB, Rio de Janeiro Janvier (1977). 100 p.
- [10] S. M. K., 2011.- Service des statistiques, les données climatiques de la wilaya de Khenchela. Station Métrologique de la Wilaya de Khenchela.
- [11] Mathieu C., Pieltain F., 2003.- Analyse chimique des sols ; Méthodes choisies. Tec & Doc, Lavoisier. Paris. 288 p.

- [12] Mathieu C., Lozet J., 2011.-Dictionnaire encyclopédique de science du sol. Tec & Doc, Lavoisier. Paris. 733 p.
- [13] Journel A.G., Huijbregts C.J., 1978.-Mining Geostatistics. Academic Press. London. 600p.
- [14] Matheron G., 1963.- Principles of geostatistics. Economic Geology Vol. 58, 1963, pp. 1246-1266.
- [15] Hosseini S.Z., Kappas M., Bodaghabadi M.B., Chahouki M.A.Z., Khojasteh E.R., 2014.- Comparison of Different Geostatistical Methods for Soil Mapping Using Remote Sensing and Environmental Variables in Poshtkouh Rangelands, Iran. Pol. J. Environ. Stud. Vol. 23, No. 3: 737-751.
- [16] Antonio F.G., Gabriel M.R., Walter S.E., Wang L., 2013.- Tests for skewness and kurtosis in the one-way error component model. J. Multivar. Anal. 122. Pp 35-52.
- [17] Cambardella C. A., Moorman T.B., Novak J.M., Parkin T.B., Karlen D.L., Turco R.F., Konopka A.E., 1994.-Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal, 58, 1501–1511.
- [18] Mousavifard S.M., Momtaz H., Sepehr E., Davatgar N., Sadaghiani M.H.R., 2013.- Determining and mapping some soil physico-chemical properties using geostatistical and GIS techniques in the Naqade region, Iran, Archives of Agronomy and Soil Science, 59:11, 1573-1589.

# REPONSES ADAPTATIVES ET SYMBIOTIQUES DES ISOLATS DE RHIZOBIA NODULANT LA LUZERNE FACE AUX FACTEURS PREDOMINANTS DANS LES SOLS SAHARIENS

**AZIB S.<sup>1</sup>, CHELOUFI H.<sup>2</sup>, ATTAB S.<sup>1</sup>, FECIH T.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université KASDI Merbah Ouargla, Laboratoire des Bioressources Sahariennes, Valorisation et Préservation, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Ouargla 30000 Algérie.

<sup>2</sup>Université KASDI Merbah Ouargla, Laboratoire de Recherche en Phoeniciculture, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Ouargla 30000 Algérie.

[s\\_azib@hotmail.com](mailto:s_azib@hotmail.com)

**Résumé :** Les réponses de 35 souches rhizobiennes, provenant de différents sols sahariens (Ouargla et El Oued), à certains facteurs pédo-climatiques (températures, salinité et pH) ont été étudiées. Les résultats montrent que l'optimum de croissance est enregistré dans les conditions standards, à savoir : 28°C, pH neutre et salinité faible (0 à 40 mM de NaCl). Certaines souches sont capables de se multiplier à 45 °C et tolèrent des concentrations en sel supérieures à 640 mM. Pour le pH, toutes les souches se multiplient dans l'intervalle de pH allant de 5 à 9, à signaler que certaines d'entre elles sont capables de croître à même le pH=4.

Les souches ayant exprimées la meilleure résistance, à plusieurs stress abiotiques, peuvent constituer de futures candidates pour la production d'un inoculum, bien adapté, susceptible d'accroître le développement des plantes de luzerne dans les conditions des régions d'El Oued et Ouargla.

**Mots clés :** adaptation, symbioses, rhizobia, luzerne, Sahara.

## الاستجابات التكيفية و التعايشية لعزلات الريزوبيا التي تعقد البرسيم للعوامل السائدة في التربة الصحراوية

**ملخص :** إن استجابات نحو 35 سلالة ريزوبيا معزولة من مختلف الأتربة الصحراوية لبعض العوامل المؤثرة في نموها (درجات الحرارة العالية والملوحة ودرجة الحموضة) قد درست. تظهر نتائجنا أن أحسن نمو قد سجل في درجة الحرارة 28°C، الحموضة المعتدلة والملوحة المنخفضة. بعض السلالات قادرة على التضاعف عند 45 درجة وتتحمل تركيزات الملح أكبر من 640 ملليمول. بالنسبة لدرجة الحموضة، تتكاثر جميع السلالات في المجال المحصور بين 5 إلى 9، للإشارة فأن بعض منهم قادر على النمو في درجة الحموضة 4. ويمكن استعمال السلالات التي أظهرت أفضل مقاومة، مع العديد من العوامل اللاحيوية، في إنتاج لقاح متكيف بشكل جيد، قادر على زيادة نمو نباتات البرسيم في ظروف منطقتي الوادي و ورقلة.

**كلمات دالة:** التكيف، التعايش، الريزوبيا، البرسيم، الصحراء

## 1. INTRODUCTION

En Algérie, les terres arides avec climat saharien représentent environ 90% de la surface totale du pays [1]. Ces milieux extrêmes sont, fréquemment, caractérisés par des écosystèmes stables marqués par la présence d'au moins un facteur aux limites de la tolérance pour la plupart des organismes. Les principaux facteurs limitant l'activité biologique dans les sols sont le déficit hydrique, la salinité, les températures élevées, les pH extrêmes et les carences en éléments nutritionnels [2].

Bien que soumis à des conditions défavorables et contraignantes, les sols sahariens offrent des conditions plus ou moins favorables pour l'installation d'une microflore diversifiée et adaptée aux conditions du milieu, représentée respectivement par les bactéries, les actinomycètes, les champignons et les algues [3, 4, 5, 6].

Les rhizobia, objet de notre travail, sont des bactéries appartenant à famille des rhizobiacées [7], de l'Ordre des Rhizobiales, Classe des  $\alpha$ -Protéobactérie [8]. Les symbioses rhizobium-légumineuses aboutissent à la formation sur les racines de légumineuses d'organes différenciés appelés nodules, dans lesquels les bactéries réduisent l'azote en ammoniac utilisé par la plante hôte [9]. Ces symbioses sont d'une grande importance écologique et agronomique, en raison de leur capacité à fixer de grandes quantités d'azote atmosphérique

pouvant couvrir jusqu'à 80% des besoins des plantes en milieu agricole (30 à 300 kg d'azote par hectare et par an) [10, 11].

L'objectif de ce présent travail est l'étude des réponses de 35 isolats rhizobiens isolés à partir des nodosités racinaires de la luzerne, provenant de 09 stations relevant des wilayas d'El Oued et Ouargla (Tab.1), à certains facteurs pédoclimatiques (températures, salinité et pH) ce qui nous permettra d'une part de mettre en évidence l'étendue des variations phénotypiques qui existent entre les souches et d'autre part d'exploiter ces variations pour la sélection de candidats présentant une capacité supérieure de fixation d'azote sous les variations des facteurs du milieu.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Collecte et conservation des nodules

La collecte des nodules a été réalisée suivant la méthode décrite par [12] et [13], directement à partir des racines des plantes de luzerne cultivée en plein champ (cas des stations de Ouargla) et par piégeage des bactéries par l'intermédiaire des plantes de luzerne mises en culture dans des pots contenant différents sols (cas des stations d'El Oued).

Au laboratoire, les nodules obtenus sont rincés soigneusement à l'eau de robinet. Ils sont ensuite détachés à 1-2 cm de leur point d'attache puis séchés avec du papier filtre et conservés au réfrigérateur à 4°C pour un usage immédiat. Pour une longue conservation, le chlorure de calcium (CaCl<sub>2</sub>) est utilisé [12].

**Tableau 1.** Identification et caractérisation des sites.

Identification du site	Nbre de souches	Le bioclimat	Texture du sol	Salinité des eaux d'irrigation (g/l)	Culture de luzerne	Collecte des nodules
Hassi Ben Abdallah (O1)	5	Hyperaride	Sableuse	2 à 4	Sous palmier dattier	Collecte <i>in situ</i>
Oum Eraneb (O2)	3	Hyperaride	Sableuse	2 à 4	Sous palmier dattier	Collecte <i>in situ</i>
Exploitation FSNV (O3)	4	Hyperaride	Sableuse	2 à 4	Sous palmier dattier	Collecte <i>in situ</i>
Chott (O4)	4	Hyperaride	Sableuse	2 à 4	Plein champ	Collecte <i>in situ</i>
Tenedla (E1)	3	Hyperaride	Sableuse	2 à 6	Sous palmier dattier	Piégeage
El-Meghaier (E2)	5	Hyperaride	Sableuse	2,5 à 6	Sous palmier dattier	Piégeage
Djamaa (E3)	4	Hyperaride	Sableuse	2 à 6	Sous palmier dattier	Piégeage
Guemar (E4)	3	Hyperaride	Sableuse	2 à 4	Sous palmier dattier	Piégeage
Reguiba (E5)	4	Hyperaride	Sableuse	2 à 4	Sous palmier dattier	Piégeage

### 2.2. Stérilisation et isolement des rhizobia

Les nodules sont immergés 5 à 10 secondes dans de l'éthanol à 96°, puis transférés immédiatement dans une solution d'hypochlorite de sodium 30% pendant 3 à 5 minutes. Une série de lavages successifs, de 5 à 8 fois, s'ensuit à l'eau distillée stérile.

Les différentes étapes d'isolement des rhizobiums sont celles décrites par [12] [13] et [14]. Le broyat obtenu à partir de chaque nodule est ensemencé sur boîte contenant le milieu YMA (Mannitol : 2,5g ; Extrait de levure : 0,35g ; K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 3H<sub>2</sub>O : 0,46g ; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> : 0,12g ; MgSO<sub>4</sub>, 7H<sub>2</sub>O : 0,46g ; NaCl : 0,1g ; Agar : 15g ; Stériliser à 121°C pendant 20min).

Les différentes boîtes ont été incubées à 28°C pendant 72 h. Une série de repiquage est réalisée afin de purifier les isolats. Toutes les opérations sont effectuées dans des conditions d'asepsie totale.

Les isolats sont conservés sur YMA tamponné avec du CaCO<sub>3</sub> (3g/l) en tube incliné [12] [15]. Après incubation, les souches sont stockées au réfrigérateur en vue de leur caractérisation.

### 2.3. Effet des Facteurs abiotiques

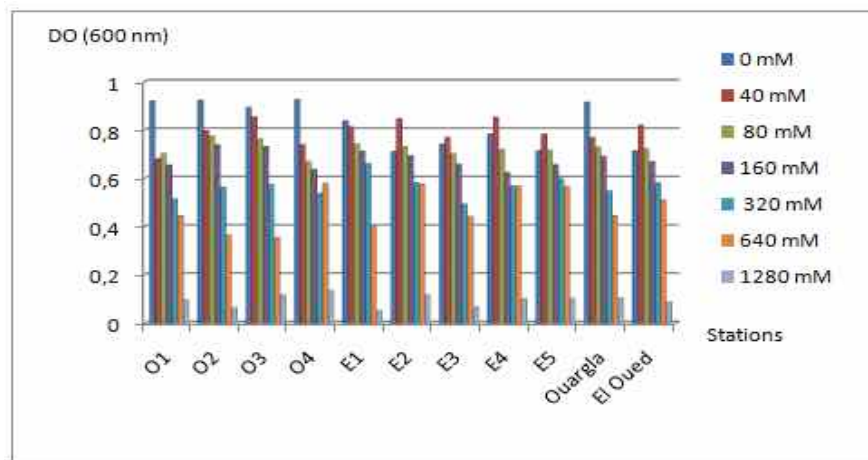


La tolérance des isolats aux différentes températures, aux différentes concentrations en NaCl et de pH est testée sur milieux YM liquide et solide. Le NaCl est rajouté à la concentration voulue : 0, 40, 80, 160, 320, 640 et 1280 mM. Pour le pH, les souches sont cultivées à différents pH: 4, 5, 6, 6.8, 8 et 9. Enfin, les souches ont été soumises à différentes températures d'incubation : 4°C, 28°C, 37°C et 45°C.

La croissance est évaluée dans chaque tube (milieu YM liquide) par la mesure de la densité optique à 600 nm, après 72 heures d'incubation. Pour le milieu YMA (solide), la présence ou l'absence de colonies sur la surface de la boîte de Pétri renseigne sur la croissance des différentes souches.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1. Effet de la salinité



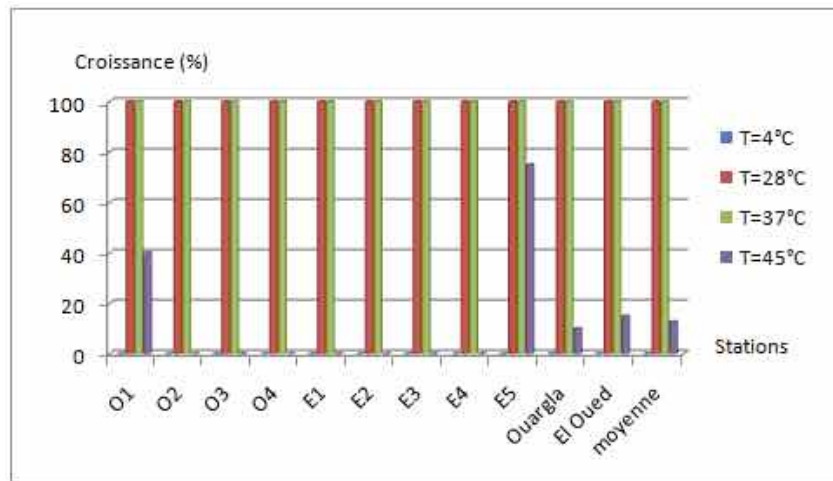
**Figure 1.** Croissance des souches à différentes concentrations de NaCl.

Les résultats obtenus montrent que la croissance des souches, sur milieu liquide, diminue avec l'augmentation de la concentration en NaCl. Jusqu'à une salinité de 640 mM de NaCl, la croissance des souches semble non affectée dans toutes les stations d'étude. A la concentration 1280 mM, aucune croissance n'est observée. Ces résultats ont été confirmés sur milieu solide où 100% des souches poussent de 0 mM jusqu'à 640 mM,

Nos résultats vont avec ceux obtenus par [16, 17, 18 et 19], qui indiquent que les rhizobiums nodulant la luzerne sont plus tolérants à de fortes concentrations de NaCl (de 0.5 à 1 mM) que d'autres espèces de rhizobiums. Des souches de *Sinorhizobium meliloti* nodulant la luzerne, dans le sud du Maroc, peuvent tolérer jusqu'à 1711 mM de NaCl [20].

#### 3.3. Effet de la température

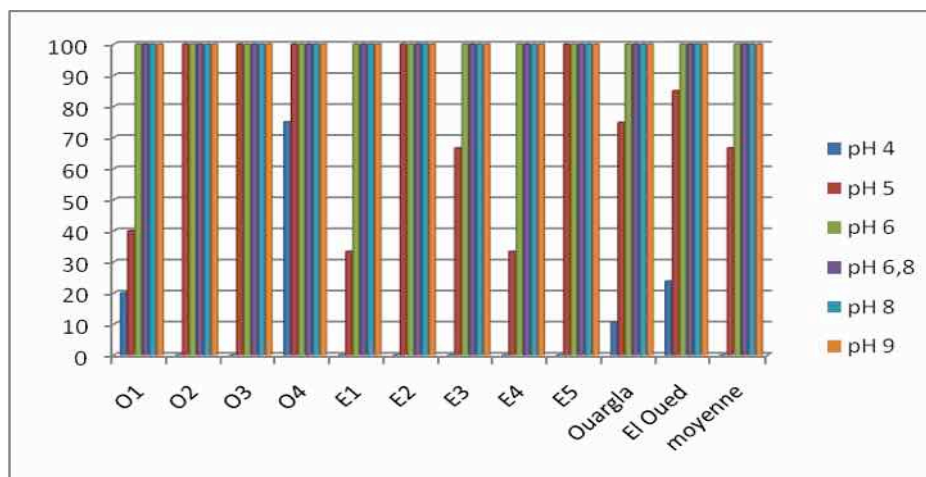
Généralement, toutes les souches ont montré une bonne croissance aux températures 28°C et 37°C, que ce soit sur milieu liquide ou solide (Fig. 2). Dans l'intervalle de 28°C à 37°C, la croissance est optimale, comme l'ont décrit par [21, 22 et 23]. Aux températures extrêmes, la croissance des souches est fortement influencée. Aucune poussée n'est enregistrée à 4°C et seulement 12% de souches ont crû à 45°C. L'effet des températures basses (4°C) sur l'arrêt de la croissance des rhizobia est signalé par [24]. Les résultats enregistrés au niveau des stations de Reguiba (E5) et de Hassi Ben Abdallah (O1) qui sont les seules à montrer une croissance à 45°C, avec respectivement 75% et 40%, vont avec ceux obtenus par [2] qui montrent que de nombreuses souches de rhizobia isolées de sols sahéliens, sénégalais et tunisiens sont capables de se multiplier à 40 °C et même à 45 °C.



**Figure 2.** Croissance des souches à différentes températures.

### 3.2. Effet du pH

L'acidité du sol est un facteur limitant la fixation symbiotique de l'azote par limitation de la survie du rhizobium et sa persistance dans les sols, ainsi que la réduction de la nodulation [25].



**Figure 3.** Effet du pH sur la croissance des souches

Il ressort de la figure 3 que les souches de toutes les stations sont incapables de pousser à pH 4 sauf une souche appartenant à la station de Hassi Ben Abdallah. Les travaux de [26,27] ont confirmé, en outre, que les rhizobiums de luzerne sont sensibles aux pH 4. En condition de pH 5, quelques souches ont une bonne croissance alors que les autres ont eu une croissance partielle. Ce résultat coïncide avec ceux de [28, 29]. Dans l'intervalle de pH6 jusqu'à pH 9, la totalité des souches poussent avec un optimum de croissance se situant entre 6 et 6.8, ce qui indique que les souches testées sont neutrophiles.

A travers ces résultats, nous constatons clairement que les réponses des souches aux variations de pH sont variées. Quelques unes ont montré une meilleure croissance au pH 6 comparativement à celle obtenue au pH 8 et 9, comme le confirme [23]. D'autres préfèrent le milieu légèrement alcalin (pH = 8) qu'acide (pH 6 et 5). Ces conclusions sont similaires à celles obtenues par [24].

## 4. CONCLUSION

Les 35 souches étudiées montrent des caractéristiques physiologiques qui peuvent contribuer à leur survie dans les environnements peu hospitaliers des sols sahariens. Les souches ayant exprimées la meilleure résistance à plusieurs stress abiotiques peuvent constituer de futures candidates pour d'éventuelles compagnes d'inoculation de la luzerne particulièrement à El Oued et Ouargla.

Une meilleure survie ne signifie pas obligatoirement une efficacité symbiotique avec la plante. Pour cela, un test symbiotique doit être effectué, même avec plusieurs variétés de luzerne afin de sélectionner les meilleurs couples symbiotiques « rhizobium-plante ». En plus, la souche choisie pour faire l'objet d'introduction dans le sol doit : 1) être adaptée aux conditions du sol ; 2) être compétitive par rapport aux autres souches autochtones de rhizobia et les autres microorganismes des sols.

## REFERENCES

- [1] Le Houerou H.N., 1975.- Problèmes et potentialités des terres arides de l'Afrique du Nord. Options Méditerran. Sér. A Mediterr. Semin.: 26-17p.
- [2] Cacciari I., Di Mattia E., Quatrini P., Moscatelli M.C., Grego S., Lippi D., De Paolis M.R., 2015.- Un arbre au désert : Réponses adaptatives des isolats de Rhizobium aux stress. Éd IRD, 1-34 p.
- [3] Sabaou, N., Boudjella, H., Bennadji, A., Mostefaoui, A., Zitouni, A., Lamari, L., Bennadji, H., 1998.- Les sols des oasis du Sahara algérien, source d'actinomycètes, rares producteurs d'antibiotiques. Sécheresse 9: 147-153 p.
- [4] Bazzine M., Hamdi Aissa B., 2014. - Etude des croûtes biologiques de quelques sols gypseux et salins du milieu saharien: cas de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional est algérien). *Algerian journal of arid environment*. vol. 4, n° 1, Juin 2014: 45-52p.
- [5] Karabi M., Hamdi Aissa B., Zenkhri S., 2016.- Microbial diversity and organic matter fractions under two arid soils in Algerian Sahara. AIP Conference Proceedings 1758, 030006, doi: 10.1063/1.4959402.
- [6] Kaboul A., 2016.- Etude des croûtes biologiques des sols des zones arides (Cas de la région de Ouargla et la région d'El Oued). Mémoire Master, Université KASDI Merbah, Ouargla, 67p.
- [7] Garbaye J., 2013.- La symbiose mycorhizienne : Une association entre les plantes et les champignons, Ed Quae, 280 p.
- [8] Prescott L.M., Harley J.P., Klein D.A., 2003.- Microbiologie. Edition De Boeck Supérieur, 1137 p.
- [9] Denarie J., Debelle F., Truchet G., Prome J.C., 1993.- Rhizobium and legume nodulation: A molecular dialogue, in: Palacios R., Moira J., Newton W.E. (Eds.), New Horizons in Nitrogen Fixation, Kluwer, Dordrecht, the Netherlands, 19-30 p.
- [10] Willems A., Collins M.D., 1993.- Phylogenetic analysis of rhizobia and agrobacteria based on 16S rRNA gene sequences, *Int. J. Syst. Bacteriol.* 43, 305-313 p.
- [11] Farrand S.K., Van Berkum P.B., Oger P. (2003) Agrobacterium is a definable genus of the family Rhizobiaceae, *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 53: 1681-1687.
- [12] Vincent J.M., 1970. A manual for the practical study of the root-nodule bacteria. IBP handbook No15. Blackwell Scientific Publishers, Oxford. 164 p.
- [13] Somasegaran P and Hoben HJ (1985) Methods in LegumeRhizobium Technology. Nif IAL Project and MIRCEN, University of Hawaii, Paia, Maui, Hawaii. 367p.
- [14] Somasegaran P and Hoben H J 1994 The Handbook for Rhizobia: Methods in Legume-RhizobiaTechnology. Springer Verlag, New York. 450p.
- [15] Beck D.P., Materon L.A., Afandi F., 1993.- Practical Rhizobium Legume Technology Manual, vol. 19, Technical Manual International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. (ICARDA), Aleppo, Syria, 21p.

- [16] Bernard T., Pocard J., Perroud B., Le Rudulier P.- 1986 Variation in the response of salt stressed *Rhizobium* strains to betaine. *Archives of microbiology*, 143: 359-356p.
- [17] Breedveld M. W., Dijikema C., Zevenhuizen L. P. T. M., and A. J. B. Zehender. 1993. Response of intracellular carbohydrates to a NaCl shock in *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* TA-1 and *Rhizobium meliloti* SU-47. *J. Gen. Microbiol.* 139: 3157-3163.
- [18] Struffi P., Corich V., Giacomini A., Benguedouar A., Squartini A., Casella S. and Nuti M.P., 1998. Metabolic proprieties, stress tolerance and macromolecular profiles of rhizobia nodulating *Hedysarum coronarium*. In: *J. Appl. Microbiol.*, 84: p. 81-89.
- [19] Zahran H.H., 1999. *Rhizobium-legume* symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in arid climate. In: *Micobiol. Mol. Biol. Rev.*, 63, p. 968-989.
- [20] Thami-Alami, I., Elboutahiri, N., Udupa, S.M. (2010) Variability in natural populations of *Sinorhizobium meliloti* in Morocco. In: Porqueddu, C., Ríos, S. (Eds.), *The contributions of grasslands to the conservation of Mediterranean biodiversity (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 92)*, CIHEAM/CIBIO/FAO/SEE, Zaragoza, pp. P265–P269.
- [21] Drouin P., Prevost D., Antoun H., 2000.- Physiological adaptation to low temperatures of strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* associated with *Lathyrus* spp. *FEMS Microbiology Ecology*. 32:111-120 p.
- [22] Brenner D.J., Krieg N.R., 2006.- *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology: Volume Two: The Proteobacteria, Part 3*, Springer Science & Business Media, Science, 1388 P.
- [23] Hameed R.A., Hussain N.N., Aljibouri A.M., 2014.- Phenotypic Characterization of Indigenous Iraqi *Sinorhizobium meliloti* Isolates for Abiotic Stress Performance , *Journal of Life Sciences*, Vol. 8, No. 1, 1-9p.
- [24] Niste M., Vidican R., Rotar L., Pop., 2013.- The Effect of pH Stress on the Survival of *Rhizobium Trifolii* and *Sinorhizobium Meliloti* in vitro, *Bulletin UASMV, série Agriculture* 70(2): 449-450p.
- [25] Appunu C., Dhar B., 2006.- Existence and Characteristics of Rhizobiophages in Soybean Grown Fields in India. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5: 818-821p. DOI: 10.3923/ajps.2006.818.821.
- [26] Ali S.F., Rawat L.S., Meghuansi M.K., Mahna, S.K., 2009.- Selection of stress tolerant rhizobial isolates of wild legumes growing in dry regions of Rajasthan. In: *India. J. Agri Biol. Sci.*, 4: 13-18 p.
- [27] Elboutahiri N., Thami-Alami I., Udupa S.M., 2010.- Phenotypic and genetic diversity in *Sinorhizobium meliloti* and *S. medicae* from drought and salt affected regions of Morocco, *BMC Microbiology*: 1-13p.
- [28] Satyanarayana T., Johri B.N., 2005.- *Microbial Diversity: Current Perspectives and Potential Applications*, I. K. International Pvt Ltd, Microbial diversity, 1133p.
- [29] Blazinkov M., Vrbanac D., Huic Babic K., Sikora S., 2010. - Phenotypic characterization of indigenous *Sinorhizobium meliloti* strains, *Agriculturae Conspectus Scientifici* cus. Vol. 80 (2015) No. 1: 25-29p.



# LA RELATION SOL-EAU DANS LA PLAINE DE TIFFECH SOUK-AHRAS-ALGERIE : GESTION DE L'EAU ET DU SOL

**BENSLAMA M., ZANACHE H., BENSLAMA R.**

*Laboratoire de Recherche Sols et Développement Durable, Université Badji Mokhtar Annaba  
BP12, 23000 Annaba, Algérie.*

[bensamrane@yahoo.fr](mailto:bensamrane@yahoo.fr)

**Résumé :** La plaine de Tiffech est située au sud ouest de la ville de Souk-Ahras. Elle constitue le point de départ des hautes plaines constantinoises. Le bassin de Wadi Tiffech (Sybouse) est caractérisé par une sévérité des conditions naturelles; Un climat semi-aride avec des pluies torrentielles en automne et en hiver, une couverture végétale dispersée, une topographie irrégulière avec des pentes très raides, des pentes faible, un terrain facilement accessible, souvent labouré le long de la pente. Le réseau hydrographique est assez dense. Sur cette Oued un petit barrage a été construit avec une capacité de 3.90 hm<sup>3</sup> destinée à l'irrigation. En termes d'agriculture, la configuration géomorphologique du bassin révèle l'importance de l'élevage de bovins et ovin d'une part, l'arboriculture et la céréaliculture représentent la base de la production végétale dans ce bassin. L'intensification de l'agriculture exige la connaissance des sols, car de mauvaises pratiques culturales peuvent influencer la stabilité structurelle du sol en favorisant la stalinisation, l'érosion des sols et la dégradation des sols. Notre contribution à la connaissance des sols du bassin Tiffech a permis de définir la fragilité de ses sols et leur aptitude à la dégradation (physique et chimique). Il est impératif d'appliquer une bonne gestion des sols et d'adopter de bonnes pratiques agricoles qui protègent durablement les ressources en sol.

**Mots clés :** Relation, sol, eau, gestion, bassin, Tiffech, Souk-Ahras.

## علاقة التربة بالماء في سهل تيفاش سوق أهراس – الجزائر: إدارة الماء و التربة

**ملخص:** يقع سهل تيفاش إلى الجنوب الغربي من مدينة سوق أهراس. إنها تشكل نقطة انطلاق السهول القارية. يتميز حوض وادي تيفاش (سيبوس) بشدة الظروف الطبيعية: مناخ شبه قاحل مع هطول أمطار غزيرة خلال فصلي الخريف والشتاء الغطاء النباتي مندثر، والطوبوغرافيا غير منظمة والمنحدرات الشديدة و المنخفض، والتضاريس بسهولة الوصول، وغالبا ما يتم حرق الأرض على طول المنحدر، الشبكة الهيدرولوجية كثيفة جدا، منها وادي تيفاش الأكثر أهمية على هذا الوادي تم بناء سد صغير. أما من حيث الزراعة، فإن التكوين الجيومورفولوجي للحوض يكشف عن أهمية تربية الماشية والأغنام، من ناحية، تمثل زراعة الأشجار والحبوب الأساس لإنتاج النباتات في هذا الحوض. ويتطلب تكثيف الزراعة معرفة التربة، حيث أن الممارسات الزراعية السيئة يمكن أن تؤثر على الاستقرار الهيكلي للتربة عن طريق تشجيع التلويث وتآكل التربة وتدهور التربة. وقد مكنت مساهمتنا في معرفة تربة حوض تيفاش من تحديد هشاشة تربة التربة وقدرتها على التدهور الفيزيائية والكيميائية ومن الضروري تطبيق إدارة جيدة للتربة واعتماد ممارسات زراعية جيدة تحمي موارد التربة على نحو مستدام.

**كلمات دالة :** علاقة، التربة، الماء، إدارة، حوض، تيفاش، سوق أهراس.

## 1. INTRODUCTION

La plaine de Tiffech est situé à 20km sud ouest de la ville de Souk-Ahras nord est Algérie. Elle constitue le point de départ des hautes plaines constantinoise connues par la fertilité de leurs sols et sont le berceau de la céréaliculture Algérienne notamment le blé dur. Cette plaine aux sols fertiles est drainé par l'oued Tiffech sur le quel on a construit un barrage afin de favoriser les cultures d'été. La présence de sel soluble et des carbonates de calcium dans les sols lourds favorise les processus de salinisation.

Dans ce travail nous avons caractérisé les eaux dans différents points d'eau afin de déceler les risques de salinisation.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Présentation de la zone d'étude

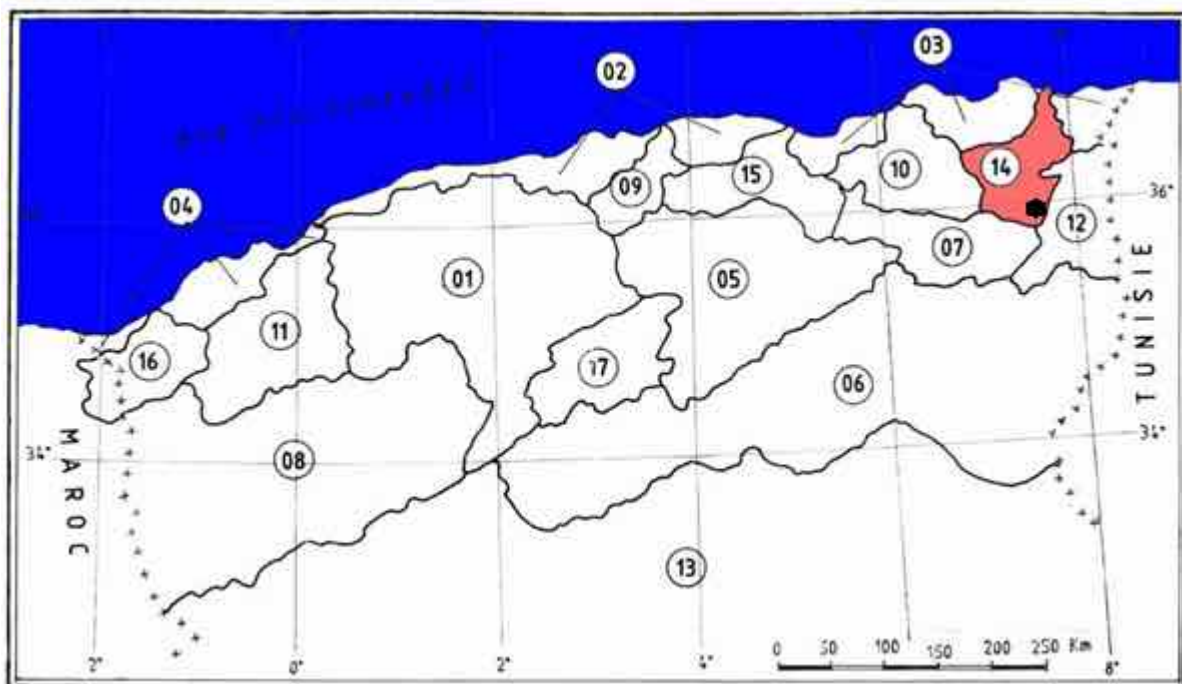
La région étudiée est située dans la partie Nord-est de l'Algérie dans le territoire de la wilaya de Souk-Ahras plus exactement dans la plaine de Tiffech, est essentiellement à caractère agricole. Durant ces dernières années, elle a connu un développement socio-

économique important avec pour conséquent l'aménagement d'un petit barrage d'une capacité de trois millions m<sup>3</sup> destiné à l'irrigation en période de déficit hydrique. La présence de sel soluble dans le substrat augmente le risque de la charge saline de l'eau du barrage et son utilisation comme eau d'irrigation peu entraîné la salinisation des sols.

## 2.2. Présentation des sites d'études

Un plan de travail a été adopté pour atteindre ces buts, il consiste au début à réaliser une grille d'échantillonnage avec une analyse complète des paramètres physico-chimiques des eaux, des sols pour expliquer l'origine et l'évolution de chaque élément pour permettre l'acquisition de données représentatives sur la variabilité spatiale de la salinisations des sols qui couvrent l'ensemble de la plaine objet de notre étude.

Neuf (09) sites ou stations ont été échantillonnés (eau et sol) à travers la région d'étude de l'amont à l'aval de l'oued de Tiffech en fonction de leur bonne accessibilité même en hiver, leurs emplacements dans la plaine (Fig. 1).



**Figure 1.** Position de l'Oued Tiffech dans le bassin-versant de la Seybouse en Algérie

## 2.3. Protocole d'échantillonnage

### 2.3.1. Eau

Pour établir un diagnostic de la qualité des eaux d'une région, il est recommandé de connaître la composition chimique de cette eau. Il est évident que le chimisme des eaux de surface dépend, principalement, de la composition lithologique des couches traversées et du temps de séjour des eaux. Cette interaction influe sur la teneur des éléments majeurs. Les concentrations de ces éléments naturels sont conditionnées par divers facteurs tels que les paramètres climatiques, l'activité anthropique, les échanges entre les aquifères et les eaux de surface.

L'échantillonnage des eaux de surface a été effectué sur 09 sites ((stations)). Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'un sceau lié à une corde, des flacons en polyéthylène de 1.5 L ont été remplis.

Au laboratoire, les échantillons sont conservés immédiatement dans un réfrigérateur à une température inférieure à 4°C à l'abri de la lumière ; puis filtrés à une porosité de 0.45µm,

afin d'éliminer au maximum les colloïdes qui augmentent la solubilité apparente de certains ions.

Les déterminations suivantes ont été réalisées : les matières en suspension, le résidu sec, l'extrait sec, Le pH, La conductivité électrique, les anions et les cations.

### 3.2. Sol

L'échantillonnage des sols a été effectué sur les mêmes sites choisis pour les échantillons d'eau. Le prélèvement des échantillons des sols (des horizons de surface d'une profondeur de 0 à 25 cm) ont été réalisés à l'aide d'une tarière et conservés dans des sacs en plastiques et transportés dans le laboratoire.

Une fois au laboratoire, les sols ont été traités dans les plus brefs délais (séchage et tamisage).

L'analyse des sols est un procédé complexe de par la multiplicité des paramètres à mesurer pour caractériser complètement un échantillon: nous avons utilisé des protocoles normalisés issus de la littérature. Les paramètres suivants ont été déterminés : l'humidité résiduelle, la granulométrie, le pH, la conductivité électrique, le carbone organique, le calcaire total, la densité réelle, la densité apparente, la porosité et les bases échangeables

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Eau

Les résultats des analyses physicochimiques ont montré que toutes les eaux de surface de notre zone d'étude sont dépourvues de carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) et bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ). Les résultats statistiques des autres paramètres physicochimiques des 09 stations sont indiqués dans le tableau 1.

L'étude statistique de la répartition spatiale des éléments chimiques présente les valeurs minimales, moyennes et maximales, ainsi que le coefficient de variation (Tab. 1). L'homogénéité d'une série se traduit par les valeurs proches de la moyenne. La dispersion autour de la moyenne est évaluée à l'aide du coefficient de variation (en %) qui est le rapport de l'écart type à la moyenne. Une série homogène présente des valeurs du coefficient de variation inférieur à 50%.

**Tableau 1. Statistique descriptive pour la chimie des eaux**

Variables	Min	Max	Moyenne	Ecart-type	CV %
pH	7,72	8,39	<b>7,924</b>	0,190	2,40
CE ( $\mu\text{S}$ )	245	523	<b>314,444</b>	87,414	27,80
RS (mg/l)	0,07	0,40	<b>0,230</b>	0,109	47,39
MES (mg/l)	0,001	0,020	<b>0,010</b>	0,005	<b>50</b>
ES (mg/l)	0,010	0,017	<b>0,013</b>	0,003	23,08
$\text{Ca}^{++}$ (mg/l)	13,867	33,333	<b>24,741</b>	5,549	22,43
$\text{Mg}^{++}$ (mg/l)	14,483	25,855	<b>19,818</b>	3,459	17,46
TH (mg/l)	31,071	53,843	<b>44,559</b>	7,692	17,26
$\text{Na}^+$ (mg/l)	27,50	93,32	<b>40,50</b>	21,394	<b>52,82</b>
$\text{K}^+$ (mg/l)	2,350	10,27	<b>4,192</b>	2,447	<b>58,38</b>
$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	0,007	0,060	<b>0,029</b>	0,019	<b>68,20</b>
Cl (mg/l)	11,817	177,250	<b>73,526</b>	55,039	<b>74,86</b>
$\text{SO}_4^-$ (mg/l)	47,255	68,235	<b>54,314</b>	7,030	12,94
$\text{NO}_3^-$ (mg/l)	5	43,75	<b>15,694</b>	11,624	<b>74,06</b>
$\text{NO}_2^-$ (mg/l)	0,023	0,349	<b>0,080</b>	0,103	<b>127,68</b>



Il est possible d'établir un classement des différents paramètres en fonction de leur coefficient de variation qui est le suivant:

- Faible coefficient de variation : pH, CE, ES, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>, TH, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>
- Moyen coefficient de variation : RS, MES, Na<sup>+</sup>
- Fort coefficient de variation : NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup>

### 3.2. Analyses physico-chimiques des sols

Dans cette partie, nous déterminerons des propriétés physico-chimiques des sols agricoles.

#### 3.2.1. Les caractéristiques physiques des sols

##### 3.2.1.1. La granulométrie

L'analyse granulométrique est un des moyens classiques de l'étude des sols. Elle permet de définir la texture. Les résultats montrent que les sols analysés présentent des textures : argileuse, argilo-sableuse, limono- argilo-sableuse et limono-argileuse avec une dominance des textures argileuses et sableuse par rapport à la fraction limoneuse. Il s'agit en fait, essentiellement de textures fines (Tab. 2).

**Tableau 2.** Les classes texturales des sols étudiés

Les échantillons de sols	Les classes texturales
S2 – S3 – S4 – S6 – S8	Argileuse
S1	Argilo-sableuse
S5	Limono-argilo-sableuse
S7 – S9	Limono-argileuse

##### 3.2.1.2. La porosité

Les résultats de la densité, de la porosité et des analyses physico-chimiques sont présentés dans les tableaux 3 et 4.

**Tableau 3.** La densité et la porosité des sols étudiés

Paramètres	Maximum	Minimum	Moyenne	Ecart-type	CV %
Da (g/cm <sup>3</sup> )	2,637	0	1,701	0,861	50.62
Dr (g/cm <sup>3</sup> )	2,655	2,202	2,438	0,173	7.09
P (%)	100	0,704	30.893	34.220	<b>110.76</b>

**Tableau 4.** Les analyses physico-chimiques des sols de la zone d'étude

Paramètres	Max	Min	Moyenne	Ecartype	CV %
pH eau	8,10	7,01	<b>7,47</b>	0,417	5.39
pH <sub>KCl</sub>	7.61	6,43	<b>7,02</b>	0,376	5.36
CE (µs/cm)	161.33	70,33	<b>112.04</b>	29,047	25.92
MO %	4,002	3,838	<b>3,95</b>	0,055	1.43
H %	0,040	0,007	<b>0,018</b>	0,011	<b>61.11</b>
CO %	1.86	0,10	<b>1.01</b>	0,681	<b>67.42</b>
Cal Tot %	1,92	0	<b>0,56</b>	0.670	<b>110.46</b>
Ca <sup>+2</sup> (méq/100g)	3,60	1,73	<b>2,40</b>	0,622	25.92
Mg <sup>+2</sup> (meq/100g)	0,012	0,123	<b>0,048</b>	0,039	<b>81,25</b>
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	4,557	1,948	<b>3,494</b>	0.962	27.53
K <sup>+</sup> (meq/100g)	1,799	0,492	<b>1,333</b>	0,445	33.38
CEC (meq /100g)	16,06	5,99	<b>10,90</b>	4,077	37,40
V (%)	86,13	47,28	<b>71,25</b>	14,751	20,70

### 3.3. Discussion

L'étude de la qualité chimique des eaux superficielle a permis de déterminer que les bilans ioniques des eaux de surface de notre zone d'étude sont caractérisés par une dominance du sodium puis le calcium parmi les cations, et le chlorure puis le sulfate parmi les anions.

Le faciès chimique des eaux de surface de l'oued Tiffech permet de comprendre les relations qui existent entre les paramètres chimiques de ces eaux ainsi que leurs origines. Le faciès le plus prédominant de ces eaux est le faciès chloruré sodique.

Par ailleurs l'agriculture est intensément pratiquée, des parcelles sont utilisées deux fois par ans, ce qui nécessite un double dosage en engrais. L'absence de station d'épuration permettant l'élimination des polluants, ne fait qu'accentuer la dégradation de la qualité des eaux. Les analyses chimiques réalisées par nos soins et interprétées montrent une présence en abondance des éléments majeurs.

Concernant les analyses de contrôle de qualité des eaux destinées à l'irrigation de cette région de l'extrême Nord-Est Algérien. Nous avons réalisé l'analyse de tous les paramètres caractérisant la salinité. Selon la valeur moyenne du SAR qui reste en classe excellente ainsi que les autres paramètres à savoir MAR, Na%, SSP, RSC et TDS donc les eaux présentent aucun danger d'alcalinisation et pourraient être utilisées en irrigation. Les valeurs globales ont indiqué que l'eau de surface dans la zone d'étude peut être appliquée à des fins d'irrigation sans aucun danger alcalin ou de bicarbonate et de magnésium.

les propriétés des sols de la région d'étude, peuvent évoluer de façon considérable en fonction des caractéristiques physico-chimiques.

Les résultats obtenus indiquent que nos sols présentent une faible conductivité électrique (non salés). Avec une teneur relativement élevés en matière organique. Alors que les teneurs du calcaire total sont inférieures à 5 % ce qui induit que les sols de nos échantillons de la zone d'étude sont peu calcaires.

Le pH du sol de notre zone d'étude a un caractère alcalin très alcalin, tandis que  $pH_{KCl}$  a un caractère neutre. Ainsi que nos sols sont moins humides. Ces valeurs sont en relation avec la texture du sol, car les sols argilo-limoneux à texture fine retiennent plus d'eau que les sols sableux à structure particulaire. La porosité totale des sols varie entre les classes des sols moyennement poreuses et très poreuses. L'analyse granulométrique sur le triangle textural montre que les sols analysés présentent des textures argileuses, argile sableuses, limon argilo-sableuse et limon argileuse avec une dominance des textures argileuses et sableuses.

La CEC résulte bien sûre des propriétés cumulées des argiles et des matières organiques qui fait référence en science du sol à la notion de complexe argilo humique. Notre zone d'étude présente une CEC moyenne qui ne dépasse pas 20 méq/100g sol et les sols sont insaturés avec aussi un taux de saturation qui ne dépasse pas 85%.

### 4. CONCLUSION

Depuis l'antiquité les activités anthropiques et particulièrement agricoles se développer de préférence à proximité des cours d'eau et mieux encore là où le plan d'eau est facile accessible.

La plaine de Tiffech qui tire son nom de l'oued qui la traverse se caractérise par des sols argileux et argilo-sableux généralement très fertile.

Les données recueillies au cours de notre étude ont permis de dresser un portrait de la qualité physico-chimique des eaux de surface:

Les analyses chimiques des eaux ont permis d'évaluer la qualité de ces eaux.

Les valeurs globales ont indiqué que l'eau de surface dans la zone d'étude peut être appliquée à des fins d'irrigation sans aucun danger.

Selon la valeur moyenne du SAR qui reste en classe excellente ainsi que les autres paramètres à savoir MAR, Na%, SSP, RSC et TDS.

Les propriétés des sols peuvent évoluer de façon considérable en fonction des caractéristiques physico-chimiques.

Les résultats obtenus indiquent que nos sols présentent une faible conductivité électrique au cours des deux saisons de sorte que nos sols ne sont pas salés. Ainsi qu'ils ont une teneur moyennement élevée en matière organique. Alors que les teneurs du calcaire total sont inférieures à 5 %.

La réaction de nos sols est alcaline ( $pH_{eau}$ ), tandis que  $pH_{KCl}$  a une valeur neutre. Ces valeurs sont en relation avec la texture du sol. L'analyse granulométrique fait ressortir des textures argileuses, argilo-sableuses, limono-argilo-sableuse et limono-argileuse avec une dominance des textures argilo-sableuses avec une capacité d'échange cationique ne dépassant pas 20 méq/100g. et un taux de saturation proche de 85%.

D'une manière générale, et malgré une forte exploitation des sols de cette région et une utilisation mal contrôlée des eaux de l'oued Tiffech, nos sols restent d'une richesse exceptionnelle qui mérite un suivi et un contrôle du chimisme des sols et des eaux

## REFERENCES

- [1] Belksir M.S., 2009.- Hydrogéologie et hydrochimie de la nappe superficielle dans la région de l'Oued Righ et l'évaluation de sa vulnérabilité. Mémoire de Magister. Département de géologie. Faculté des Sciences de la Terre. Université Badji Mokhtar d'Annaba, 173 p.
- [2] Ben Hassine H., Aloui T., Gallali T., Bouzid T., Elamri S. & Ben Hassen R., 2008.- Evaluation quantitative et rôles de la matière organique dans les sols cultivés en zones subhumides et semi-arides méditerranéenne de la Tunisie. Agrosolutions, 19 (2) : 4-12.
- [3] Ben Moussa A., Chahlaoui A., Rour E.H., Chahboune M. & Aboukacem A., 2012.- Étude du changement de l'état des eaux de l'oued Khoumane à la confluence avec les eaux thermales de la source Ain Hamma Moulay MAROC. Larhyss Journal, 11 : 17-36.
- [4] Benslama M., Ibn Cherif H., Zanache H. & Djili K., 2007.- Caractérisation physicochimique des eaux de la zone humide de la Numidie orientale (Algérie), Agrochimia, Vol L1-N 2-3. Marzo-Guigno, 6 p.
- [5] Halitim A., 1985: Contribution à l'étude des sols des zones arides (Hautes Plaines Steppiques d'Algérie). Morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols. Thèse Doctorat d'Etat, Université de Rennes, 383 p.

## IMPACT DE QUELQUES SYSTEMES DE CULTURE SUR L'ACTIVITE ET LA BIOMASSE MICROBIENNE DES SOLS OASIENS. CAS DE LA REGION DE OUARGLA

**KARABI M.<sup>1</sup>, HAMDY AISSA B.<sup>1,2</sup>, ZENKHRI S.<sup>2</sup>, HADJ MOHAMMED M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Biogéochimie des milieux désertiques, Université de Ouargla

<sup>2</sup>Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-arides, Université de Ouargla

Karabi.mokhtar@gmail.com

**Résumé :** L'évaluation multicritère des systèmes de culture implique d'acquérir des connaissances sur la composante biologique des sols, notamment sur le compartiment microbien. Afin d'étudier l'effet des systèmes de culture sur les paramètres microbiologiques des sols oasiens (densité bactérienne et densité fongique,  $C_{\text{microbien}}$ , et activité enzymatique), nous avons choisi quatre systèmes de cultures les plus répandus dans la région de Ouargla à savoir la phœniciculture (PHO), la serriculture (SERR), la luzernière (LUZ) et la céréaliculture (CER) comparé à un sol nu (SN) situés dans la zone de Hassi ben abdallah. L'ensemble des résultats des analyses microbiologiques de la couche superficielle des sols étudiés (0–30cm), révèle la dominance de la microflore bactérienne ainsi que des variations entre les sols en nombre de germes avec des valeurs maximales pour (LUZ) suivi par (PHO) ensuite (SERR) et (CER) et enfin (SN). Quant à la biomasse microbienne, les valeurs relatives au  $C_{\text{microbien}}$  montrent que ce paramètre est plus élevé en sol cultivés par rapport au (SN) avec une légère prédominance pour (LUZ) et (PHO). Les valeurs de l'activité de la  $\beta$ -glucosidase sont comprises entre 0,137 et 0,376  $\mu\text{g}$  de glucose.g<sup>-1</sup> de sol sec. L'amplitude des réactions obtenues pour ce paramètre suit la teneur en matière organique dans les cinq sols dans l'ordre LUZ > PHO > CER > SERR > SN. Ce fait permet d'apprécier l'introduction du système de culture luzerne du fait qu'il minimise de façon fiable le problème d'épuisement du sol.

**Mots clés :** système de culture, biomasse microbienne, activité enzymatique, oasis, Ouargla, Sahara Algérien.

### تأثير بعض النظم الزراعية على النشاط والكتلة الميكروبية لترب الواحات. حالة منطقة ورقلة

**ملخص :** يتضمن تقييم المعايير المتعددة للنظم الزراعية اكتساب المعرفة بالعنصر البيولوجي للتربة، بما في ذلك الجزء الميكروبي. لدراسة تأثير النظم الزراعية على المعايير الميكروبيولوجية لتربة الواحات (كثافة البكتيرية وكثافة الفطريات،  $C_{\text{ميكروبي}}$ ، والنشاط الإنزيمي)، اخترنا أربعة أنظمة زراعية الأكثر تواجدا في منطقة ورقلة وهي زراعة النخيل (PHO)، زراعة النباتات المحمية (SERR)، زراعة البرسيم (LUZ) وزراعة الحبوب (CER)، مقارنة مع تربة جرداء (SN) الواقعة في منطقة حاسي عبد الله. النتائج العامة للتحليلات الميكروبيولوجية للطبقة السطحية من التربة (0-30 سم) التي شملتها الدراسة، تكشف عن هيمنة البكتيرية وتكشف أيضا عن اختلافات في الكثافة الميكروبية لمختلف الترب مع قيم مرتفعة لتربة (LUZ) تليها (PHO) ثم (SERR) و (CER) وأخيرا (SN). أما بالنسبة للكتلة الحيوية الميكروبية، تظهر قيم  $C_{\text{ميكروبي}}$  أن هذه القيم هي أعلى في التربة المزروعة مقارنة بالتربة الجرداء (SN) مع غلبة طفيفة لتربة (LUZ) و (PHO). وتتراوح قيم نشاط  $\beta$ -غلوكوزيداز بين 0.137 و 0.376  $\mu\text{g}$  جلوكوز.غ<sup>-1</sup> تربة جافة. وتتبع هاته القيم التي تم الحصول عليها محتوى المادة العضوية في الترب الخمسة في الترتيب LUZ < PHO < CER < SERR < SN. وهذا يجعل من الممكن تقدير إدخال نظام زراعة البرسيم لأنه يقل بشكل موثوق من مشكلة إنهاك التربة.

**كلمات دالة:** نظام زراعة المحاصيل، الكتلة الحيوية الميكروبية، النشاط الإنزيمي، واحة، ورقلة، الصحراء الجزائرية.

## 1. INTRODUCTION

La qualité du sol est un indicateur important de la durabilité agricole et environnementale [1, 2]. Il existe de nombreuses propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, et qui peuvent être utilisés comme indicateurs pour évaluer les effets de la perturbation de l'écosystème par l'activité humaine sur la qualité du sol [3]. Parmi les propriétés du sol les plus utilisées dans les études de perturbation anthropique sont le  $C_{\text{organique}}$  et le  $N_{\text{total}}$ , la biomasse microbienne, et les activités enzymatiques [4].

Le Sahara Algérien occupe 80% de la superficie du pays [5]. Il se caractérise par une hétérogénéité édaphique et par une diversification de systèmes de cultures. La phœniciculture est considérée comme la plus ancienne des systèmes de cultures oasiens. La wilaya de

Ouargla dispose d'un important potentiel phœnicicole. La céréaliculture sous pivot Au Sahara, un système de culture nouveau sur lequel les pouvoirs publics ont concentré leurs efforts. La céréaliculture a introduit quelque chose de radicalement nouveau, tant dans le paysage, la technique, que la finalité. La serriculture, introduite dans la willaya au début des années 1980, a également connu un développement progressif surtout dans le cadre de la mise en valeur.

La conduite de ces systèmes de culture nécessite une bonne compréhension des processus en jeu et les agriculteurs doivent respecter des itinéraires techniques pour ajuster la gestion agro-écologique des écosystèmes cultivés. Les contraintes de la fertilité des sols cultivés sont encore mal connues dans les principales régions agricoles du pays et les informations existantes restent assez périphériques. La réhabilitation de la fertilité de ces sols nécessite, donc, la prise en compte du compartiment microbien. L'objectif de cette étude est d'apporter des éléments de réponse à cette problématique.

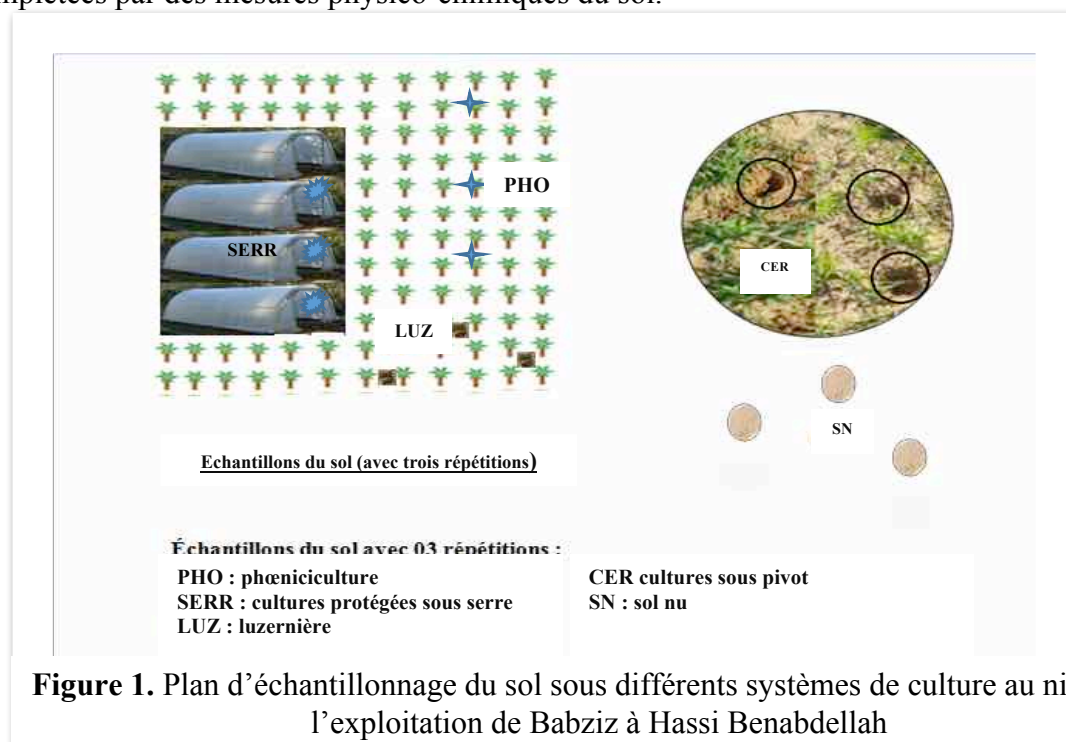
## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

L'étude a été menée dans l'exploitation agricole de Babziz située dans la commune de Hassi ben abdallah en amont du versant Nord-Est de la cuvette de Ouargla. Le choix de la station d'étude été fait sur la base de l'intense activité agricole qui s'y déroule ainsi que par le fait que l'exploitation dispose d'une diversité de systèmes de culture existants dans la région. Pour ce qui est de l'homogénéité du sol ; selon Hamdi-Aissa et Girard (2000) [6], il s'agit d'un pédopaysage sableux à sable grossier et graviers, avec du calcaire. Le sol est de prédominance sableuse, pauvres en matière organique et présentant un taux d'accumulation gypso-saline pauvre.

### 2.2. Approche méthodologique

Nous avons évalué sous différents systèmes de cultures à savoir la phœniciculture (PHO), la céréaliculture (CER), la serriculture (SERR) et la luzerne (LUZ), en comparaison avec un sol nu (SN) n'ayant pas encore subi d'action anthropique (Fig. 1), la densité bactérienne et fongique. Nous avons estimé, également, la biomasse microbienne par la méthode de fumigation/extraction [7], ainsi que l'estimation de l'activité enzymatique de la  $\beta$ -glucosidase par la méthode de Tabatabai, (1999) [8]. Ces mesures microbiologiques ont été complétées par des mesures physico-chimiques du sol.



**Figure 1.** Plan d'échantillonnage du sol sous différents systèmes de culture au niveau de l'exploitation de Babziz à Hassi Benabdellah

Ainsi, nous avons réalisé de chaque sol, dans des conditions de stérilité rigoureuse et sur sol ressuyé, 3 prélèvements afin d'obtenir un échantillon composite représentatif. Nous avons prélevé des échantillons de la couche superficielle (0-30cm).

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1. Caractéristiques abiotiques

Les caractéristiques physico-chimiques des 04 types de sol issus des systèmes de cultures : phœniciculture (PHO), céréaliculture (CER), culture légumineuse (LUZ), cultures protégées sous serre (SERR) et du sol nu (SN) de la couche superficielle (0-30 cm) sont représentées dans le Tableau 1.

**Tableau 1.** Caractéristiques physico-chimiques du sol sous les différents systèmes de cultures étudiés

Paramètres		PHO	CER	LUZ	SERR	SN
Texture		SL	SL	SL	SL	SL
Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> )		1.8	1.8	1.6	1.6	1.5
Humidité du sol (%)		9.90	9.33	11.06	11.33	4.43
Calcaire totale (%)		4,26	6	6.36	4,64	3.2
C.E à 25°C (dS/m)		1.10	3.1	1.6	1.12	0.6
pH		8.76	8.61	8.29	8.41	8.68
Caractéristiques biochimiques	C <sub>org</sub> (%)	0,34	0.28	0.34	0,22	0,18
	N (%)	0.1	0.21	0.36	0.14	0.1
	M.O (%)	0.58	0.48	0.58	0.38	0.30
	C/N	3.4	1.33	0.94	1.57	1.8

Les résultats obtenus indiquent que les propriétés physiques et chimiques des sols cultivés diffèrent de ceux du sol non mis en culture. La mise en culture des sols a entraîné une substantielle augmentation de l'humidité du sol en comparaison au sol non cultivé, et a significativement stimulé la CE et le C<sub>organique</sub>. Par ailleurs, la conductivité électrique du sol sous culture de blé (CER) est de l'ordre de 3.1 (dS/m) ce qui le classe parmi les sols très salé selon Le Clech, (2000) [9]. Tandis que celle des autres sols cultivés oscille entre 1.1 dS/m, 1.6 dS/m. Cela nous a conduit à les classer parmi les sols salés selon le même auteur. La salure n'a rien d'exagéré pour le sol nu (la conductivité électrique est de 0.6 dS/m) par rapport aux sols cultivés est due du fait que ce sol n'est pas irrigué. En effet, la salure des eaux d'irrigation augmente la teneur en sels dans le sol.

En ce qui concerne les caractéristiques biochimiques le taux de carbone est faible pour l'ensemble des sols étudiés. Il varie entre 0.18% et 0.34%. Ce taux est inférieur à 1 %. D'après Duchaufour (1984) [10], la teneur en matière organique dans les zones arides ne dépasse pas 1% ce qui correspond parfaitement à nos résultats. En effet, l'intensification des systèmes de culture et l'augmentation des rendements ont entraîné une diminution des teneurs en matière organique des sols cultivés, leur conférant ainsi une moindre fertilité.

Le taux d'azote est relativement plus élevé dans les parcelles sous légumineuse (luzerne) et nettement plus faible dans le sol non cultivé. Ainsi, on peut dire que les cultures de luzerne favorisent la conservation de l'azote dans ce type de sol, tandis que les autres le font disparaître plus rapidement.

Le rapport C/N qui nous renseigne sur l'activité biologique est inférieur à 8% pour l'ensemble des sols étudiés. Ceci traduit la faiblesse des deux éléments les plus importants et

une tendance à une minéralisation trop rapide, perte d'éléments fertilisants [11].

### 3.2. Caractéristiques biotiques

#### 3.2.1 Densité microbienne

Dans le cas de cette étude, les valeurs de la densité bactérienne, et la densité fongique des sols cultivés sont significativement élevées par comparaison à celles du sol non cultivé.

Ainsi, les résultats des dénombrements microbiologiques (tableau 2) laissent apparaître des variations entre les sols en nombre de germes avec des valeurs maximales pour le sol PHO suivi par celui des LUZ ensuite le sol de CER, le sol SERR et enfin le SN.

On peut se rendre compte que malgré l'homogénéité de ces sols, les systèmes culturaux laissent leur empreinte sur les caractères de l'activité microbiologique de ces terres.

**Tableau 2.** Densité des microorganismes du sol sous différents systèmes de culture

<b>UFC.g<sup>-1</sup>.s.s</b>	<b>PHO</b>	<b>CER</b>	<b>LUZ</b>	<b>SERR</b>	<b>SN</b>
<b>Bactéries (x 10<sup>6</sup>)</b>	140	83.6	131,56	52.64	0.22
<b>Champignons (x 10<sup>5</sup>)</b>	13.2	5.5	19.04	9.69	0.50
<b>C<sub>microbien</sub> (mg C.Kg<sup>-1</sup> s.s)</b>	20.9.2	96.14	236.61	135.3	32.65
<b>N<sub>microbien</sub> (mg N.kg<sup>-1</sup> s.s)</b>	7.4	4.48	13.88	7.1	2.3
<b>β-glucosidase (µg de glucose. g<sup>-1</sup>.s.s)</b>	0.246	0.201	0.376	0.189	0.137

**UFC.g<sup>-1</sup>.s.s:** unité formant colonie par gramme de sol sec.

Ces variations de densité peuvent être expliquées par le fait que les microorganismes sont soumis à quelques influences surtout celles des conditions physiques et physico-chimiques du sol (taux d'humidité, salinité...etc), et aussi des variations notables au niveau des facteurs biochimiques (nutritionnels et énergétiques concernant la matière organique). Les résultats montrent que la densité microbienne la plus faible est enregistrée dans le sol nu. Ceci corrobore l'hypothèse selon laquelle l'absence de couvert végétal sur un sol entraîne une baisse significative de la vie du sol et donc de la biomasse microbienne [12].

Les exsudats et les débris racinaires sont la source de 30 à 40% des entrées organiques dans la grande majorité des écosystèmes terrestres. Et à cause de ces entrées, la rhizosphère constitue une zone d'activité microbienne très active [13]. Cette zone du sol, située immédiatement au contact des racines, héberge une grande diversité de microorganismes [14], et beaucoup d'invertébrés comme les nématodes et les protozoaires [15].

Divers chercheurs ont signalé que les populations microbiennes ont une densité dix fois plus grande dans la rhizosphère que dans un sol dépourvu de racines. A proximité de la rhizosphère, les microorganismes sont stimulés par la fixation d'azote atmosphérique (la culture de luzerne) et les apports de carbone et d'énergie d'origine végétale et par les composés sécrétés par les racines [16].

L'importante densité microbienne enregistré dans le sol (LUZ) est due certainement aux taux d'humidité, de matière organique relativement élevée, et à la salinité qui est moins importante par rapport aux sols cultivés par une céréale et le sol nu, ce qui stimule la multiplication des germes microbiens (champignons et bactéries). Il est à signaler que les résultats de Mokrane et *al.* (2013) [17], ont montré une charge microbienne légèrement plus faible dans des palmeraies abandonnées avec des sols secs, compactés et mal aérés dans la région de Ouargla.

### 3.2.1.1. Densité bactérienne

Les densités de la microflore bactérienne ont variées diversement selon les différents systèmes de culture. En effet, les effets positifs des cultures de couverture sur la biomasse bactérienne ont été mis en évidence [18]. Selon Duchaufour (2001) [19], les bactéries sont surtout abondantes autour des racines de certaines plantes (graminées, légumineuses) au sein de la rhizosphère. Campbell (1985) [20] signale pour le rapport R/S (nombre de germes dans la rhizosphère/nombre dans le sol nu) une grande variation due à la nature de la plante et des microorganismes isolés. L'abondance des bactéries, est quant à elle liée à la teneur en C<sub>organique</sub>. Les bactéries sont favorisées par le système racinaire du couvert végétal et la concentration du carbone dans l'horizon de surface.

En comparant les sols des quatre systèmes de cultures il ressort que le sol sous serre (SERR) présente une infériorité numérique quant aux bactéries par rapport aux autres sols. Ceci est dû certainement à l'application des produits phytosanitaires (pesticides, insecticides, herbicides,..). En effet, Une fois appliqué, les produits agrochimiques persistent dans le sol pendant de longues périodes et ont des impacts négatifs sur la flore microbienne du sol [21]. Dans un premier temps, l'application de pesticide diminue le nombre des microbes et l'activité microbienne, mais comme le produit chimique persiste, les microbes développent une certaine tolérance ou résistance et peuvent ainsi recoloniser le sol [22]. L'application de bactéricides, en particulier des antibiotiques dans les études de laboratoire, les serres vitrées et sur le terrain, diminue le nombre de bactéries du sol [22].

L'effet de la salinité est cependant remarqué dans le sol CER qui présente une densité bactérienne également faible. En effet, La salinisation et la sodication affectent les propriétés physico-chimiques, biochimiques et biologiques du sol [23]. Une faible teneur en matière organique et une salinité élevée peuvent créer un environnement indésirable pour le



développement de la communauté bactérienne et fongique [24]. Cependant, chez les bactéries, le caractère de résistance au sel varie considérablement d'une espèce à l'autre et à l'intérieur d'une même espèce. Parmi les espèces bactériennes susceptibles de croître à des concentrations en chlorure de sodium très élevées (35%), signalons une espèce mise en évidence par Meklat et *al.* (2013) [25] dans la région de Bamendil à Ouargla (Sud-Est algérien). Il s'agit d'*Actinopolyspora algeriensis sp.*

En effet, les résultats obtenus concernant les effets de la salinité sur les espèces microbiennes, restent limités voire controversés. L'addition au sol de sels solubles a pour effet de diminuer l'activité microbienne, mais les valeurs seuils varient selon les auteurs.

D'après Sabaou (1988) [26], la salinité n'a pas d'effet sur la flore bactérienne, ce qui laisse supposer que cette dernière soit plus résistante aux sels. L'effet de la salinité ne commence à être évident que pour des valeurs plus élevées (supérieurs à 13 dS/m).

Il ressort, également, de nos résultats que les bactéries sont les microorganismes les plus dominants dans nos cinq sols. En effet, le taux des bactéries non-mycéliennes est toujours plus élevé que celui des autres microorganismes. Ceci est confirmé par les résultats obtenus par d'autres auteurs [17]. Cette dominance pourrait être attribuée à l'ubiquité des bactéries qui sont capables de coloniser des milieux différents et elles peuvent être actives pour de grands domaines de température, d'acidité, d'alcalinité, de pression, de salinité... [27]. Selon Dommergues et Mangenot (1970) [27], dans les sols soumis à des conditions écologiques très dures (région arides), les densités bactériennes sont évidemment beaucoup plus faibles ; mais elles tombent rarement au-dessous de  $10^4$  à  $10^5$  dans les horizons superficiels, des valeurs qui sont en concordance avec nos résultats.

### 3.2.1.2. Densité fongique

Pour la microflore fongique, on constate que la densité des champignons dans les sols cultivés est relativement élevée par rapport au sol nu avec une légère prédominance pour le sol LUZ. En effet le type du peuplement végétal agit quantitativement sur les fonges [28]. Nos résultats se rapprochent de ceux de Oustani (2006) [29] qui a enregistré une densité fongique de l'ordre de  $3.3 \times 10^4$  UFC.g.s.<sup>-1</sup> sur un sol nu provenant de la ferme d'ERAD /AGRO SUD situé dans la zone de Hassi Ben Abdallah (même zone d'étude).

Le contexte physicochimique est à prendre en compte notamment la teneur en matière organique, le pH, la texture du sol. L'utilisation et l'occupation du sol ainsi que le type de travail du sol pour les parcelles agricoles peuvent avoir une forte influence sur la microflore fongique. Cependant, en règle générale, les champignons saprophytes pénètrent moins à l'intérieur du sol que les bactéries. Ils sont en effet le plus souvent associés à de la matière organique peu décomposée [30] et disparaissent pour être remplacés par les Procaryotes dès que le support nutritif est épuisé [31].

Quant à la sensibilité à la salinité, on admet que les microorganismes les plus sensibles sont les champignons, ce qui est montré par certaines études notamment celles de Ali-Haimoud et *al.* (1980) [32]. Ainsi nous avons enregistré la densité fongique la plus faible dans le sol sous céréale qui présente la conductivité électrique la plus importante. Toutefois, il faut signaler que cette règle souffre de très nombreuses exceptions ; on connaît des champignons appartenant aux genres *Penicillium* et *Aspergillus* résistant bien à des teneurs élevées en NaCl (10 à 20%), de sorte que la salinité ne joue pas toujours un rôle déterminant dans la distribution de la microflore fongique [27]. Ceci est confirmé par les résultats obtenus par Oustani (2006) [29] sur sol salé et sol non salé qui montrent une densité fongique plus importante en sol salé par rapport au sol non salé. Dans ce cadre Sabaou (1988) [26], a prouvé, également, que la population fongique énumérée dans plusieurs palmeraies du Sud Algérien, à forte teneur en sels est plus importante par rapport à des sols non salés. D'après cet auteur la population fongique ne semble pas être inhibée par la salinité. Ainsi, Muhammad

et *al.* (2006) [33] ont constaté une plus grande fraction de la biomasse fongique dans des sols plus salés par rapport à des sols moins salés. Ces diverses constatations sont confirmées par Karabi et *al.* (2016) [34] lors d'une étude comparative entre un sol salé sableux et un sol non salé argileux. Cette étude a montré que le sol salé sableux présente une biomasse fongique relativement plus importante que le sol non salé argileux.

Ceci fait ressortir que, pour les champignons, l'effet texture prend le dessus sur l'effet salinité. En effet, Dommergues et Mangenot (1970) [27] ont montré qu'un bacille ou une autre population mixte préfèrent une texture fine, alors qu'un *Aspergillus* préfère une texture grossière. Selon Gawar (1999) [35], les minéraux argileux ont un effet sur la respiration des champignons en limitant leur multiplication par la viscosité de ces minéraux. La plupart des champignons sont des microorganismes aérobies, ce qui explique la diminution de leur nombre au fur et à mesure que la texture devient fine.

Cependant, nous avons remarqué également une faible densité des champignons dans le sol SERR qui a subi des traitements phytosanitaires. En effet, Les champignons du sol ont une plus grande capacité à résister à l'application des pesticides, mais l'application de fongicides affecte considérablement leur population et une variété de processus de minéralisation / décomposition contrôlés par eux [22]. En général, la majorité des herbicides n'ont pas un impact négatif considérable sur la population des champignons du sol, cependant, quelques insecticides peuvent avoir une inhibition initiale sur les champignons du sol, suivi par un effet stimulateur. Les champignons appartiennent au groupe des microorganismes qui, après une réponse initiale sensible à la présence de pesticides dans le sol, peuvent rapidement établir un métabolisme normal, leur permettant même de se multiplier, en particulier dans le cas de l'application de fongicide et d'insecticide [36].

On constate, également, que le nombre des champignons est moins important que celui des bactéries dans le sol. Ceci est dû à la particularité que possèdent les champignons vis-à-vis le pH. En effet les champignons préfèrent les milieux acides ou ils ne rencontrent pas la concurrence des bactéries [37]. Le pH de nos sols est alcalin ce qui explique la faible densité des champignons par rapport aux bactéries. Selon Davet (1996) [38], la densité de la microflore fongique, varie de  $8 \times 10^3$  à  $10^6$  unités par g de sol. Les champignons ne sont pas les plus nombreux des micro-organismes du sol, mais leur poids est très important, du fait de leur grande taille, comparativement aux bactéries [39].

Toutefois, il faut signaler, que la densité des champignons dans les sols cultivés est supérieure à celle dans le sol nu. En effet, la répartition et le nombre des champignons dans le sol sont affectés par nombreux facteurs du milieu, tels que : la teneur du sol en matière organique au dépend de laquelle vivent ces microorganismes hétérotrophes. Ainsi, la pauvreté de nos sol en matière organique explique la faible densité des champignons surtout au niveau du sol nu.

### 3.2.2. $C_{\text{microbien}}$

Les résultats obtenus pour le  $C_{\text{microbien}}$ , ont montré que ces valeurs ont diversement varié selon le système de culture. En général, la biomasse microbienne d'un sol agricole varie entre 0 et 800 mg C/kg [40]. En conditions pédoclimatiques comparables, la taille du compartiment biomasse microbienne est directement fonction du carbone disponible pour satisfaire les besoins énergétiques des microorganismes.

On constate que le  $C_{\text{microbien}}$  est environ deux fois plus élevé dans les sols LUZ et PHO que dans les sols CER et SERR. Il n'y a pas de différence significative entre le sol LEG et le sol PHO, bien que le premier soit relativement plus riche en matière organique.

Le faible niveau du  $C_{\text{microbien}}$  enregistré dans le sol CER et le sol SERR par rapport aux autres sols cultivés, est dû à la teneur en  $C_{\text{organique}}$  très limitée, l'effet toxique des traitements phytosanitaires, et la possibilité que les microorganismes du sol ne sont pas adaptés à ces produits agrochimiques, ainsi qu'à la teneur en sels dans le sol sous céréale.

Les résultats ont montré que dans notre expérience, il y a une relation claire entre le  $C_{\text{microbien}}$  et la teneur en carbone.

Quant à l'effet de l'humidité, Geisseler et Horwath (2009) [41] ont trouvé une corrélation positive et significative entre l'humidité du sol et la taille de la biomasse microbienne dans différents systèmes de culture. Cette constatation est en concordance parfaite avec nos résultats.

### 3.2.3. Activité enzymatique

L'activité de la  $\beta$ -glucosidase a été stimulée dans les sols cultivés comparativement à celui non encore mis en culture et a varié d'un sol à un autre. Les valeurs obtenues pour l'activité de la  $\beta$ -glucosidase sont comprises entre 0,137 - 0,376  $\mu\text{g}$  de glucose.g<sup>-1</sup> de sol sec. L'amplitude des réactions obtenues pour ce paramètre suit la teneur en matière organique dans les cinq sols dans l'ordre LUZ > PHO > CER > SERR > SN. Cette relation a été observée par plusieurs autres auteurs [42].

La faible activité enzymatique enregistrée dans le sol sous serre (CPSS) est probablement due à l'application des pesticides. En effet, selon Kalia et Gosal (2011) [22], plusieurs enzymes microbiennes du sol sont entravées ou touchées par l'application des pesticides dans le sol.

Le sol CER présente, également, une activité enzymatique relativement faible. En effet une augmentation de la salinité ou la teneur en sodium du sol inhibe l'activité de plusieurs activités enzymatiques dans le sol [23]. Le stress salin induit des changements dans les activités enzymatiques du sol ; cet effet négatif est encore plus grand sur les hydrolases (phosphatase et  $\beta$ -glucosidase) [23]. La baisse de l'activité enzymatique avec l'augmentation de la salinité semble également être lié au changement dans le potentiel osmotique du sol en raison des concentrations plus élevées de sel et la toxicité spécifique d'ions [43].

L'activité  $\beta$ -glucosidase est forte dans le sol LUZ suivi par le sol PHO par rapport aux autres sols cultivés et est presque nulle dans le sol nu. Ceci peut être attribué au  $C_{\text{microbien}}$  élevé en raison de la teneur en matière organique susceptible de promouvoir la croissance et l'activité des micro-organismes. Les résultats obtenus montrent que cette activité est effectivement corrélée positivement avec le rapport  $C_{\text{microbien}}$ . Comme pour la biomasse microbienne du sol et la respiration du sol, plusieurs auteurs démontrent que les activités enzymatiques sont positivement corrélées avec la teneur en matière organique [44].

## 4. CONCLUSION

L'application de diverses mesures physico-chimiques et microbiologiques et à des échantillons d'un même type de sol mais provenant de parcelles sous différents systèmes de culture permet de tirer quelques premiers enseignements quant aux critères les plus pertinents pour juger de l'état microbiologique des sols oasiens. La numération des groupes microbiens dans l'ensemble des sols étudiés révèle que les bactéries présentent une supériorité numérique par rapport aux champignons à cause de leur grand pouvoir d'adaptation et de multiplication. Les résultats des dénombrements microbiologiques laissent apparaître des variations entre les sols en nombre de germes avec des valeurs maximales pour le sol LUZ suivi par le sol PHO ensuite le sol SERR et le sol CER et enfin le sol SN. Les sols cultivés renferment un potentiel riche en microorganismes par rapport au sol nu. L'application des traitements phytosanitaires sous serre a probablement affectée la flore microbienne du sol, ce qui affecte indirectement la fertilité microbiologique du sol. Une diminution de la densité des microbes se produit par l'application des pesticides. En particulier, une diminution des bactéries plus évidente. Cependant, les champignons sont mieux capables de développer une certaine adaptation à l'application des pesticides, et ainsi avoir la capacité de se développer et de se multiplier. Il s'ajoute à ça l'effet de la salinité qui a marqué la faible densité microbienne dans le sol sous

céréale. Les valeurs relatives au  $C_{\text{microbien}}$  montrent que ce paramètre est plus élevé en sol cultivés par rapport au sol nu avec une prédominance pour le sol LUZ ce qui est confirmé par le dénombrement microbien. Les valeurs obtenues pour l'activité de la  $\beta$ -glucosidase sont comprises entre 0,137 et 0,376  $\mu\text{g}$  de glucose.g-1 de sol sec. L'amplitude des réactions obtenues pour ce paramètre suit la teneur en matière organique dans les sols étudiés.

## REFERENCES

- [1] Doran J.W., 2002. Soil health and global sustainability: Translating Science into Practice. *Agric. Ecosyst. Environ.* 88, 119–127.
- [2] Arshad M.A., Martin S., 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro ecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 88,153–160.
- [3] Gregorich, E.G., Carter, M.R., Angers, D.A., Monreal, C.M., Ellert, B.H. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soils.* 74, 367–385.
- [4] Raiesi F. 2007. The conversion of overgrazed pastures to almond orchards and alfalfa cropping systems may favor microbial indicators of soil quality in central iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121,309– 318.
- [5] Bouammar B., 2000. Les changements dans l'environnement économique depuis 1994 et leur effet sur la rentabilité économique et financière des Neo-exploitations de la région de Ouargla. Thèse de Mag., INA, Alger .124p.
- [6] Hamdi-Aïssa B., Girard M.C., 2000. Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. *Sécheresse*, 3, 179-188.
- [7] Vance E.D., Brookers P.C., Jenkinson D.S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil biology & biochemistry* 19, 703-707
- [8] Tabatabai M.A., 1994. Soil enzymes. p. 835–864. In R.W. Weaver et al. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties.* SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI
- [9] Le Clech B., 2000 .Agronomie « des bases aux nouvelles orientations ».Edition Synthèses Agricole.Bordeaux.260p.
- [10] Duchaufour P., 1984. Abstract of soil science. Masson-edition. 220. (In French)
- [11] Henin S., Gras R. et Monnier G., 1969. Le profil cultural. Masson, 28<sup>ème</sup> édition.
- [12] Bouthier A., Pelosi C., Villenave C., Peres G., Hedde M., Ranjard L., Vian J. F., Peigne J., Cortet J., Bispo A., Piron D., 2014. Impact du travail du sol sur son fonctionnement biologique. In book: Faut-il travailler le sol ?, Chapter: Impact du travail du sol sur son fonctionnement biologique, Publisher: Quae, Editors: Quae, Arvalis. pp. 85- 108.
- [13] Sorensen L., 1997. The rhizosphere as a habitat for soil microorganisms. In: Van Elsas J.D, Trevors I. T. & Wellington E. M. H. (eds) *Modern soilmicrobiology.* Marcel Dekker, INC. New York. 21-45.
- [14] Bottner P., 1985. Response of microbial biomass to alternate moist and dry conditions in a soil incubated with  $C^{14}$ - and  $N^{15}$  labelled plant material. *Soil Biol. Biochem.*, 17,329-337.
- [15] Griffiths B. S., Bonkowski M., Dobson G. & Caul S.,1999. Changes In soil microbial community structure in the presence of microbial-feeding nematodes and protozoa. *Pedobiologia* 43,297-304.
- [16] Bartra L., et Monna M.C., 1997. Dehydrogenase activity and microbial biomass in salt-affected soil of semi –arid regions. *Arid soil research rehabilitation.* Edit: Taylor et Francis, 11,295-303.
- [17] Mokrane S., Bouras N., Sabaou N., Mathieu F., 2013. Actinomycetes from saline and non-saline soils of Saharan palm groves:Taxonomy, ecology and antagonistic properties. *African Journal of Microbiology Research.* Vol. 7(20), 2167-2178,

- [18] Moreno B., Garcia-Rodriguez S., Canizares R., Castro J., et Benitez E., 2009. Rainfed olive farming in southeastern Spain: Long-term effect of soil management on biological indicators of soil quality. *Agri. Ecosyst. Environ.* 131,333–339.
- [19] Duchaufour P., 2001. Introduction à la science du sol. 6ème édition de l'abrégé de pédologie. Dunod. Ed. Masson. Paris. 314p.
- [20] Campbell R., 1985. Plant microbiology. ARNOLD ed., Londres, 191 p.
- [21] Araujo ASF, Monterio RTR. et Abarkeli R.B. 2003. Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. *Chemosphere.* 52:799–804.
- [22] Kalia A., Gosal S.K., 2011. Effect of pesticide application on soil Microorganisms. *Arch. Agron. Soil. Sci.* 57 (6), 569-596.
- [23] Singh K., 2015. Microbial and enzyme activities of saline and sodic soils. *Land degradation & development.* DOI: 10.1002/ldr.2385.
- [24] Yuan B.C., Li Z.Z., Liu H., Gao M., Zhang Y.Y., 2007. Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions. *Applied Soil Ecology* 35,319–328.
- [25] Meklat A., Bouras N., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Schumann P., Spröer C., Klenk H. P., Sabaou N., 2012. *Actinopolyspora algeriensis* sp. nov., a novel halophilic actinomycete isolated from a Saharan soil. *Extremophiles*, 16 (5), 771-776.
- [26] Sabaou N., 1988. Contribution à l'étude des Actinomycètes des sols des palmeraies algériennes : systématiques et écologie. Thèse Doctorat. Es, Sci, nat, Univ, Alger, 191p.
- [27] Dommergues Y. et Mangenot F., 1970. Ecologie microbienne du sol [Microbial ecology of soil]. Masson and Cie editors, Paris, 796 p.
- [28] Legras M., Gangneux C., Bailleul C., Dur Jeanne C., Le pelletier P., Mougin C. et Laval K., 2007. La biomasse fongique des sols agricoles. Influence des caractéristiques physicochimiques des sols et conséquences d'une pollution cuivrique. Journées Nationales de l'Etude des Sols, 3-4-5 avril 2007, Angers.
- [29] Oustani M., 2006. Contribution à l'étude de l'influence des amendements organique (fumier de volailles et fumier de bovins) sur l'amélioration des propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions sahariennes (cas d'Ouargla). Mémoire de magister, Université de Ouargla, 187p.
- [30] Kilbertus G., Reisinger O., 1975. Dégradation du matériel végétal. Activité in vitro et in situ de quelques microorganismes, *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 12, 347–358.
- [31] Arpin A., Kilbertus G., Ponge J.F., Vannier G., 1980. Importance de la microflore et de la microfaune en milieu forestier. *Pesson P. Actualités d'écologie forestière : sol, ore, faune*, Gauthier-Villars, 87-150.
- [32] Ali-Haimoud A., Amir H., Bounaga D, Chami M. et Djellali N., 1980. Contribution à l'étude de l'activité microbiologique de quelques sols de la sebkha de boughzoul (Hauts plateau algérois). *Physiol. Vég.* Gauthier- Villars. Montreuil, 18 (1), 19-33.
- [33] Muhammad S, Muller T, Joergensen RG. 2006. Decomposition of pea and maize straw in Pakistani soils along a gradient in salinity. *Biology and Fertility of Soils* 43,93–101.
- [34] Karabi M., Hamdi Aissa B., Zenkhri S., 2016. Microbial diversity and organic matter fractions under two arid soils in Algerian Sahara. *AIP Conference Proceedings* 1758, 030006, doi: 10.1063/1.4959402
- [35] Gawar A., 1999. *microbiologie des sols.* 64, 26-63.
- [36] Mandic L, Dragutin Dukic D, Dordevic S. 2005. Soil fungi as indicators of pesticide soil pollution. *Proc Natl Sci Matica Srpska Novi Sad.* 109,97–102.
- [37] Morel R., 1996. *Les sols cultivés*, 2<sup>ème</sup> Ed INRA. Paris.
- [38] Davet P., 1996. *La vie microbienne dans le sol et la production végétale*, INRA, Edit, Paris, 383 p.
- [39] Huber G. et Schaub C., 2011. *Guide des fertilisations Azotés utilisables en Bio*, Paris, 14 p.

- [40] Salducci X., 2007. Qualité des matières organiques des sols : une nouvelle génération d'analyses de routine. 8èmes journées de la fertilisation raisonnée et de l'analyse de terre GEMAS-COMIFER, 1- 9.
- [41] Geisseler D., Horwath W.R., 2009. Short-term dynamics of soil carbon, microbial biomass, and soil enzyme activities as compared to longer-term effects of tillage in irrigated row crops. *Biology and Fertility of Soils* 46, 65–72.
- [42] Mbonigaba Muhinda J.J., Nzeyimana I., Bucagu C., Culot M., 2009. Caractérisation physique, chimique et microbiologique de trois sols acides tropicaux du Rwanda sous jachères naturelles et contraintes à leur productivité. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2009 13(4), 545-558.
- [43] Zahir Z.A., Malik MAR., Arshad M., 2001 Soil enzymes research: a review. *Online Journal of Biological Science* 1, 299–307.
- [44] Garcia-Gil J.C., Plaza C., Soler-Rovira P. et Polo A., 2000. Long-term effects of municipal solid waste composts application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.*, 32, 1907-1913.

# BIOCONTROLE DE LA POURRITURE RACINAIRE CAUSEE PAR *Bipolaris sorokiniana* ET PROMOTION DE LA CROISSANCE DU BLE DUR (*Triticum durum*. DESF) PAR DES ACTINOBACTERIES RHIZOSPHERIQUES

**ALLALI K.<sup>1,2</sup>, BOUKAYA N.<sup>1,2</sup>, GOUDJAL Y.<sup>1,2</sup>, ZAMOUM M.<sup>1,2</sup>, BOUZENADA K.<sup>1</sup>, SABAOU N.<sup>1</sup>, ZITOUNI A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (LBSM), Ecole Normale Supérieure de Kouba, Alger, Algérie.

<sup>2</sup>Département d'agronomie, Faculté des Sciences, Université Amar Telidji, Laghouat, Algérie.  
[allalikhadidjaagro@gmail.com](mailto:allalikhadidjaagro@gmail.com)

**Résumé :** ce travail vise l'utilisation de six isolats d'actinobactéries rhizosphériques isolés de sols sahariens dans le biocontrôle de *Bipolaris sorokiniana* et dans la promotion de la croissance des plantules de blé dur. La détermination in vitro de l'activité antifongique vis-à-vis de *B. sorokiniana* et des caractéristiques physiologiques et enzymatiques (la production de l'acide indole-3-acétique, des siderophores, et la solubilisation des phosphates inorganiques) ont permis de sélectionner deux isolats d'actinobactéries (MB 29 et ZS1) pour un essai de biocontrôle in vivo en sol stérilisé et non stérilisé et ce en comparaison avec un fongicide systémique (Difenoconazole). Les résultats obtenus montrent que la souche *Saccharothrix longispora* MB29 présente l'activité antifongique la plus élevée. En outre, elle a diminué significativement ( $P < 0.05$ ) l'incidence de la maladie comparativement à la souche *Streptomyces* sp. ZS1. Cependant, une différence non significative a été observée en comparaison avec le Difenoconazole. La souche *S. longispora* MB29 montre une capacité de promouvoir la croissance des plantules de blé dur.

**Mots clés :** actinobactéries, biocontrôle, *Bipolaris sorokiniana*, *Saccharothrix longispora* MB29, blé dur.

## المكافحة البيولوجية لمرض تعفن الجذور المتسبب بـ *Bipolaris sorokiniana* وتعزيز نمو نبات القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) بواسطة بكتيريا هيفية معزولة من تربة صحراوية جزائرية

**ملخص :** الإنتاج الوطني للقمح الصلب هو أقل من إمكاناته، ويتم تحقيق التحسن من خلال السيطرة على الأمراض الرئيسية خاصة مرض اتعفن الجذور المتسبب بـ *Bipolaris sorokiniana* بواسطة طرق مكافحة فعالة و تحترم البيئة. تهدف هذه الدراسة لاختبار ستة أنواع من البكتيريا الهيفية معزولة من تربة صحراوية جزائرية من أجل المكافحة البيولوجية لمرض تعفن الجذور المتسبب بـ *Bipolaris sorokiniana* وتعزيز انبات بذور ونمو نبات القمح الصلب. تعيين النشاط البكتيري المضاد للفطر والخصائص الفيزيولوجية و الانزيمية للبكتيريا في المختبر (انتاج حمض الإندول 3-أسيتيك، مخلبيات الحديد و القدرة على إذابة الفوسفات الغير ذائب) سمحت لنا باختيار معزولين من البكتيريا الهيفية ( MB29 و ZS1) من أجل اختبار المكافحة البيولوجية في البيت البلاستيكي في تربة معقمة و اخرى غير معقمة مقارنة بمبيد الفطريات (Difenoconazole). النتائج المحصل عليها اثبتت ان المعزولة *Saccharothrix longispora* MB29 كان لها نشاط مضاد للفطر اكبر و انقصت الاصابة بمرض تعفن الجذور ( $P < 0.05$ ) مقارنة بالمعزولة *Streptomyces* sp. ZS1 و لا يوجد هناك فرق بينها و بين Difenoconazole. المعزولة *Saccharothrix longispora* MB29 اثبتت قدرتها على تعزيز نمو نبات القمح الصلب.

**كلمات دالة :** بكتيريا هيفية، المكافحة البيولوجية، *Bipolaris sorokiniana*، *Saccharothrix longispora* MB29، القمح الصلب.

## 1. INTRODUCTION

L'inquiétude envers les maladies phytopathogènes devient de plus en plus grave du fait de l'extension des cultures intensives [1]. Les microorganismes pathogènes et surtout les champignons telluriques, sont difficiles à contrôler, parce qu'ils peuvent survivre dans le sol pour de longues périodes [2]. L'utilisation répétée des fongicides entraîne souvent la pollution de l'environnement et l'apparition de souches résistantes, et augmente la quantité des résidus pesticides sur les fruits en provoquant un risque d'apparition des maladies graves pour l'être humain [3]. Une recherche sérieuse est nécessaire pour identifier des méthodes alternatives pour la protection des végétaux, qui sont moins dépendantes des produits chimiques et sont plus respectueux à l'environnement [4]. Les actinobactéries sont connus pour leur production de métabolites bioactifs. Leur capacité à coloniser la rhizosphère et les racines des plantes, à

contrôler les microorganismes phytopathogènes et à former des spores adaptées pour la formulation de produits stables, sont des caractères important pour la réussite du biocontrôle [5].

L'objectif de notre étude vise l'étude des isolats d'actinobactéries endophytes et rhizosphériques dans le biocontrôle de *Bipolaris sorokiniana* et dans la promotion de la croissance des plantules de blé dur variété vitron.

## 2. MATERIELS ET METHODES

Les souches d'actinobactéries utilisées dans cette étude ont été isolées de plantes spontanées sahariennes [6] et de sols sahariens (collection de LBSM de Kouba, Alger, Algérie).

- L'activité antifongique des souches des souches d'actinobactéries a été évalué par la méthode des stries croisées vis-à-vis le champignon cible sur le milieu ISP2.
- Les souches d'actinobactéries les plus actives ont été choisies pour une étude plus détaillée de ses caractéristiques physiologiques et enzymatiques: la production de l'acide indole-3-acétique, de l'acide cyanhydrique (HCN), des sidérophores, l'activité chitinolytique, et la solubilisation des phosphates inorganiques.
- Les souches d'actinobactéries retenues à l'issu de l'activité antifongique ont fait l'objet d'un screening in vivo en sol stérilisé et non stérilisé et ce en comparaison avec un fongicide systémique de synthèse chimique (Difeconazole).

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Evaluation *in vitro* de l'activité antifongique des souches d'actinobactéries

D'après les résultats mentionnés dans le tableau 1, les isolats MB29, ZL2 et PT2 ont une action inhibitrice sur le champignon testé, avec une zone d'inhibition supérieure à 20 mm, l'isolat *Saccharothrix longispora* MB29 présente l'activité antifongique la plus élevée où la zone d'inhibition était de 29 mm.

### 3.2. Caractéristiques physiologiques et enzymatiques des souches d'actinobactéries retenues

Les souches	Production de l'AIA	Production de chitinase	Production des sidérophores	Production de l'HCN	Solubilisation des phosphates inorganique		
					PVK a Ca (Po) <sub>3 4 2</sub>	PVK a Al(Po) <sub>4 2</sub>	PVK a Fe(Po) <sub>4 2</sub>
MB29	65.8 ± 1.2	+	+	+	++++	+++	-
ZS1	53.3 ± 1.0	+	+	+	+++	++	-

### 3.3. Biocontrôle in vivo de *Bipolaris sorokiniana*

Les résultats obtenus montrent que la bactérisation des graines de blé dur par les spores de *S. longispora* MB29, a permis de diminuer significativement l'incidence de la pourriture racinaire (  $P < 0,05$ ) avec des valeurs allant de 38 % (en sol stérilisé ) et de 26,4% (en sol non stérilisé), des différences non significatives sont observées entre et le Difeconazole et les l' isolat *S. longispora* MB29, la bactérisation des graines par les spores de *S. longispora* MB29 améliore le poids sec, la longueur des tiges et des racines des plantules de blé dur.

## 4. CONCLUSION

La souche *S. longispora* MB29 isolée de sols sahariens ouvre des perspectives prometteuses pour une exploration possible dans le domaine du biocontrôle de la pourriture



racinaire causée par *B. sorokiniana* et dans la promotion de la croissance du blé dur.

## RÉFÉRENCES

- [1] Alderman S.C., Coats D.D. and Crowe F.J. (1996). Impact of ergot on Kentucky bluegrass grown for seed in northeastern Oregon. *Plant Dis.* 80, 853-855.
- [2] Tshen J.S.M. (1985). Biological control of plant Diseases by Microorganisms. *Chinese Bioscience.* 26, 33-39.
- [3] Ozbay N. and Newman S. E. (2004). Fusarium crown and root rot of tomato and control methods. *Plant Pathol. J.*, 3, 9-18.
- [4] Prapagdee B., Kuekulvong C. and Mongkolsuk S. (2008). Antifungal potential of extracellular metabolite produced by *Streptomyces hygroscopicus* against phytopathogenic fungi. *Int. J. Biol. Sci.* 4, 330-337.
- [5] Yuan W.M. and Crawford D.L. (1995). Characterization of *Streptomyces lydicus* WYEC 108 as a potential biocontrol agent against fungal root and seed rots. *Appl. Environ. Microb.* 61, 3119-3128.
- [6] Goudjal Y., Toumatia O., Yekkour A., Sabaou N., Mathieu F. and Zitouni A. (2014). Biocontrol of *Rhizoctonia solani* damping-off and promotion of tomato plant growth by endophytic actinomycetes isolated from native plants of Algerian Sahara. *Microbiol. Res.*, 169: 59-65.

# BIODIVERSITE PHENOTYPIQUE ET POTENTIALITE SYMBIOTIQUE DES RHIZOBIA NODULANT *l'Arachis hypogaea* L. CULTIVÉ DANS LES SOLS SAHARIEN.

**ATTAB S., BISSATI S., AZIB S.**

*Université KASDI Merbah Ouargla, Laboratoire des Bioressources Sahariennes, Valorisation et Préservation, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Ouargla 30000 Algérie.*

[saraatt@yahoo.fr](mailto:saraatt@yahoo.fr)

**Résumé :** L'évaluation de la biodiversité symbiotique de 48 bactéries isolées à partir des nodosités de *l'Arachis hypogaea* L. cultivée à Ghardaïa, a permis d'une part, de déterminer le niveau de variabilité phénotypique des souches isolées et d'autre part, d'évaluer le comportement des bactéries face aux différentes conditions environnementales prédominantes dans les sols sahariens.

L'analyse de la vitesse de croissance des souches isolées, a révélé une variabilité entre elles ; celles à croissance rapide, moyenne et lente. Ce résultat explique qu'il s'agit probablement d'espèces rhizobiennes différentes.

La caractérisation phénotypique a mis en évidence une limite de tolérance de ces souches variant respectivement de 160 à 640 mM pour le NaCl et de 4 à 45°C pour la température. L'antibiogramme a révélé une importante résistance des souches aux 12 antibiotiques testés avec (86,20%), (87,93 %) (62,06%) et pour Amp, Peni Chl respectivement. Cette antibiorésistance intrinsèque est un signe de compétitivité des souches avec d'autres populations microbiennes dans le sol.

En revanche, l'évaluation de l'efficacité symbiotique des isolats testés, en association avec l'arachide, a permis d'identifier 45 souches particulièrement infectives. Parmi ces dernières 44 souches effectives dont 14 classées comme hautement symbiotiques.

**Mots clés :** rhizobia, caractérisation phénotypique, inoculation, fixation d'azote, archide, Sahara.

## التنوع البيولوجي والقدرات التكافلية الريزوبيا المتعايشة في العقد الجذرية للفاول السوداني المزروع في التربة الصحراوية.

**ملخص :** سمح تقييم التنوع البيولوجي التكافلي لـ 48 بكتيريا معزولة من عقيدات للفاول السوداني المزروع في غرداية، من ناحية، لتحديد مستوى التباين المظهري للسلاسل المعزولة ومن ناحية أخرى، لتقييم سلوك البكتيريا فيما يتعلق بالظروف البيئية المختلفة السائدة في التربة الصحراوية. أظهر تحليل معدل نمو السلاسل المعزولة وجود تباين فيما بينها. تلك ذات النمو السريع والمتوسط والبطيء. وتفسر هذه النتيجة أنه من المحتمل أن تكون أنواع بكتيرية مختلفة.

أظهر التوصيف المظهري لهذه السلاسل أنه باستطاعتها النمو في وسط يحتوي على كمية تتراوح ما بين 160-640 ميلي مول من كلوريد الصوديوم ودرجة الحرارة 4-45.

في حين بينت الدراسة مقاومة كبيرة من السلاسل لـ 12 مضاد حيوي مختبر بنسبة (86.20%) (87.93%) (62,06%) لكل من البيبنيسيلين، الأميسيلين و الكلوروفينيكول على التوالي. هذه المقاومة الجوهرية المضادات الحيوية هي علامة على القدرة التنافسية للسلاسل مع السكان الميكروبات الأخرى المتواجدة في التربة. في حين، أن اختبار تقييم كفاءة العزلات التكافلية في التعايش مع الفول السوداني، بين وجود 45 سلاسل المعدية بشكل خاص. من هذه 44 سلالة فعالة من بينها 14 تصنف على أنها جد فعالة في تثبيت الأزوت.

**كلمات دالة:** ريزوبيا، التوصيف المظهري، التلقيح، تثبيت النيتروجين، الصحراء

## 1. INTRODUCTION

Les zones arides et semi arides couvrent approximativement quatre dixième des régions terrestres du monde. Selon la FAO (1993), 66% de ces zones écologique se situent sur le continent Africain. En Algérie, l'étage bioclimatique saharien couvre 89.5% de la superficie globale [1].

Le sol constitue un support pour différents cycles d'échanges d'énergie et de transfert de substances entre les différentes entités qu'il abrite. Les sols sahariens, généralement pauvres en matière organique, été considérés comme des milieux stériles, mais les travaux d'exploitation ont montré qu'il existe des espèces microbiennes, qui s'adaptent aux différents

systèmes culturaux [2, 3]. Dans ces sols, la production agricole et les rendements des cultures sont largement tributaires de la disponibilité en eau et en azote.

Les associations symbiotiques fixatrices d'azote sont très diversifiées et sont responsables de près de la moitié de la fixation biologique d'azote moléculaire du globe [4]. Les bactéries symbiotiques fixatrices d'azote, bien que constituant sur le plan morphologique et écologique, un groupe assez homogène, offrent cependant une certaine variation dans l'aptitude à réaliser la symbiose avec les différentes Fabaceae [5].

L'exploitation de cette symbiose dépend de nos connaissances, non seulement sur le couple plante-bactérie, mais aussi sur le couple bactérie-sol, dont l'identification de la bactérie symbiotique constitue un préalable à toute application de ces microorganismes telluriques dans ces milieux [6, 7].

L'arachide (*Arachis hypogaea* L.) est l'une des plus importantes oléagineuses cultivées dans le monde, notamment dans les régions arides et semi-arides de l'Afrique. Son succès est lié à ses nombreuses utilisations alimentaires et fourragères [8]. Sa culture prend de l'ampleur en Algérie où elle est cultivée dans plusieurs wilayas de l'Est (Taref, Guelma et Skikda), Sud Est (Guardaia et El oued) et le Sud Ouest (Adrar) [9]. C'est une légumineuse qui peut utiliser l'azote atmosphérique en association symbiotique avec les rhizobiums, pouvant fournir jusqu'à 30% de l'azote nécessaire à la plante, ce qui permet en effet de limiter les apports d'engrais azotés, coûteux et polluants, dans les écosystèmes cultivés mais aussi assurer le maintien de la fertilité des sols dans les milieux naturels. Cependant, la quantité d'azote fixé est influencée par plusieurs facteurs : la souche bactérienne, la plante hôte et les conditions du milieu [8].

L'introduction d'inoculum n'a souvent été d'aucun effet sur l'augmentation du rendement de certaines cultures de légumineuses à cause de la grande compétitivité avec les souches des rhizobia indigènes. Ces derniers représentent donc un réservoir important dans un environnement donné grâce à la résistance qu'ils ont développée au fil du temps pour survivre et persister [10].

Ainsi, l'exploitation effective de la fixation symbiotique de l'azote pour l'amélioration de la production agricole exige non seulement la sélection du meilleur cultivar hôte mais également que la population des rhizobia natifs soit correctement et suffisamment caractérisée.

## **2. MATERIEL ET METHODES**

### **2.1. Isolement des bactéries**

La collecte des nodules est réalisée par deux méthodes soit directement à partir des racines de l'arachide cultivée dans wilaya de Ghardaïa, principalement les régions de Sebseb et El Mansoura, soit par piégeage des rhizobia présente dans le sol cultivé par l'arachide, selon les techniques préconisées par [11, 12].

L'isolement a été réalisé selon la méthode de [11], sur milieu Yeast-Mannitol-Agar. Les boîtes sont incubées de 3 à 7 jours à 28°C.

### **2.2. Caractérisation phénotypique et physiologique des isolats**

Afin d'identifier les bactéries isolées, nous avons procédé à une coloration de Gram permettant de mettre en évidence les propriétés de la paroi bactérienne.

Après purification des bactéries selon la technique de [11] et incubation à 28°C pendant 4 à 7 jours, une analyse visuelle de l'aspect des colonies a été faite [13]. Les critères choisis sont relatifs à la forme, la taille et la consistance des colonies.

En vue d'évaluer la vitesse de croissance et absorption du rouge Congo, les isolats, après purification, ont été cultivés sur milieu YMA + bleu de bromothymol 0,005% et sur YMA + rouge Congo 0,0025% et incubés à l'obscurité à 28°C jusqu'à 7 jours selon [12].

Les tolérances aux facteurs de stress à savoir la température et la salinité ont été effectués par culture des souches en milieu liquide dans des tubes contenant 5 ml d'une solution YEM liquide et inoculée par une pré-culture en phase exponentielle. Trois répétitions ont été réalisées pour chaque type de stress.

La tolérance des souches à la salinité, a été testée sur YMB avec différentes concentrations de NaCl [0], [40], [80], [160], [230], [640], [1286]. La capacité des souches à tolérer la température a été réalisée par la mise en culture des isolats aux différentes températures : 4°C, 25°C, 28°C, 37°C, 40°C, 45°C.

Après une incubation à 28°C pendant 3 jours en agitation (150 rpm), la limite de tolérance aux différents stress a été évaluée par mesure de la densité optique (DO) à 600 nm.

### **2.3. Résistance intrinsèque des isolats aux antibiotiques**

La méthode utilisée est basée sur l'observation de la croissance bactérienne en présence des antibiotiques, par diffusion, à partir des disques dans un milieu gélosé. Les différents diamètres des zones d'inhibitions sont mesurés.

Les antibiotiques testés sont : Acide nalidixique , Acide pipemidique , Amikacine, Amoxiciline, Cefataxine, Gentamycine, Lincomycine, Erythromycine, Oxacilline, Pénicilline, Tétracycline , Streptomycine, Kanamycine, Vancomycine. Les boîtes ont été incubées à 28°C pendant 07 jours.

### **2.4. Caractérisation symbiotique**

L'habileté des microorganismes à noduler et à fixer l'azote avec la plante-hôte est un caractère important pour les rhizobies ou bactéries nodulant les Légumineuses (B.N.L.) [14]. Les tests de nodulation ont été conduits dans des jarres traditionnelles de Leonard [11, 15].

Les graines d'Arachide, stérilisées et imbibées ont été semées dans les jarres à raison de 3 graines par jarre à 3cm de profondeur. L'irrigation a été pratiquée 3 fois par semaine par l'eau distillée jusqu'à la germination. Les jarres ont été ensuite inoculées avec 2ml de la suspension bactérienne cultivée sur milieu YMB de 3 jours à 28°C, puis placées sous serre.

L'irrigation des jarres a été effectuée aseptiquement avec la solution nutritive Fåhrus[15]. Plusieurs paramètres ont été évalués à savoir : la nodulation, la hauteur des tiges, biomasse sèche aérienne, la teneur en azote total par la méthode Kjeldhal.

## **3. RESULTATS ET DISCUSSIONS**

### **3.1. La caractérisation phénotypique**

Les 48 isolats obtenus ont formé sur le milieu YEM solide des colonies circulaires à ovoïdes de diamètre variable et d'aspect différents. La vitesse de prolifération est variable et les premières colonies apparaissent au bout de 2 jours. Un mucus de consistance coulante et d'aspect translucide a été observé chez les souches à croissance rapide ; alors que celles à croissance plus lente avaient développé une consistance épaisse avec une teinte blanchâtre.

La coloration de Gram a montré que les isolats testés sont des Gram- en forme de bâtonnets de l'ordre de 0,5 à 1 µm de long, ce qui confirme leur appartenance à la Famille des Rhizobiaceae.

L'acidification et l'alcalinisation du milieu YMA a été utilisée comme un outil pour indiquer le caractère général des Rhizobiums. L'acidification du milieu de culture est due à l'excrétion des polysaccharides. En effet, les rhizobiums à forte production de cette gomme acidifient le milieu tandis que les rhizobiums qui en produisent peu, ont tendance à l'alcaliniser [16].

L'acidification, la taille et la forme des colonies nous ont permis de regrouper les isolats en 3 catégories : 27 souches à croissance rapide, 11 souches à croissance lente et 10 souches à croissance intermédiaire. Les souches à croissance rapide sont considérées,

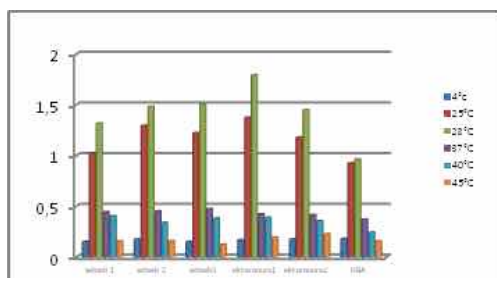
généralement, comme des bactéries acidifiantes. Par conséquent, elles devraient changer la coloration du BTB vers le jaune contrairement aux souches à croissance lente qui sont considérées comme des bactéries qui alcalinisent le milieu de culture. [13,17] ont rapporté que 80% des souches testées de *Rhizobium* et d'*Agrobacterium* ont pu donner des réactions positives avec le YEM + BTB, alors que les souches de *Bradyrhizobium* ont toutes donné des réactions négatives.

### 3.2. Effet de la température et de la salinité

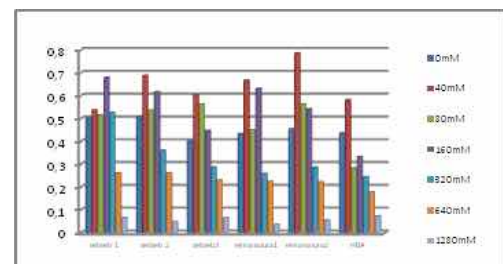
La plupart des souches de la collection tolèrent des températures variant de 4 à 45°C. La majorité des souches se sont développées aux températures 37 et 40°C. Cependant, nous avons enregistré une baisse de la croissance des souches à 45°C.

La figure 1 montre que toutes les souches présentent une bonne croissance entre 25°C et 37°C. Les souches thermo-tolérantes peuvent ne pas croître à une température élevée déterminée (40 et 45°C) mais peuvent plutôt survivre à un rythme très ralenti. La température 28°C est considérée comme une température optimale pour l'obtention d'une croissance potentielle avec un temps de génération rapide. [18,19] suggèrent que la température idéale pour la croissance rhizobienne est de 28°C pour la croissance de l'espèce *Mesorhizobium ciceri*. Les souches rhizobiales isolées par [20] peuvent également croître à 4°C et à résistent des températures très élevée de 40°C à 44°C.

Plusieurs études ont rapporté que les rhizobia d'arbres légumineux ont l'aptitude de tolérer une température de 40°C [21, 22]. Néanmoins, [23] ont montré que quelques souches de *Rhizobium phaseoli* peuvent tolérer des températures de 45°C à 47°C. Ces mêmes auteurs [24] ont rapporté que même si ces souches peuvent bien tolérer les hautes températures, elles perdent en revanche leur capacité infective.



**Figure 1.** Variations de la tolérance des souches à différentes températures (°C)



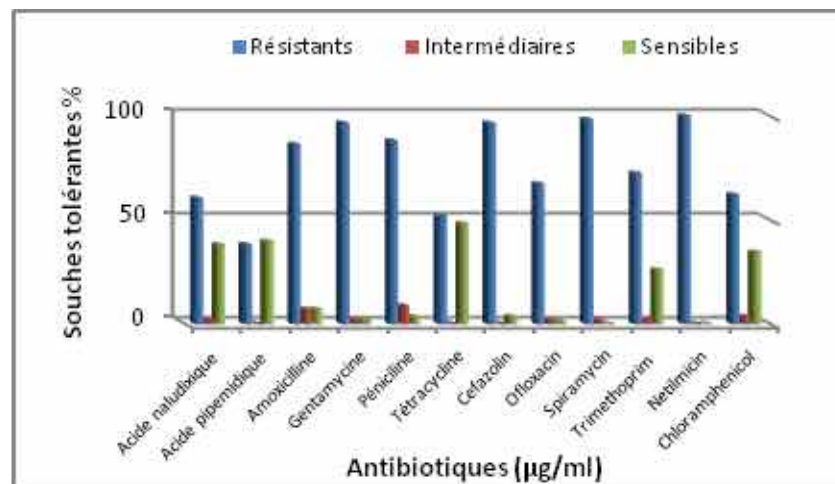
**Figure 2.** Variations de la tolérance des souches à différentes concentrations de NaCl

La majorité des souches présentent une bonne tolérance à la salinité. Les isolats ont montré une large variabilité d'halotolérance d'une station à une autre et d'une souche à une autre. Les meilleures valeurs de croissances ont été obtenues pour les concentrations 0, 40, 80 et 160 mM d'NaCl. Pour les concentrations 320 et 640 mM d'NaCl, la croissance des souches a diminué progressivement en fonction de l'augmentation de la concentration en sel.

Cependant, la croissance a été fortement affectée par la concentration de 1280 mM d'NaCl, pour toutes les souches. Ces résultats vont avec ceux de [25] qui ont montré que la sensibilité des souches de rhizobium à la salinité varie d'une souche à une autre. Ainsi, la tolérance au sel qui caractérise les souches étudiées pourrait être en rapport avec le taux de salinité du site d'isolement. Un résultat similaire a été rapporté par [26], pour des souches de *Mesorhizobium nodulant* le pois chiche au Maroc et par [27] pour des souches nodulant l'*Acacia* en Libye.

### 3.3. Résistance intrinsèque aux antibiotiques

De manière générale, les isolats ont exhibé une grande résistance aux antibiotiques testés.



**Figure 3.** Résistance intrinsèque des isolats nodulant l'arachide aux différents types d'antibiotiques

Il ressort des résultats ( Fig. 3) que les isolats ont montré une résistance bien marquée aux antibiotiques de la famille des  $\beta$  lactame: Pénicilline ( 90%) et Spiramycine ( 98%). Les souches se sont montrées plus résistantes au Netilmicine, à Cefazolin et à la Chloramphénicol, avec des pourcentages de résistance de 100%, 96.55% et 62.06% respectivement. Par ailleurs, une sensibilité a été plus marquée avec l'Acide pipemidique et l'acide nalidixique. [14] ont rapporté que l'effet inhibiteur d'un antibiotique dépend de sa nature et de sa concentration dans le milieu et que le degré d'inhibition est variable d'une espèce à une autre et d'une souche à une autre. [13] a montré que les souches à croissance rapide sont plus sensibles à la tétracycline et à la streptomycine alors que les Bradyrhizobia sont plus résistants aux antibiotiques. Le même résultat a été rapporté par [28].

### 3.4. Caractérisation Symbiotique

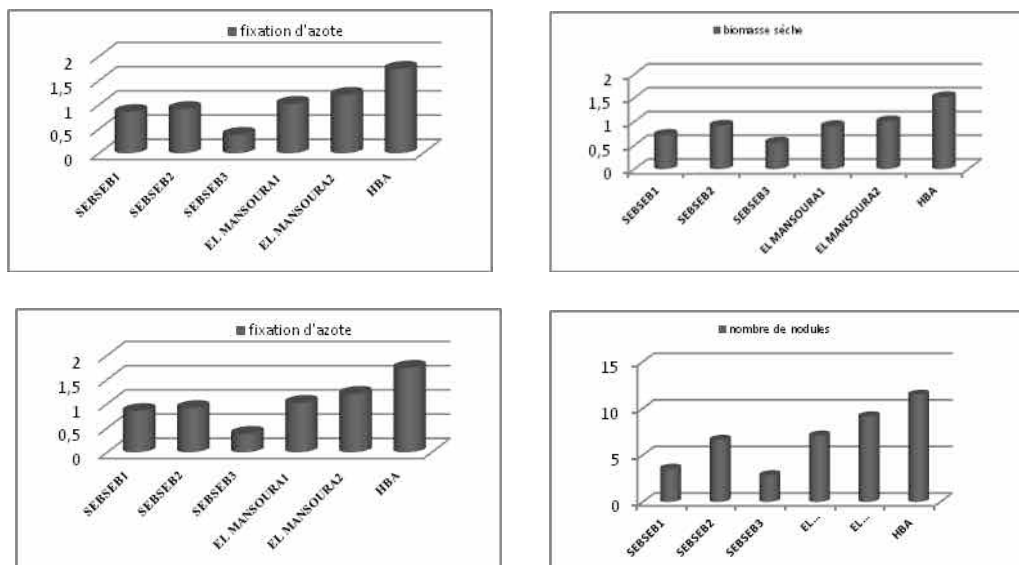
Cette caractérisation a été effectuée afin d'évaluer la diversité des souches, associées à l'arachide par leur potentiel infectieux et fixateur, afin de repérer les souches les plus efficaces. La capacité symbiotique d'une souche de rhizobiums est évaluée par deux paramètres: son infectivité et son efficacité.

Les résultats obtenus montrent que l'*Arachis hypogaea L.* a pu être nodulé par 45 souches sur 48 souches testées.

La localisation des nodosités sur le système racinaire de la plante a montré également une grande variabilité. Certaines nodosités ont été localisées sur la racine principale alors que la grande majorité ont été plus dense sur les racines latérales. La forme déterminée des nodosités s'est révélée pour toutes les souches.

Une large variabilité de la capacité infective des souches a été mise en évidence. En effet, même si l'inoculation des plantes par les différentes souches rapportait un nombre moyen de bactéries de l'ordre de  $10^8$  b/ml, le nombre moyen des nodosités formées par plante est variable d'une souche à l'autre. La souche la plus infective est la EMA1 de la station d'El Mansoura avec 30 nodosités formées par plante. La souche EP 42, la moins infective, a pu induire la formation de 1 nodule.

Ces résultats sont comparables à ceux trouvés par [29] dans une étude visant à évaluer la diversité et l'efficacité symbiotique des rhizobiums de l'arachide région du sud-est du Brésil.



**Figure 3 :** Variations de la réponse de l'arachide à l'inoculation par les souches des différentes stations

L'effet de l'inoculation sur la croissance des plantes hôtes varie en fonction des souches bactériennes. Les résultats obtenus s'accordent avec ceux trouvés par [10] qui montrent qu'avec toutes les souches, l'inoculation a amélioré favorablement le développement des parties aériennes par rapport aux témoins. Cette augmentation a été constatée également par [30] pour l'arachide et [26] chez le pois chiche.

Les isolats étudiés montrent une grande variabilité par rapport à leur efficacité symbiotique. La biomasse sèche aérienne des plantes varie selon l'inoculant de 0,501 à 2,023 g/plante. Toutefois, les résultats suggèrent un effet positif de la nodulation sur la croissance. En effet, la comparaison des résultats de croissance végétale et de nodulation montre qu'en moyenne la station où la nodulation des plantes est la plus élevée est également celle pour laquelle la biomasse aérienne est la plus importante.

Toutes les souches testées ont permis un gain en matière sèche supérieur à celui de T0 (0,501g/plante). En moyenne, les souches de HBA et celles d'El Mansoura sont les plus efficaces avec (1,517 g/plante) et (1,013 g/plante). La variabilité de l'efficacité symbiotique entre les isolats a été notée aussi lors de l'évaluation des cultures de rhizobium de diverses espèces de légumineuses tropicales [31, 32]. L'ensemble des données obtenues montre que les rhizobia testés ont pu fixer l'azote, qui se traduit par un apport en moyenne de 0,94% du poids sec chez toutes les souches par rapport au témoin non inoculé T0 (0,14%). Les teneurs moyennes les plus élevées sont marquées par les souches de HBA et El Mansoura.

#### 4. CONCLUSION

La caractérisation phénotypique des différentes souches nodulant l'arachide permet de démontrer l'existence de variations phénotypiques entre les souches rhizobiales et de sélectionner celles qui présentent une bonne capacité de fixation de l'azote atmosphérique en conditions de culture stressantes, comme la salinité, la sécheresse et la température pour la production d'inoculum.

**REFERENCES**

- [1] Nedjraoui D., 2001.- Profil fourrager en Algérie. <http://www.fao.org/AG/AGP/agpc/doc/counprof/Algeria/Algerie.htm>.
- [2] Karabi M., Hamdi Aissa B., Zenkhri S., 2016.- Microbial diversity and organic matter fractions under two arid soils in Algerian Sahara. AIP Conference Proceedings 1758, 030006, doi: 10.1063/1.4959402.
- [3] Bazzine M., Hamdi Aissa B., 2014.- Etude des croûtes biologiques de quelques sols gypseux et salins du milieu saharien: cas de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional est algérien). *Algerian journal of arid environment*. vol. 4, n° 1, Juin 2014: 45-52p.
- [4] de Faria S.M., Lewis G.P., Sprent J.I., Sutherland J.M., 1989. - Occurrence of nodulation in the leguminosae. *New Phytologist*, 111: 607-619.
- [5] Dupuy N., 1993.- Contribution à l'étude de la symbiose fixatrice d'azote entre *Acacia albida* et *Bradyrhizobium* sp. Thèse de Doctorat de l'Université de Lille - Flandres Artois. pp 158.
- [6] Dommergues Y., Duroux E., Diem H.G., 1999.- Les arbres fixateurs d'azote: caractéristiques fondamentales et rôle dans l'aménagement des écosystèmes méditerranéens et tropicaux. Editions espaces 34(CIRAD, FAO,IRD). 499p.
- [7] Franco A. A., de Faria S. M., 1997.- The contribution of N<sub>2</sub> fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. *Soil Biol. Biochem.* 29: 897-903.
- [8] Wani S.P., Rupela O P., Lec K.K., 1995.- Sustainable Agriculture in the semi-arid tropic through biological nitrogen fixation in grain legumes. *Plant And Soil* 174, 29-49.
- [9] M.A.D.R., 2007- Ministère d'Agriculture et Développement Rural. Statistiques agricoles. Série B 2006 -2007.
- [10] El Hilali I., Brhada F., Thami Alami I., Filali-Maltouf A., 2003.- Characterization of *Lupinus rhizobia* isolated from Moroccan soils. In "Lupin-high protein plant of XXI century", Sciences Academy of Wroclaw, Pologne N° 495.
- [11] Vincent J. M., 1970. - A Manual for the Practical Study of Root Nodule Bacteria. IBP handbook, no. 15. Blackwell Scientific Publications, Ltd., Oxford, England.
- [12] Somasegaran P., Hoben H.J. 1994.- Handbook for Rhizobia :Methods in legume-Rhizobia technology . Springer-Verlag.new York, p 450.
- [13] Jordan D.C., 1984.- Family III. Rhizobiaceae. In: N.R. Krieg and J.H. Holt .Ed. Bergey's manual of systematic bacteriology, Vol1, the Williams & Wilkins Co. Baltimore p234-254.
- [14] Graham P. H., Sadowsky M. J., Kersters H. H., Barnett Y. M., Bradley R. S., Cooper J. E., de Ley D. J., Jarvis B. D.W, Roslycky E. B., Strijdom B. W., and Young J. P. W., 1991.- Proposed minimal standards for the description of new genera and species of root-and stem-nodulating bacteria. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 41: 582-587.
- [15] Jensen H. L., 1967 -Mutual host plant relationships in two groups of legume root nodule bacteria (*Rhizobium* spp.). *Arch. Microbiol.* 59: 174-179.
- [16] Zakhia F., de Lajudie P., 2006 - La taxonomie bactérienne moderne : revue des techniques-application à la caractérisation des bactéries nodulants les légumineuses (BNL).*Can.J. Microbio* 152 (3) : 169-181.
- [17] Xu L. M., Ge C., Cui Z., Li J., Fan H., 1995.- *Bradyrhizobium liaoningense* sp. nov. isolated from the root nodules of soybeans. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 45: 706-711.
- [18] Nour, S. M., Cleyet-Marel, J. C., Normand, P., and Fernandez, M. P. 1995.- Genomic heterogeneity of strains nodulating chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and description of *Rhizobium mediterraneum* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 45: 640-648.



- [19] Jarvis, B. D. W., P. van Berkum, W. X. Chen, S. Nour, M. P. Fernandez, J. C. CleyetMarrel, and M. Gillis. 1997.- Transfert of *Rhizobium loti*, *Rhizobium huakuii*, *Rhizobium ciceri*, *Rhizobium mediterraneum*, and *Rhizobium tianshanense* to *Mesorhizobium* gen. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 47: 895-898.
- [20] Wei, G. H., Z. Y. Tan, M. E. Zhu, E. T. Wang, S. Z. Han, and W. X. Chen. 2003.- Characterization of rhizobia isolated from legume species within the genera *Astragalus* and *Lespedeza* grown in the Loess Plateau of China and description of *Rhizobium Loessense* sp. nov. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 53: 1575-1583.
- [21] Zahran H. H., Räsänen L. A., Karsisto K., Lindström K., 1994.- Alteration of lipopolysaccharide and protein profiles in SDS-Page of rhizobia by osmotic and heat stress. *W. J. Microbiol. Biotechnol.* 10: 100-105.
- [22] De Lajudie P., Willems A., Pot B., Dewettinck D., Maestrojuan G., Neyra M., Collins M., Dreyfus B., Kersters K., Gillis M., 1994.- Polyphasic taxonomy of rhizobia : emendation of the genus *Sinorhizobium* and description of *Sinorhizobium meliloti* comb. Nov., *Sinorhizobium saheli* sp. Nov., and *Sinorhizobium teranga* sp. Nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* pp. 44: 715- 733.
- [23] Karanja N. K., Wood M. 1988.- Selecting *Rhizobium* phaseolistrains for use with beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Kenya. Tolerance of high temperature and antibiotic resistance. *Plant Soil*, 112: 15-22.
- [24] Raza S., Jornsgard B., Abou-Taleb H., Christiansen J. 2001.- Tolerance of Bradyrhizobiumsp. (Lupini) strains to salinity, pH, CaCO<sub>3</sub> and antibiotics. *Lett. Appl. Microbiol.* 32: 379-83.
- [25] Serraj R., Abu-Gyamfi J. 2004.-Role of symbiotic nitrogen fixation in the improvement of legume productivity under stresses environment , *West African journal of applied ecology*.6: 95-109.
- [26] Maâtallah J., E. B. Berraho., S. Munoz., J. Sanjuan, and C. Lluch., 2002.- Phenotypic characterization of rhizobia isolated from chickpea (*Cicer arietinum* L.) growing in Moroccan soils. *Agronomie* 22: 321-329.
- [27] Mohamed S. H., Smouni A., Neyra M., Kharchaf D., Filali-Matouf A. 2000.- Phenotypic characteristics of root-nodulating bacteria isolated from *Acacia* spp. grown in Libya. *Plant & Soil*.224: 171-183.
- [28] Elkan. G. H., 1992-Taxonomy of the rhizobia. *Can J. Microbiol.* 38, 446-450.
- [29] Torres-Júnior, JaksonLeite, Carolina Etienne, de Rosália, Silva Santos, Paulo Ivan, Fernandes-Júnior, Jerri Édson, Zilli Norma, GouvêaRumjanek, Gustavo Ribeiro., Xavier., 2014- Diversity and symbiotic performance of peanut rhizobia from Southeast region of Brazil, *academic journal*, 8(6): 566-577.
- [30] Patel S R., Thakur D S., 1998.- Effet of phosphorus and bacterial inoculation on yield and quality of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Indian journal of agricultural sciences.* (2) : 119-120.
- [31] Florentino LA, Sousa PM, Silva JS, Silva KB, Moreira FMS (2010).-Diversity and efficiency of bradyrhizobium strains isolated from soil samples collected from around sesbaniavirgataroots using cowpea as trap species. *Revista Brasileira de CiênciasAgrárias*, 34, Solo: 1113-1123.
- [32] Lima A .A., FernandesJúnior P., Passos S.R., Paulo F.S., Nosoline S.M., Faria S.M., Guerra J.G.M., Rumjanek N.G., Xavier G.R., 2012.- Diversidade e capacidade simbiótica de Rizóbios isolados de nódulos de mucunacinja e mucunaanã. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 36, Solo: 337-348.

## SOLS DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES DU BAS SAHARA (CAS DE LA REGION D'EL HADJIRA)

**BAZZINE M.<sup>1</sup>, HACINI M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Géologie du Sahara. Université Kasdi Merbah. Ouargla

<sup>2</sup>Laboratoire de Géologie du Sahara. Université Kasdi Merbah. Ouargla

[meriembazz\\_12@yahoo.fr](mailto:meriembazz_12@yahoo.fr)

**Résumé :** Notre région d'étude est située dans le prolongement du grand bassin de la partie Nord-Est du Sahara, qui s'étend sur une superficie de 9114,49 Km<sup>2</sup> environ du lit quaternaire de la basse vallée fossile de l'Oued M'ya. Elle reste un terrain peu exploité d'un point de vue étude des sols. L'échantillonnage du sol est effectué dans deux stations d'étude, à l'aide d'une tarière pendant la période hiver/printemps. Les échantillons du sol sont transportés au laboratoire où ils sont séchés ensuite tamisés à 2 mm afin d'obtenir la terre fine sur laquelle les analyses physico-chimiques seront effectuées. Les résultats obtenus montrent que les sols étudiés sont caractérisés par un pH alcalin avec une texture sableuse. Ce sont des sols très salés, modérément gypseux et pauvres en matière organique, peu à modérément calcaires. Ces informations permettraient de définir et d'élaborer une stratégie d'exploitation et de gestion pour une meilleure utilisation des ressources afin de préserver ces milieux aquatiques particuliers, fragiles et vulnérables.

**Mots clés :** Sols, caractérisation, écosystèmes aquatiques, El Hadjira, Bas Sahara, Algérie.

### التربة الخاصة بالأوساط المائية المتواجدة في الصحراء المنخفضة الجزائرية

**ملخص :** تتواجد المنطقة المعنية بالدراسة (الحجيرة) في الناحية الشمالية الشرقية للصحراء الجزائرية والتي تمتد على مساحة قدرها 9114,49 كم<sup>2</sup> وهي تابعة لولاية المندثر، غير أن الدراسات حول التربة بهذه المنطقة نادرة رغم أهميتها. لقد قمنا بأخذ عينات التربة من محطتي الدراسة بواسطة عصا الحفر في فترتي الشتاء والربيع. تم نقل العينات إلى المختبر لإجراء التحاليل الفيزيوكيميائية بعد غريلتها بقطر 2 ملم. النتائج المتحصل عليها أثبتت أن التربة المدروسة تمتاز بأنها قاعدية وذات نسيج رملي كما أن ملوحتها عالية ونسبة الجبس و الكلس معتدلة بينما تنفقر إلى المواد العضوية. هذه النتائج تستطع المساهمة في وضع استراتيجيات إنتاجية للاستغلال الأمثل للموارد البيئية في هذه الأوساط المائية المعروفة بحساسيتها الشديدة للتلوث

**كلمات دالة :** التربة، الخصائص، الأوساط المائية، الحجيرة، الصحراء المنخفضة الجزائرية.

## 1. INTRODUCTION

L'écosystème aquatique est le résultat d'un équilibre entre un milieu naturel (sol et eau) et les espèces animales et végétales qui y vivent. Les écosystèmes aquatiques sont des écosystèmes, dont l'équilibre peut être rompu et modifié durablement par la pollution. Les régions des dépressions sahariennes souffrent depuis longtemps d'un excès d'eau, dont l'origine est la remontée des eaux de la nappe phréatique. Cette situation a créé de nombreux problèmes écologiques dans les zones urbaines et agricoles [1]. L'objectif de ce travail est la caractérisation physico-chimique des sols des écosystèmes aquatiques (chott Baghdad et lac Elbheir) situés dans la région d'El Hdjira.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

La première station d'étude est le chott Baghdad qui est situé à 11 Km environ au Nord-Est d'El-Hadjira, ses coordonnées géographiques sont : X: 5° 37' 45.55". Y: 32° 41' 17.69". Z: 97m. La deuxième station et lac Elbheir qui se situe entre deux communes, EL-Hadjira et EL Alia, notre site est localisé à 7 km au Nord-Ouest de la ville d'El Hadjira, ses coordonnées géographiques latitude: 5°30'55'', longitude :32°41'42'', Altitude : 99 m, le lac est caractérisée par une vaste répartition géographique, constitue un lac salé avec une profondeur indéfinie (jusqu'à 80 m), le diamètre est 60 m, la principale source d'alimentation est la nappe phréatique.

## 2.2. Approche méthodologique

La prospection des écosystèmes aquatiques choisis a facilité le choix de l'emplacement des relevés. Les critères de ce choix sont : Homogénéité floristique, homogénéité physiologique et homogénéité des conditions écologiques. Dans chaque station d'étude, il sera choisi quatre (04) sous stations pour la réalisation des transects des placettes à échantillonner. Les transects sont tracés de façon linéaire traversant ainsi toutes les formations. L'échantillon du sol a été pris à partir d'un mélange de trois prélèvements. Les échantillons ainsi prélevés sont analysés afin de connaître les caractéristiques des sols. Les échantillons de sol séchés et tamisés à 2 mm, pour mesurer selon les normes AFNOR (1996), il s'agit de : l'humidité, la granulométrie, le pH, la CE, le calcaire, le gypse, et les sels solubles.



Figure 1. Localisation des stations d'étude [2]

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Caractérisation physico-chimique des sols étudiés

Les sols étudiés sont caractérisés par un taux d'humidité important qui dépasse 19%, se sont des sols salés à très salés avec une valeur de CE qui se situe entre (20,88 et 21,63 dS/m), le pH est alcalin. Se sont des sols pauvres en matière organique et en azote total, légèrement à modérément gypseux, peu à modérément calcaires. L'analyse granulométrique des sols étudiés montre une dominance de la fraction sableuse notamment le sable fin. Donc sont sableux (Tab. 1).

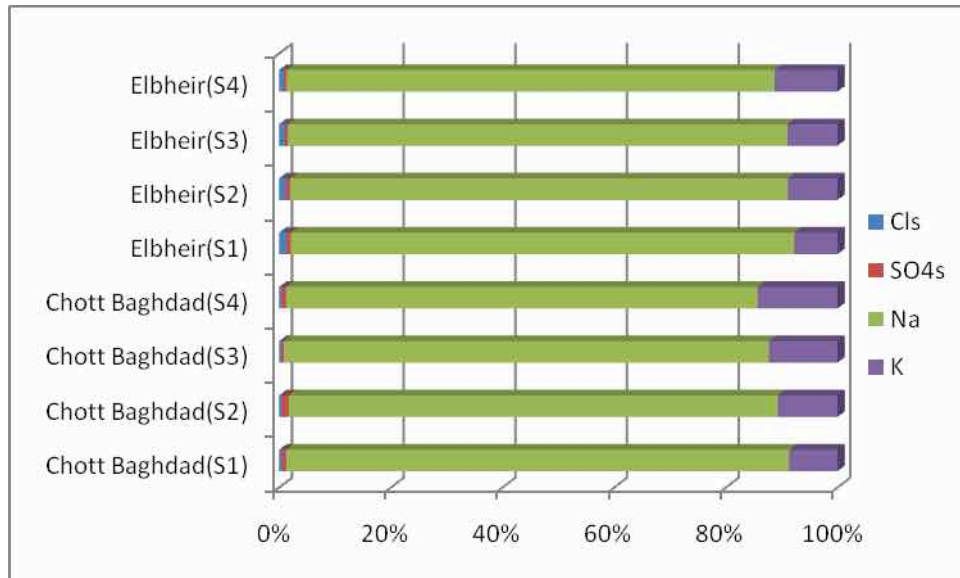
Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés

Station	H (%)	CE (dS/m)	pH	MO (%)	N (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	CaSO <sub>4</sub> (%)	S.G (%)	S.F (%)	L+A (%)
Chott Baghdad	19,94	21,63	8,6	1,42	0,05	7,81	14,39	45,75	42,25	12
Elbheir	19,1	20,88	8,15	1,94	0,11	7,22	11,25	29,5	53,5	17

### 3.2. Variation des teneurs en sels solubles dans les sols étudiés

Les sols étudiés sont riches en sels solubles. On remarque la dominance de sodium (Na) et du potassium (K) dans l'ensemble des sous stations d'étude. En ce qui concerne les anions les chlorures sont dominantes dans les sols d'El Bheir, tandis que les sulfates sont

dominantes dans les sols du chott Baghdad . Dans les dépressions où se concentrent les sels solubles (formation d'évaporites). En absence de lessivage, les remontées capillaires engendrent des efflorescences salines résultant de la cristallisation des sels à la surface des sols dits "halomorphes". La principale source des sulfates dans les sols étudiés est la dissolution du gypse, donc la forte concentration des sulfates au niveau de chott, est le résultat de la fluctuation de la nappe phréatique d'un part, et des rejets des eaux usées d'autre part. Donc la salinité est de type chloruré-sodique (El Bheir) et sulfaté-sodique (chott Baghdad) (figure 2).



**Figure 2.** Variation de la teneur en sels solubles dans les sols des stations d'étude

#### 4. CONCLUSION

A travers ce travail, il est bien illustré que les sols des écosystèmes aquatiques d'El Hadjira (chott Baghdad et lac El Bheir) sont classés comme des sols salés à très salés. Les régions climatiques désertiques sont idéales pour l'extension des caractères de salinité des sols. Ainsi, les sols de la zone d'étude contiennent des quantités importantes de sels solubles notamment le sodium, le potassium, les chlorures et les sulfates. Leur accumulation est due à la rareté des pluies qui ne pénètrent pas profondément dans les sols pour provoquer une infiltration appréciable. Bien que les différents aspects d'étude scientifiques des Chotts et Sebkhass en Algérie soient d'actualité, la région d'El Hadjira reste un terrain peu exploité d'un point de vue étude écologique des sols.

#### REFERENCES

- [1] Boumaraf B. Bensaid R., Marre A., 2014.- Paysages et sols dans la vallée de l'Oued Righ. Sahara nord oriental, Algérie. Courrier du Savoir, N°18 : 103-110.
- [2] Google Earth., 2018.- Données cartographiques. Google imagerie.
- [3] Lamini A., 2012.- Etude d'évolution géochimique des chotts de la région d'El Hadjira. Mémoire de magister. Université Kasdi Merbah, Ouargla, 151p.

# EFFET DE QUELQUES PARAMETRES AGRO-HYDRO-EDAPHIQUES SUR LES CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES DATTES DEGLETT NOUR DANS LA REGION DE OUARGLA

**HADDOU M.<sup>1</sup>, BABAHANI S.<sup>1,2</sup>, MASMOUDI A.<sup>3</sup>, IDDER A.<sup>1,4</sup>**

<sup>1</sup>*Département des Sciences Agronomiques. Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie.*

<sup>2</sup>*Laboratoire de Bioressources Sahariennes : Préservation et valorisation. Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie.*

<sup>3</sup>*Département des Sciences Agronomiques. Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie.*

<sup>4</sup>*Laboratoire de Recherche sur la Phoeniciculture, Université KASDI Merbah, Ouargla, Algérie*  
[haddoumessaouda@gmail.com](mailto:haddoumessaouda@gmail.com)

**Résumé :** Les dattes Deglet Nour de la région de Ouargla sont connues par leur mauvaise qualité, elles sont loin par rapport à celles de Biskra et d'Oued Righ, connues par leur bonne qualité. Ce travail vise à caractériser l'effet de certains paramètres liés au sol, à l'eau et à la conduite culturale sur les caractéristiques morphologiques des dattes Deglet Nour, produites dans la région de Ouargla. L'approche méthodologique consiste à faire des analyses hydro-édaphiques, des analyses biométriques sur les dattes et des enquêtes sur le terrain, portant sur la conduite de cette variété, dans trois stations : Chott, N'Goussa et Hassi Ben Abdallah. L'analyse en composantes principales, montre que l'augmentation de la salinité du sol et la diminution de la profondeur de la nappe phréatique (< 130 cm), induisent une diminution des caractéristiques biométriques des dattes : poids, dimensions et rapport pulpe/datte. L'augmentation de la fréquence d'irrigation, de l'écartement et de la fréquence de fertilisation augmentent : le poids et les dimensions des dattes. La sensibilisation des agriculteurs sur la nécessité de l'amélioration de la gestion des sols et de l'eau et de l'application de certaines pratiques culturales s'avère importante afin d'améliorer la qualité des dattes Deglet Nour dans cette région.

**Mots clés :** caractéristiques hydro-édaphiques, conduite, dattes, Deglet Nour, Ouargla.

## تأثير بعض العوامل الزراعية والمائية للتربة على الخصائص المورفولوجية لتمور دقلة نور في منطقة ورقلة

**ملخص:** تُعرف تمور دقلة نور في منطقة ورقلة برداءة نوعيتها، مقارنة بتمور دقلة نور المنتجة في منطقتي بسكرة و واد ريغ، و المعروفة بنوعيتها الجيدة. يهدف هذا العمل إلى دراسة تأثير بعض العوامل المتعلقة بالتربة، المياه والممارسات الزراعية على الخصائص المورفولوجية لتمور دجلة نور، المنتجة في منطقة ورقلة. الأسلوب المنهجي المتبع هو إجراء تحاليل مخبرية للتربة والماء، تحاليل بيوميترية للتمور واستطلاعات متعلقة بكيفية الاعتناء وخدمة هذا الصنف من التمور، في ثلاث محطات: الشط، نقوسه وحاسي بن عبد الله. تظهر نتائج التحاليل الإحصائية (ACP)، أن زيادة ملوحة التربة وانخفاض عمق منسوب المياه الجوفية (>130 سم)، يؤدي إلى خفض الخصائص البيوميترية للثمار: الوزن، الأبعاد ونسبة اللب / الثمرة. زيادة كمية الري والتسميد والمسافة بين النخيل تؤدي إلى زيادة وزن وأبعاد الثمار. لقد تبين من هذه الدراسة ضرورة توعية الفلاحين على ضرورة تحسين طريقة تسيير موارد التربة والماء وعلى أهمية تطبيق الممارسات الزراعية، بهدف تحسين نوعية ثمار دقلة نور في هذه المنطقة.

**كلمات دالة:** تمور، ممارسات زراعية، دقلة نور، خصائص التربة والماء، ورقلة.

## 1. INTRODUCTION

La datte Deglet Nour, variété d'exportation par excellence, représente 53 % de la production nationale totale en 2015 [1]. Le Bas Sahara, zone potentielle du palmier dattier, occupe 61,31 % de la surface phoenicicole nationale [2]. Il constitue l'aire privilégiée et représentative pour la culture de la variété Deglet Nour, hautement appréciée, tant sur le marché national qu'international [3]. Malheureusement les qualités de ces dattes restent loin des exigences des consommateurs. Ben Abdallah [4], signale que la production dattière, en quantité et en qualité, est influencée par plusieurs facteurs qui peuvent être liés au climat, au sol, à l'eau d'irrigation et aux pratiques culturales. Pour cette raison, nous avons proposé d'étudier l'effet de quelques caractéristiques liés au sol et aux pratiques culturales sur les caractéristiques morphologiques des dattes Deglet Nour, produites dans la région de Ouargla,

dans le but de tracer une stratégie pour l'amélioration de la qualité de ces dattes, dans cette région.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

Notre étude a été réalisée dans deux sites de la cuvette de Ouargla (Chott et N'Goussa), située au nord du Sahara. Elle occupe le fond d'une cuvette de 1 000 km<sup>2</sup> dans la basse vallée de l'Oued Mya [5]. Elle est limitée au Nord par El Hadjira et Touggourt, au Sud par Hassi Messaoud, à l'Est par Hassi Ben Abdallah et à l'Ouest par Ghardaïa (Fig. 1) [6]. Un autre site, hors cuvette ; il s'agit du périmètre de Hassi Ben Abdallah, connu par sa production en dattes Deglet Nour [7].

### 2.2. Approche méthodologique

Notre approche méthodologique consiste à faire des analyses sur le sol, la nappe phréatique et sur les dattes. Aussi des enquêtes auprès des agriculteurs portant sur certaines opérations de la conduite : l'écartement, l'irrigation et la fertilisation. Les échantillons du sol sont prélevés à une distance de 1 m du stipe et sur trois profondeurs : 0-40 cm, 40-80 cm et 80-120 cm. Après séchage à l'air libre, nous avons mesuré le pH et la conductivité électrique (CE), sur l'extrait aqueux 1/5. Le niveau de la nappe phréatique a été déterminé à l'aide d'une sonde électrique. La longueur et le diamètre des 20 dattes, choisis au hasard, sont mesurés avec un pied à coulisse et le poids de ces dattes et des graines avec une balance de précision.

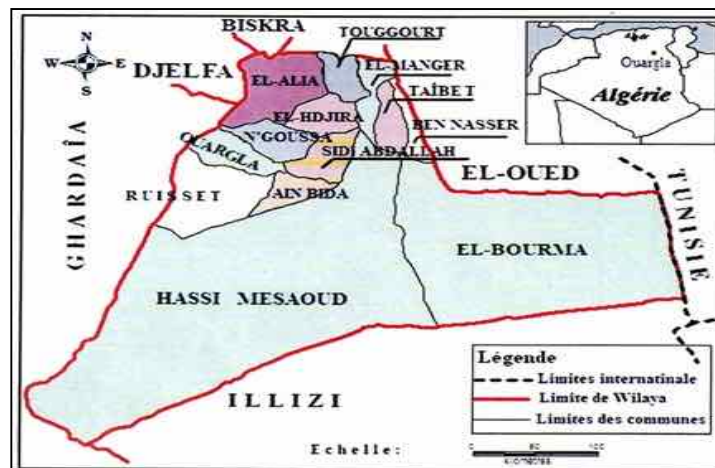


Figure 1. Localisation géographique de la cuvette de Ouargla [6].

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Etude de niveau de la nappe phréatique

La figure 2 montre que le niveau moyen de la nappe phréatique dans les deux stations : N'Goussa (NG), avec 102 cm et Chott (Ch), avec 66,11 cm. Il dépasse 120 cm dans la station de Hassi Ben Abdallah (HB). La faible profondeur de la nappe phréatique, est due essentiellement à la mauvaise gestion de l'irrigation-drainage [8]. Dans l'oasis de Ouargla, les conditions topographiques, qui ne facilitent pas l'évacuation des eaux excédentaires, aggravent encore cette situation [9]. Le niveau de la nappe phréatique constitue un obstacle physique pour l'enracinement du palmier dattier [10], il ralentit la minéralisation de la matière organique et provoque l'asphyxie des racines [11]. Cette situation est remarquée essentiellement dans les deux stations : N'Goussa et Chott.

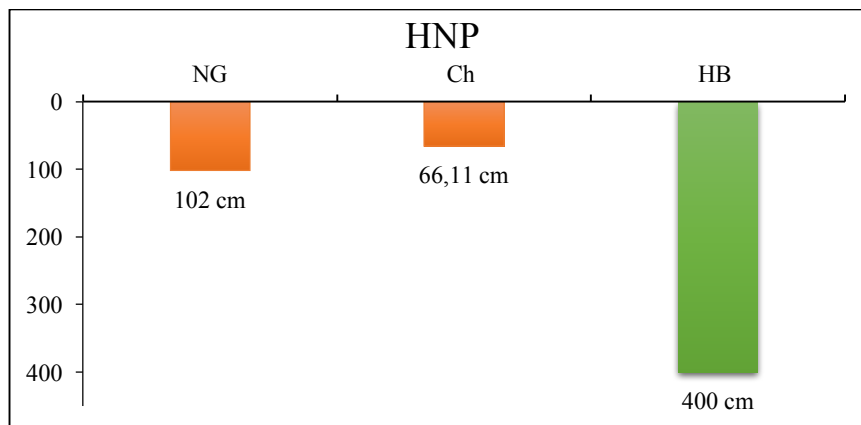


Figure 2. Niveau de la nappe phréatique dans les stations étudiées.

### 3.2. Etude du sol

#### 3.2.1. pH du sol

Le pH du sol dans la station de N'Goussa est neutre à basique. Il est basique dans la station du Chott et dans les exploitations de Hassi Ben Abdallah (Fig. 3). Selon Callot et *al.*[12], dans les sols salés, le pH est sous la dépendance des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Mg}^{2+}$  qui peuvent, s'ils sont adsorbés sur le complexe, donner des pH élevés, supérieurs à 9. Ceci peut expliquer la basicité du sol dans les deux stations : Chott et N'Goussa. Dans les sols calcaires, ce sont les carbonates qui contrôlent le pH [12,13]. De ce fait, la basicité des sols dans les exploitations de Hassi Ben Abdallah peut être expliquée par la présence de calcaire. Le pH de milieu est un facteur important de la solubilité des éléments minéraux. La plupart d'entre eux sont, davantage, solubles à des pH légèrement acides ou neutres. C'est pour cela que dans le sol, l'intervalle du pH le plus favorable à la disponibilité des éléments minéraux, se situe entre 5,5 et 6,5 [12]. Les résultats obtenus pour les sols étudiés, montrent des pH supérieurs à cette fourchette. Ce qui induit à une déficience de nutrition minérale du palmier dattier dans ces stations.

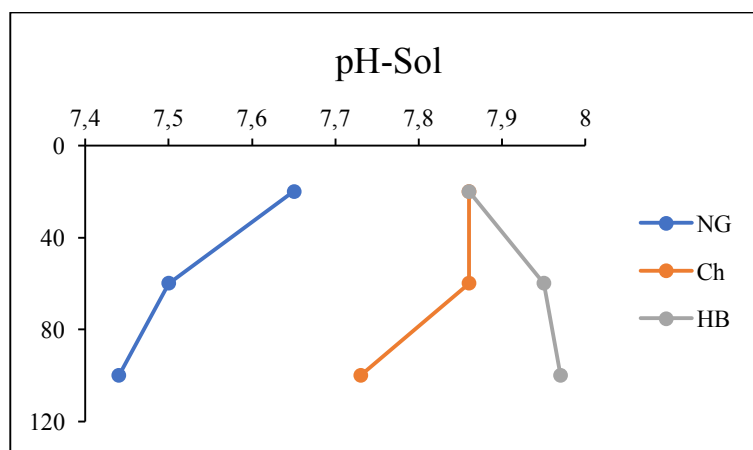


Figure 3. pH du sol dans les stations étudiées.

#### 3.2.2. Conductivité électrique du sol

Le sol dans les exploitations de N'Goussa et de Chott, est très salé et non à peu salé dans les exploitations de Hassi Ben Abdallah (Fig. 4). L'étude réalisée par Daddi Bouhoun [14], dans la cuvette de Ouargla, a montré que les sols à nappes superficielles sont marqués par une accumulation des sels à la surface, suite à la remontée capillaire et les conditions climatiques qui favorisent la concentration des sels dans le sol après une évapotranspiration intense. Ceci est remarqué dans les exploitations de la station de chott et de N'Goussa. La

faible salinité du sol, dans les exploitations de Hassi Ben Abdallah, peut être liée à la qualité des eaux utilisées, en irrigation, qui sont faiblement minéralisées, pour ce site : ce sont des eaux de l'albien.

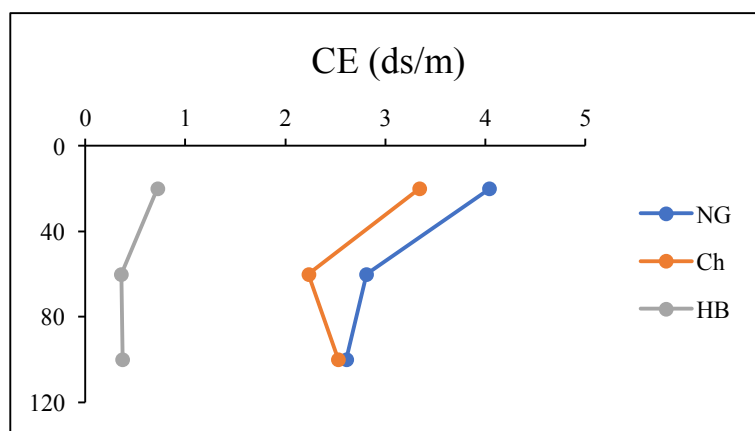


Figure 4. Conductivité électrique du sol dans les stations étudiées.

### 3.3. Conduite de la Deglet Nour

#### 3.3.1. Écartement entre les pieds Deglet Nour

Le choix de l'écartement entre les pieds de palmier dattier repose sur deux facteurs, qui ont un effet direct sur le développement et la production de ces palmiers : le développement de système racinaire et son extension dans le sol et la longueur des palmes. Le premier facteur détermine la concurrence sur l'eau et les éléments minéraux et le deuxième, la concurrence sur la lumière [15]. Selon Peyron [16], la limite inférieure de la densité de plantation de palmier dattier est de 7m x 7m ; alors que la limite supérieure est de 10 m x 10 m. Pour la Deglet Nour, il est admis un écartement moyen de 9 m, cet écartement permet au feuillage de couvrir le sol, sans que les palmes de deux sujets voisins se croisent [17]. Ibrahim et Khalif [18], signalent que dans les exploitations où l'écartement entre les pieds est de : 4 à 6 m, l'humidité élevée provoque des attaques par les maladies et quelques ravageurs ; tandis que pour les exploitations, où l'écartement est important (7 à 10 m), le risque d'attaque par le Boufaroua : *Oligonychus afrasiaticus* est élevé, surtout au cours des stades Khalal (kimri) et Bser (khalal). Cet acarien entraîne une chute précoce des fruits ; les dattes mûres obtenues ne sont pas commercialisables [19].

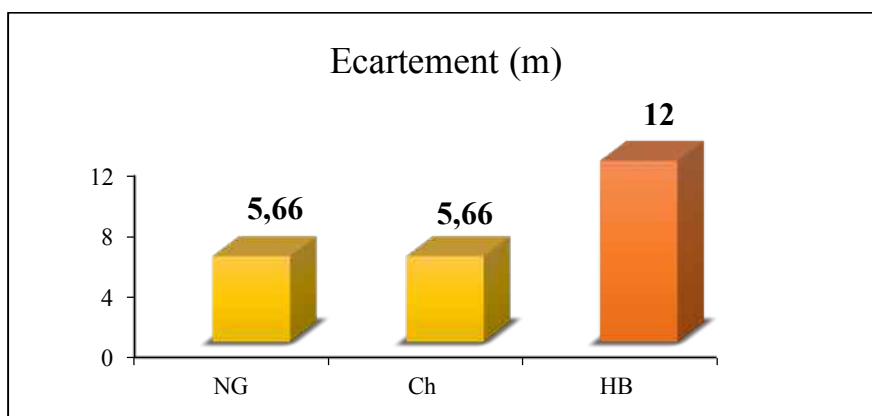


Figure 5. Écartement entre les pieds Deglet Nour dans les stations étudiées.



D'après la figure (5), nous constatons que l'écartement est inférieur à 9 m dans les stations de Chott et N'Goussa et dépasse 10 m dans la station de Hassi Ben Abdallah. Cette situation aura certainement des conséquences sur la qualité des dattes Deglet Nour produites dans ces 3 stations.

### 3.3.2. Irrigation

La figure (6), montre le nombre des heures d'irrigation dans les exploitations étudiées. Nous trouvons qu'il est faible dans les stations de Chott avec 4 h/ha/semaine ; suivi par N'Goussa, avec 6 h/ha/semaine. Il est relativement important dans la station de Hassi Ben Abdallah (18 h/ha/semaine).

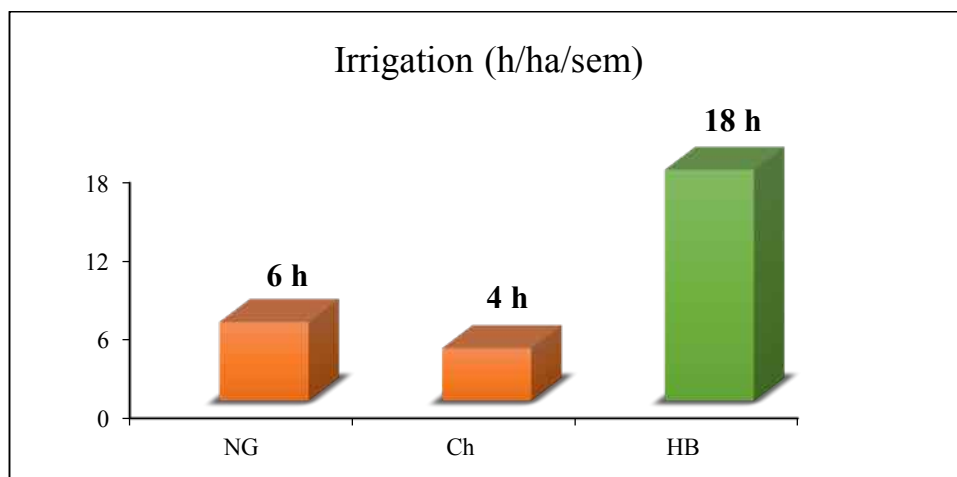


Figure 6. Irrigation dans les stations étudiées.

### 3.3.3. Fertilisation

La fertilisation de palmier dattier a un grand effet sur l'amélioration de la production, en quantité et en qualité. La fertilisation permet au palmier dattier d'être en bonne santé ; ce qui lui donne une bonne résistance contre les attaques par les maladies et les ravageurs [18]. La quantité de fumier organique préconisée pour un pied de plus de 10 ans, est estimée à 100 kg/pied/an [20].

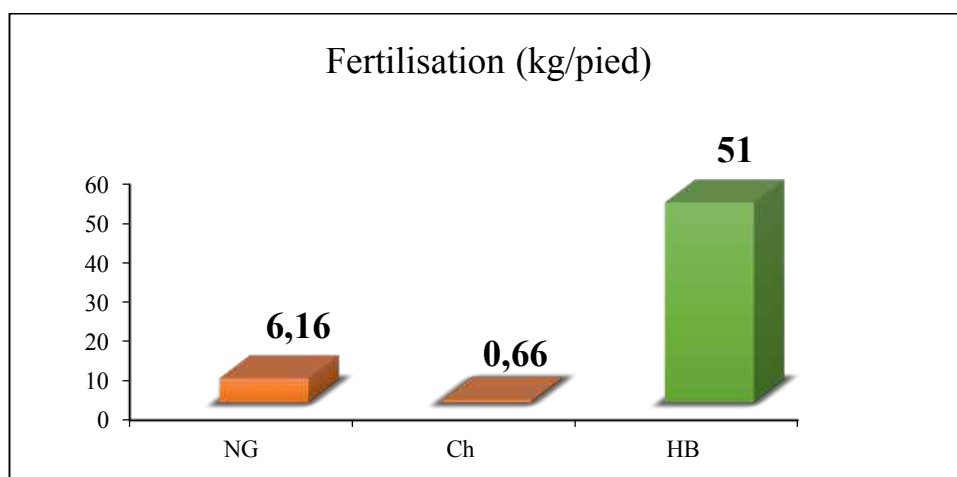


Figure 7. Fertilisation dans les stations étudiées.

D'après la figure (7), nous trouvons que la quantité du fumier organique appliquée est inférieure à cette valeur dans les stations étudiées, celle la plus élevée est appliquée dans la

station de Hassi ben Abdallah. Néanmoins, elle reste faible par rapport à la valeur donnée par la bibliographie.

### 3.4. Etude des caractéristiques des dattes Deglet Nour

#### 3.4.1. Longueur et diamètre des dattes

D'après la figure (8), nous constatons que la longueur moyenne et le diamètre moyen d'une datte sont élevés dans la station de Hassi Ben Abdallah, en comparaison avec les dimensions des dattes de N'Goussa et de Chott. Selon Belguedj [21], une datte Deglet Nour a, en moyenne, une longueur de 6 cm et un diamètre de 1,8 cm. L'étude réalisée par Sayah et Ould El Hadj [22], sur les dattes Deglet Nour de Ouargla, montre que ces dattes ont une longueur moyenne de 4,11 cm. En comparant ces valeurs avec nos résultats, nous trouvons que toutes les dattes étudiées présentent des dimensions inférieures aux valeurs indiquées. Ces différences peuvent être liées à l'influence du climat, à la qualité du sol et de l'eau utilisée dans l'irrigation et aux soins apportés aux régimes et au palmier.

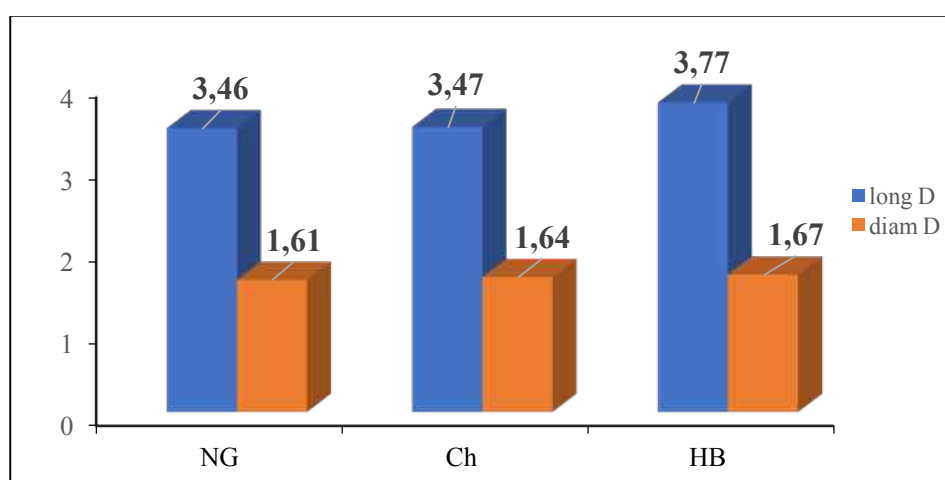
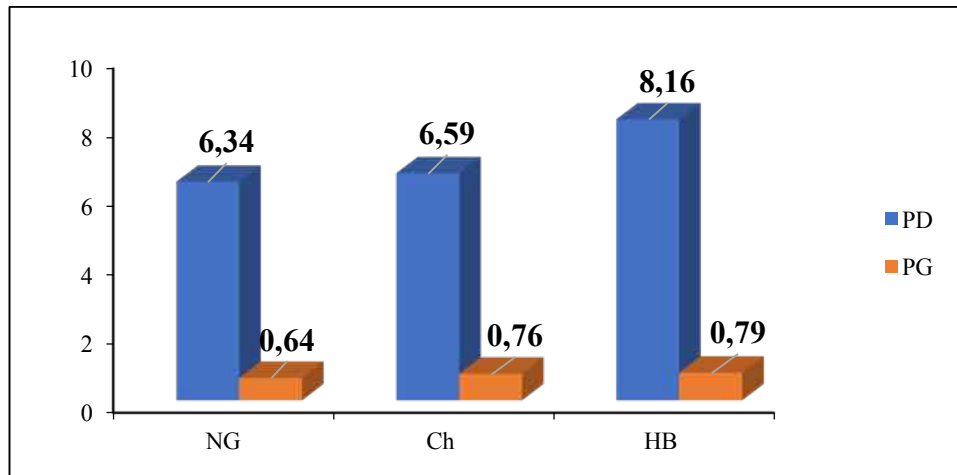


Figure 8. Longueur et diamètre des dattes Deglet Nour dans les stations étudiées.

#### 3.4.2. Poids de la datte et de la graine

La figure (9), montre que le poids de la datte Deglet Nour et de la graine est le plus élevé dans la station de Hassi Ben Abdallah, en comparaison avec les dattes de N'Goussa et de Chott. Selon Munier [23], une datte Deglet Nour est de bonne qualité marchande si elle a un poids moyen de 10 g ou plus. Les résultats obtenus montrent que le poids de toutes les dattes Deglet Nour étudiées est inférieur à la valeur indiquée par l'auteur. Ben Abdallah [4], signale que la qualité de l'eau d'irrigation semble avoir un effet direct sur la croissance des fruits de palmier dattier et sur leur poids. D'après Açourene et Tama [24] et Babahani et Bouguedoura [25], le ciselage et la limitation permettent une augmentation du poids des dattes de la variété Deglet Nour.



**Figure 9.** Poids des dattes et des graines Deglet Nour dans les stations étudiées.

### 3.5. Analyse en Composantes Principales (ACP) pour l'effet conjuguée des caractéristiques hydro-édaphiques et de la conduite sur les caractéristiques des dattes étudiées

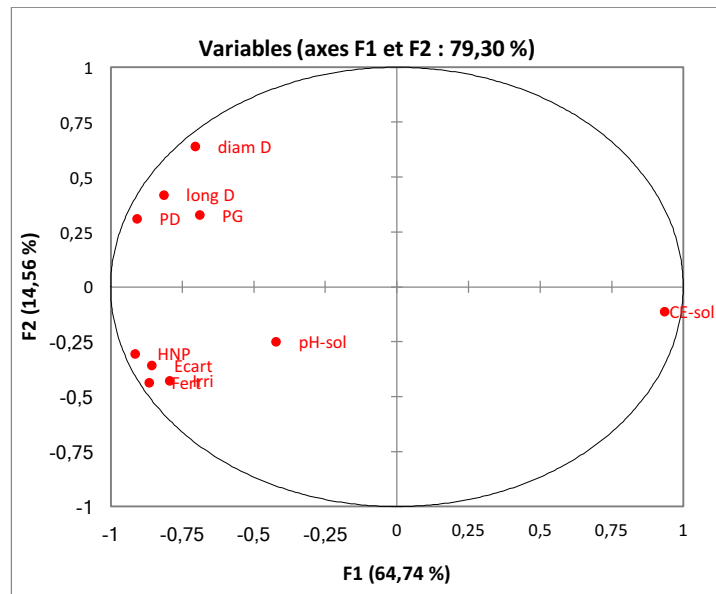
La figure (10), représente la corrélation entre les variables : hydro-édaphiques, culturales et les caractéristiques des dattes sur le plan factoriel 1-2, qui représente un pourcentage d'inertie de 79,30 %. L'axe 1 montre la présence d'une forte corrélation positive entre l'irrigation, l'écartement, la fertilisation et le niveau de la nappe phréatique avec les caractéristiques biométriques des dattes. En effet l'augmentation de l'irrigation, l'écartement, la fertilisation et le niveau de la nappe phréatique induisent une augmentation des caractéristiques biométriques des dattes Deglet Nour, ceci caractérise essentiellement les dattes récoltées dans la station de Hassi Ben Abdallah. Ce groupe oppose la variable conductivité électrique du sol qui se trouve dans le deuxième côté de l'axe. Ceci signifie que l'augmentation de la conductivité électrique du sol conduit à la diminution des caractéristiques biométriques des dattes étudiées. L'augmentation de la quantité de l'eau d'irrigation aboutit à la dissolution des sels concentrés dans la zone racinaire du palmier dattier [26], ce qui améliore l'efficacité d'utilisation de l'eau par le palmier dattier. Ceci peut avoir comme résultat l'amélioration du développement du palmier dattier, par conséquent l'amélioration de la qualité du fruit. L'augmentation de l'espace entre les pieds assure une forte intensité lumineuse à l'intérieur des exploitations. Ceci aboutit à l'augmentation de la chaleur, par conséquent une précocité dans la maturation des dattes [23].

Pour la nappe phréatique, la diminution de son niveau cause l'hydromorphie du sol. Ce phénomène provoque l'asphyxie et la pourriture des racines chez les végétaux [12], ce qui affecte la nutrition hydrique et minérale du palmier dattier, par conséquent la qualité de fruit. Ce phénomène est principalement observé, pour les dattes de Chott et N'Goussa, dont le niveau moyen de la nappe est faible.

Une étude réalisée par Badawi et El-Obaidy [27], sur la fertilisation organique de 3 variétés de palmier dattier : Bourhi, Khalas et Nabtat Saif, a montré que la fertilisation organique, en général, améliore d'une manière significative les caractéristiques biométriques des dattes. Ceci confirme nos résultats.

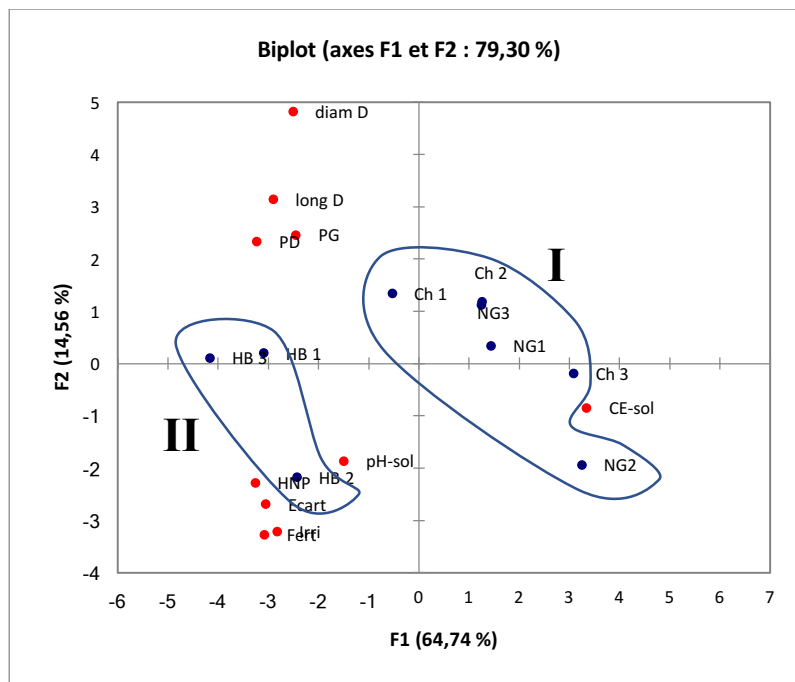
Selon Hayachi et Murata (1998) *in* Laredj [28], le stress salin a un triple effet sur la plante. Il réduit le potentiel hydrique (stress osmotique), cause le déséquilibre et la toxicité ioniques. L'altération de l'état hydrique de la plante conduit à une croissance réduite et limite la productivité végétale ; alors que le déséquilibre ionique aboutit à un déséquilibre nutritionnel de la plante et à la limitation de développement des fruits [29]. Ceci explique la

diminution de la qualité des dattes avec l'augmentation de la salinité de sol, dans les deux stations : N'Goussa et Chott.



**Figure 10.** Présentation des variables hydro-édaphique, conduite et caractéristiques des dattes sur le plan factoriel 1-2.

La figure (11), représente la représentation superposée des variables et des individus. Il ressort deux groupes : groupe I, formé par les dattes de N'Goussa et de Chott, dont la conductivité électrique du sol est élevée et les caractéristiques biométriques des dattes sont faibles. Le groupe II, formé par les dattes de Hassi Ben Abdallah, avec des caractéristiques biométriques élevées.



**Figure 11.** Présentation biplot des variables et des individus sur le plan factoriel 1-2.

#### 4. CONCLUSION

A la lumière des résultats obtenus, à travers cette étude, les dattes Deglet Nour de la région de Ouargla montrent des caractéristiques biométriques inférieures à celles indiquées dans la bibliographie ; pour les dattes Deglet Nour de bonne qualité marchande.

L'étude des caractéristiques hydro-édaphiques, montre la présence d'une nappe phréatique superficielle dans les stations, situées dans la cuvette : N'Goussa et Chott, dont son niveau est inférieur à 130 cm, ceci a comme conséquence l'augmentation de la salinité du sol. Au contraire à Hassi Ben Abdallah, la nappe est très profonde. Elle est située à 400 cm.

L'étude de l'effet des conditions hydro-édaphiques et agronomiques sur les caractéristiques des dattes Deglet Nour, montre la présence d'une forte corrélation positive entre l'irrigation, l'écartement, la fertilisation et le niveau de la nappe phréatique avec les caractéristiques biométriques des dattes Deglet Nour étudiées et une autre corrélation négative entre la conductivité électrique du sol et les caractéristiques biométriques des dattes.

L'aménagement du milieu hydro-édaphique, à travers la bonne gestion de l'irrigation-drainage, peut résoudre plusieurs problèmes liés à la remontée de la nappe phréatique et à la salinisation du sol, qui constituent, tous deux, une source de stress pour le palmier dattier, affectant ainsi la qualité des dattes Deglet Nour, très appréciée sur le marché. La production de ces dattes peut constituer une source de valeur ajoutée pour l'économie de la région et pour l'économie nationale.

#### REFERENCES

- [1] O.N.F.A.A., 2015. -Rapport sur le commerce extérieur des dattes. Observatoire National des Filières Agricoles et Agroalimentaires.
- [2] DSA de Ouargla, 2015. Statistiques de la production des dattes dans la wilaya de Ouargla. Rapport de la Direction Des Services Agricoles de Ouargla.
- [3] Dakhia N. ; Bensalah M.K ; Romani M. ; Djoudi A.M. ; Belhamra M., 2013. -Etat phytosanitaire et diversité variétale du palmier dattier au bas Sahara – Algérie. *Journal Algérien des Régions Arides*, numéro spécial 2013, pp : 5-17.
- [4] Ben Abdallah A., 1990. -La phœniciculture. *Option méditerranéenne*, n 11, pp : 105- 120.
- [5] Hamdi-Aissa B.; Girard M.C., 2000. -Utilisation de la télédétection en régions sahariennes, pour l'analyse et l'extrapolation spatiale des pédopaysages. *Sécheresse*, 11(3), pp : 179-182.
- [6] Babahani S., 2011. -Analyse biologique et agronomique de palmiers mâles et conduite de l'éclaircissage des fruits chez les cultivars "Ghars" et "Deglet Nour". Thèse de Doctorat en sciences agronomiques, E. N. S. A. El-Harrach, Alger. 203 p.
- [7] DSA de Ouargla, 2016. -Statistiques de la production des dattes dans la wilaya de Ouargla. Rapport de la Direction Des Services Agricoles de Ouargla.
- [8] Saker M.; Daddi Bouhoun M.; Ould El Hadj M.D.; Brinis L., 2011. -Effets de la gestion de l'irrigation-drainage sur l'engorgement des sols à Oued Righ (sud-est algérien). Premier Séminaire International sur la Ressource en eau au Sahara : Evaluation, Economie et Protection. 19-20 janvier 2011 à Ouargla. pp : 149-151.
- [9] Idder M.T. ; Idder A. ; Mensous M., 2011. -Les conséquences écologiques d'une gestion non raisonnée des eaux agricoles dans les oasis du Sahara Algérien. Colloque international : usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée : quels enjeux pour quels services ? Université de Provence, Marseille, 20-21 janvier 2011. 12 p.
- [10] Daddi Bouhoun M.; Brinis L., 2006. -Étude de la dynamique des sels solubles dans un sol irrigué gypso-salin : cas d'une palmeraie de la cuvette de Ouargla. *Journal algérien des régions arides*, numéro spécial 2006, pp : 17-20.
- [11] Soltner D., 2014. -Les bases de la production végétale : le sol et son amélioration. 26<sup>ème</sup> édition STA, Paris, 472 p.

- [12] Callot G.; Chamayou H.; Maertens C.; Salsac L., 1982. -Les interactions sol-racine : incidence sur la nutrition minérale. Édition INRA, Paris, 325 p.
- [13] Ciesielski H.; Sterckeman T.; Baliteau J.Y.; Caria G.; Goutiers V.; Willery J.P., 2008. - Evolution du pH et de la CEC de sols du Nord de la France en fonction des doses de chaulage (CaCO<sub>3</sub>). *Etude et gestion des sols*, 15(3), pp : 161-170.
- [14] Daddi Bouhoun M., 2010. -Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (sud-est Algérien). Thèse doctorat. Univ Annaba. 365 p.
- [15] Berbendi A., 2000. -Les palmiers : techniques et perspectives. Édition : le centre arabe pour l'étude des zones arides (A.C.S.A.D), Damas, Syrie, 285 p (en arabe)
- [16] Peyron G., 2000. -Cultiver le palmier dattier. Édition Cirad, Montpellier, 110 p.
- [17] Monciero A., 1954. -Contribution à l'étude du pollen et de la fécondation du palmier dattier. *Annal de l'institut d'Agronomie d'Algérie*, 8 (4), pp : 3-28.
- [18] Ibrahim A.M.; Khalif M.N., 1998. -Palmier dattier : sa culture, son soin et sa production dans le pays arabe. 2ème édition El-Maaref, Alexandria, 756 p (en arabe).
- [19] Djerbi M., 1994. -Précis de la phœniciculture. Edition FAO, Rome, 190 p.
- [20] ITDAS de Ouargla, 2007. -Orientations générales sur la conduite de votre palmeraie. Institut Technique de Développement de l'Agriculture Saharienne de Ouargla. Edition ITDAS, Ouargla, 25 p.
- [21] Beulgeudj M., 2002. -Caractérisation des cultivars de dattier dans les palmeraies du sud-est Algérien. Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie, Alger, 289 p.
- [22] Sayah Z.; Ould El Hadj M.D., 2010. -Étude comparative des caractéristiques physico-chimiques et biochimiques des dattes de la cuvette de Ouargla. *Annales des Sciences et Technologie*, 2(1), pp : 87-92.
- [23] Munier P., 1973. -Le palmier dattier. Édition Maisonneuve et Larousse, Paris, 221 p.
- [24] Açourene S.; Tama M., 2002. -Effets de quelques opérations culturales (pollinisation, limitation, ciselage et ensachage) sur le rendement et la qualité de la datte de la variété Deglet Nour de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). *Revue Recherche Agronomique*, n 11, pp 27-48.
- [25] Babahani S.; Bouguedoura N., 2004. -Effet du ciselage combiné sur les caractères de la production dattière chez les variétés Ghars et Deglet Nour. *Revue des régions arides*, I.R.A, numéro spécial, pp : 841-846.
- [26] Askri B.; Abdelkader T.A.; Abichou T.; Bouhlila R., 2014. -Effects of shallow water table, salinity and frequency of irrigation water on the date palm water use. *Journal of Hydrology*, 513(2014), pp: 81-90.
- [27] Badawi M.A.; El-Obaidy R., 2006. -Effect of different organic fertilizer types on yield of organic dates fruits and its quality. *The blessed tree*, n 1, pp : 42-47.
- [28] Laredj R., 2013. -Effet de la salinité sur le comportement hydrique et minéral du haricot (*Phaseolus vulgaris* L.). Mémoire magister. Univ d'Oran. 73p.
- [29] Grattan S.R.; Grieve C.M., 1992. -Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, n 38, pp : 275-300.

# CARACTERISATION MORPHOLOGIQUE, ANALYTIQUE ET PAR TELEDETECTION DES ETATS DE SURFACE DES SOLS ALLUVIAUX DANS LA DAYA D'EL MRARA (REGION D'OUED RIGH)

**HELIMI S.<sup>1,2,3</sup>, HAMDI AÏSSA B.<sup>2,3</sup> & MOUSTFAOUI T.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>C.R.S.T.R.A., BP. 1682 R.P 07000 Biskra.

<sup>2</sup>Département des Sciences Agronomiques, Université d'Ouargla, BP. 511 R.P 30000 Ouargla

<sup>3</sup>Laboratoire de Biogéochimie des Milieux Désertiques Université de Ouargla.

[helimisamia@yahoo.fr](mailto:helimisamia@yahoo.fr)

**Résumé:** Ce travail est consacré à une étude de la surface des sols alluviaux dans les zones arides consiste à chercher le lien entre l'état de surface du sol, le sol lui-même et les relations entre les caractéristiques de cette surface avec les comptes numériques d'une image Landsat ETM+. L'étude morphologique et analytique des sols de la région d'El Mrara nous a permis de distinguer les états de surface suivants :

- Etats de surface gypseux rencontrés dans les limites de daya d'El Rara (sables gypseux et encroûtements gypseux) avec un sol de type gypsisol aridique.
- Etats de surface à végétation ; eux même sont classés en différentes états de surface élémentaires, le type de sol est fluvisol calcique.
- Etats de surface sableux très représentés dans notre station, sont presque uniquement composés de sable fins, matériaux éoliennes très triés et le sous sol classé comme fluvisol arénique
- Etats de surface à croûte; Les croûtes de battance sont les types les plus répandus dans le fond de daya, sont développe à la surface d'un sol limoneux en générale

La relation entre la surface du sol et le sol lui-même est pas toujours biunivoque pour les différentes états de surface étudiés ces derniers présentent des différences de point de vu composition, taille et pierrosité, alors que les sous sols sont semblables aussi les données obtenus après l'analyse et l'interprétation de l'image traitée montre que la télédétection peut apporter à la cartographie pédologique une aide importante en tant qu'outil d'extrapolation.

**Mots clés :** Etat de surface, sol alluvial, télédétection, daya d'El Mrara, Oued Righ.

**التوصيف الشكلي والتحليلي واستعمال الاستشعار عن بعد لدراسة حالات سطح التربة الغرينية في ضاية المراره (منطقة وادي الريغ)**

**ملخص :** يهدف هذا العمل إلى تحديد مختلف حالات سطح التربة الغروية للصحراء الشمالية، وإيجاد الرابط بين هذه الأسطح و نوع التربة نفسها. كذلك دراسة الإضافات التي يمكن أن يقدمها الاستشعار عن بعد لإنشاء خرائط توزع هذا النوع من التربة. الدراسة الشكلية والتحليلية لتربة ضاية المرارة، سمحت لنا بتمييز حالات أسطح التربة التالية:

- حالات السطح الجبسيه تميز حواف ضاية المرارة (الرمل الجبسي و القشور الجبسية) نوع التربة جبسي
  - حالات السطح ذات النباتات تنقسم إلى حالات سطح فرعية تصنف التربة نهريه كلسيه
  - حالات السطح الرملية تنتشر بكثرة في محطة الدراسة تتشكل غالبا من الرمل الناعم
  - حالات السطح ذات القشرة تتمثل في تجمعات لحالات سطح فرعية وتمثل القشور الروسوبيه الاكثر انتشارا
- العلاقة بين حالات السطح والتربة الغروية في المناطق الجافة ليست دائما تبادلية بين هذين الاثنين, يمكن أن نجد حالات سطح مختلفة لكن نوع التربة يكون نفسه و العكس صحيح.

المعطيات المجمععة عن طريق استعمال الاستشعار عن بعد بواسطة القمر الصناعي لمحطات الدراسة بينت أن بنية ونسيج الطبقة السطحية للتربة لديه تأثير على انعكاس السطح. حالات السطح الرمي أعطت دقة إحصائية جد كافية ترجع لامتداد هذه الوحدة.

**كلمات دالة:** حالة سطح التربة، التربة الغروية، الاستشعار عن بعد، ضاية المرارة ، وادي ريغ.

## 1. INTRODUCTION

Les régions sahariennes sont souvent peu accessibles, aussi leur cartographie est-elle difficile, en plus les nombreuses études pédologiques localisées ne permettent pas aux organismes chargés du développement des régions arides d'apprendre de façon rationnelle et

globale les grandes espaces dont ils ont la charge [1]. De plus, vu l'importance économique et agricole des sols de dépôts ou les sols alluviaux dans ces régions, l'étude de ces sols dans les régions arides nécessite de trouver une méthodologie de caractérisation très précise et plus rapide.

D'un côté, la présence d'organisations particulières à la surface des sols est une caractéristique des régions arides qui a attiré l'attention des différents spécialistes à travers ces milieux. L'importance de certaines caractéristiques de la surface du sol a été remarquée pratiquement depuis le début de l'étude des zones arides, et particulièrement soulignées ces dernières années. Pour tenter de dépasser les approches partielles de chacune des différentes disciplines en étudiant les milieux arides ; pour raison [2, 3] ont proposé une démarche plus précise, basée sur une étude plus détaillée de l'état de surface du sol.

La surface du sol est constituée l'interface au niveau de laquelle s'exerce la réception des flux thermiques et hydriques, et par voie de conséquence des flux biologiques. C'est aussi le lieu qui régit la séparation des eaux, entre infiltration et ruissellement, d'où son importance en matière d'érosion [4]. D'un autre côté ; la gestion globale ou locale et la surveillance du milieu aride demandent des inventaires diachroniques et exhaustifs du milieu. La télédétection est une source d'information précieuse en cette matière puisqu'elle est l'une des seules qui puisse procurer actuellement des informations exhaustives et diachroniques à des coûts raisonnables et à des pas de temps très diversifiés. Pour cette raison, les informations collectées par la télédétection sont de plus en plus souvent prises en compte dans les systèmes d'informations géographiques.

Donc, l'exploitation de toutes ces données pour le développement de nouvelles méthodes plus rapides et moins onéreuses permet de diminuer les charges financières et d'accélérer le rythme des recherches pédologiques dans ces régions qui peuvent répondre à l'urgence des prises de décisions nécessaires [5].

Nous essayons de faire une approche originale concernant les états de surface des sols alluviaux dans le Sahara septentrional, où la surface du sol est l'objet principal de l'étude. La surface du sol est ici étudiée où tous les éléments composant cette interface sol-atmosphère sont considérés et étudiés à l'aide de la télédétection, la cartographie pédologique des sols alluviaux dans ces régions à partir des états de surface du sol en tant qu'outil qui permettant d'interpoler et de spatialiser les données discontinues recueillies sur le terrain par les pédologues.

Notre objectif est de caractériser les différents types des états de surface des sols alluviaux rencontrés dans la station d'étude, de trouver la relation entre la surface du sol et le sol lui-même en plus de rechercher les relations entre les caractéristiques de cette surface avec les comptes numériques d'une image satellitale Landsat ETM+, pour l'étude cartographique de cette région en matière de pédologie.

## **2. MATERIELS ET METHODES**

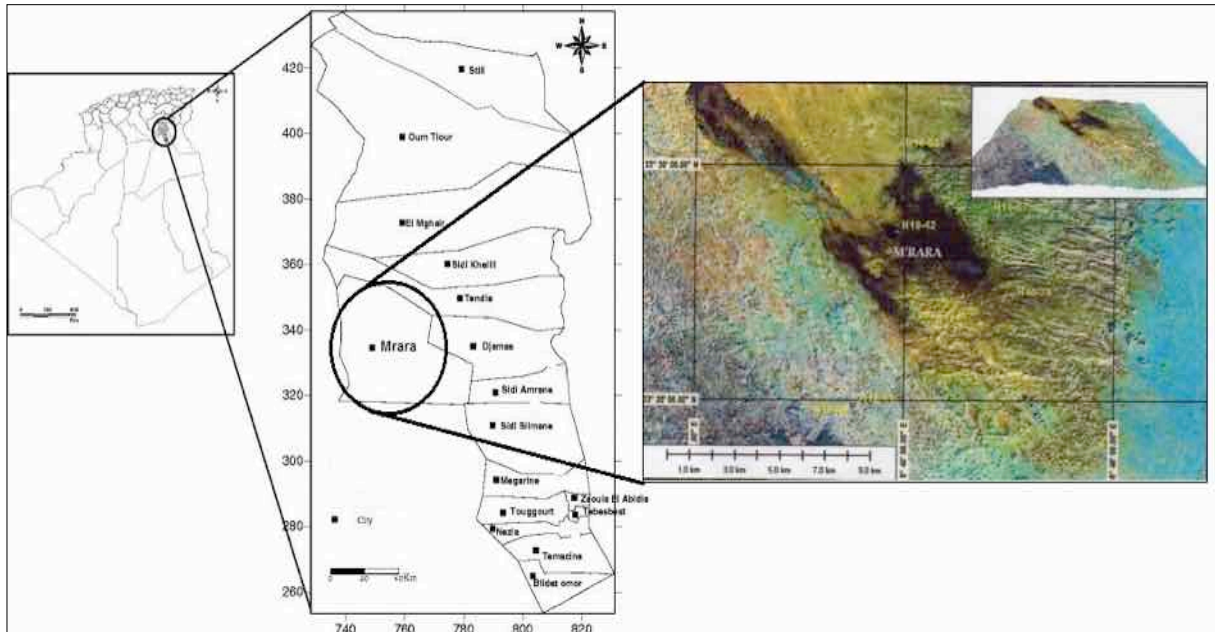
### **2.1. Zone d'étude**

La région d'étude qui a été choisie c'est El Marra représente type de bassin endoréique (Dayas) ; située au Sahara septentrional. M'Rara, ou daya de M'Rara elle est située sur le plateau (plateau gréseux) de l'ouest de l'Oued Righ, localisée dans la région des daya se trouve comprise entre l'Atlas saharien et la partie nord et la Chebka du M'Zab[6]. Elle couvre une superficie de 113200 ha, elle consiste une grande daya de superficie 1000 ha environ.

Administrativement, M'Rara est située dans la wilaya d'El-Oued, Nord-Est du Sahara algérien, dans la zone de Oued Rhir, à environ 110 Km à l'Est d'El-Oued à 55 Km au Nord-Ouest de Touggourt et à 32 Km à l'Ouest de Djamaa [7]. La région de M'Rara se trouve à 102 m d'altitude et possède comme coordonnées géographiques :



X1: 5°35' , X2: 5°45' Est et Y1: 33°25' , Y2: 33°30' Nord



**Figure 1.** Situation géographique du secteur d'étude.

La daya de M'Rara est un bassin collectent des eaux de Oued R'Tem, et c'est un récipient de son cargaison alluvial, ce bassin retenu par un plateau de formation quaternaire sépare et prison les eaux de l'oued pour celle n'arrive pas à région de Oued Righ.

Les types de sols rencontrés dans cette daya sont assez homogènes dans l'ensemble. Et d'une façon générale, ces sols sont relativement jeunes puisque il s'agit d'apports successivement récents.

## 2.2. Approche méthodologique

### 2.2.1. Caractérisation morpho-analytique des sols

- ↳ Une description morphologique détaille des états de surface du sol et des profils types réalisés dans les sols des stations et prélèvement au niveau de chaque station des échantillons de sol pour analyser au laboratoire.
- ↳ Caractérisation analytique des échantillons concernant l'aspect physique (granulométrie, calcaire totale et le gypse), l'aspect chimique (pH, CE, les sels solubles) et l'aspect biologique (M.O%)

### 2.2.2. Caractérisation des états de surface des sols par télédétection

Traitements numériques des images Landsat ETM+ choisis 02-04-2001/194-37 ont servi à mettre en évidence les différents états de surface. les résultats de la Classification supervisée par minimum de distance de la trichromie des canaux bruts (ETM+ 7, 4, 1), suivait par un rééchantillonnage de l'image Landsat ETM+ à 30 m pour qu'on obtient des images Landsat ETM+ à 15 m, résultat finale de la fusion d'image multi-résolution que nous adoptons dans ce cadre est la production d'une image polygénique de synthèse appelée fusionnée à partir de données constituées d'une image monogénique panchromatique à Haute résolution spatiale(15m×15m)( P-HRS) et d'une image polygénique multispectrale à basse résolution spatiale(30m×30m) (TM-BRS). l'objectif de conserver au niveaux l'information spectrale de l'image TM-BRS et d'injecter dans le produit un maximum d'information spectrale et spatiale prévenant de l'image P-HRS [8, 9].

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1. Principaux états de surface observés

##### a. Etat de surface à végétation

En matière de végétation, on note sur la plupart des stations d'étude la dominance des espèces éphémères liées surtout au moment de la réalisation de l'étude (après une période pluvieuse), la répartition de la végétation donne au pédologue des renseignements très importants sur la richesse du sol et sa profondeur. Il n'est certainement pas facile d'interpréter directement les états de surface des sols sous couvert végétal, pour cette raison CASNAVE et ESCADAFAL [2, 3] ont considéré l'état de surface à végétation comme l'un des types de surface du sol en région aride et semi aride.

##### b. Etat de surface sableux

La description géomorphologique confirmée par les analyses détaillées de la fraction sableuse, montre que ce type des états de surface sableux (dominance de sable fin et moyen) est le plus répandu et le plus dominant du point de vue surface, donc l'ensablement parmi les formes d'érosion les plus actives.

##### c. Etat de surface à reg

La nature et l'organisation de la charge en éléments grossière qui peut donner différents types de surfaces élémentaires. La surface est gravelo-caillouteuse avec la présence de microconglomérats à ciment carbonaté, la charge en éléments grossiers est de 55 %.

##### d. Etat de surface gypseux

Formés d'affleurements d'horizons gypseux, soit des roches gypseuses altérées en surface, soit des accumulations secondaires de gypse dans les sols sous forme d'encroûtement, de croûte ou de charge grossière. La croûte polygonale couverte par des sables gypseux blanchâtres.

##### e. Etat de surface à croûte

Les croûtes sédimentaires résultent d'un déplacement des particules avec tri après un ruissellement ou une accumulation localisée des eaux de ruissellement. Elles sont caractérisées par une texture hétérogène dominée soit par l'argile et/ou les limons. La structure est de type lamellaire. L'épaisseur de la croûte est variable avec un aspect de surface est lisse.

#### 3.2. Types de sols trouvés

L'étude morphologique des profils pédologiques montre que le sol est une succession des couches superposées sous forme d'une stratification, qui se traduit par des différences très nettes dans la granulométrie, la couleur et la structure d'horizon, avec des limites très nettes entre les horizons, ce qui indique que ces sols sont encore très jeunes, soumis à deux types d'apports alluvial et éolien.

Les résultats d'analyses physico-chimiques montrent que les sols étudiés possèdent des pH alcalin à neutre sur tous les solums avec une conductivité électrique faible, le faciès géochimique des solutions du sol est varié entre chloruré-sodique et sulfaté-calcique.

La teneur de calcaire augmente systématiquement dans les horizons argileux, concernant les le gypse les valeurs sont très faible ne dépassent pas les 4% pour la majorité des profils réalisés. : Les profils étudiés ont des horizons pratiquement dépourvus de matière organique sauf pour les horizons de surface des sols cultivés où le pourcentage de matière organique dépasse les 3%

L'étude des différents types du sol nous a permis de distinguer, selon la classification WRB (FAO 1998), les classes de sol suivantes :

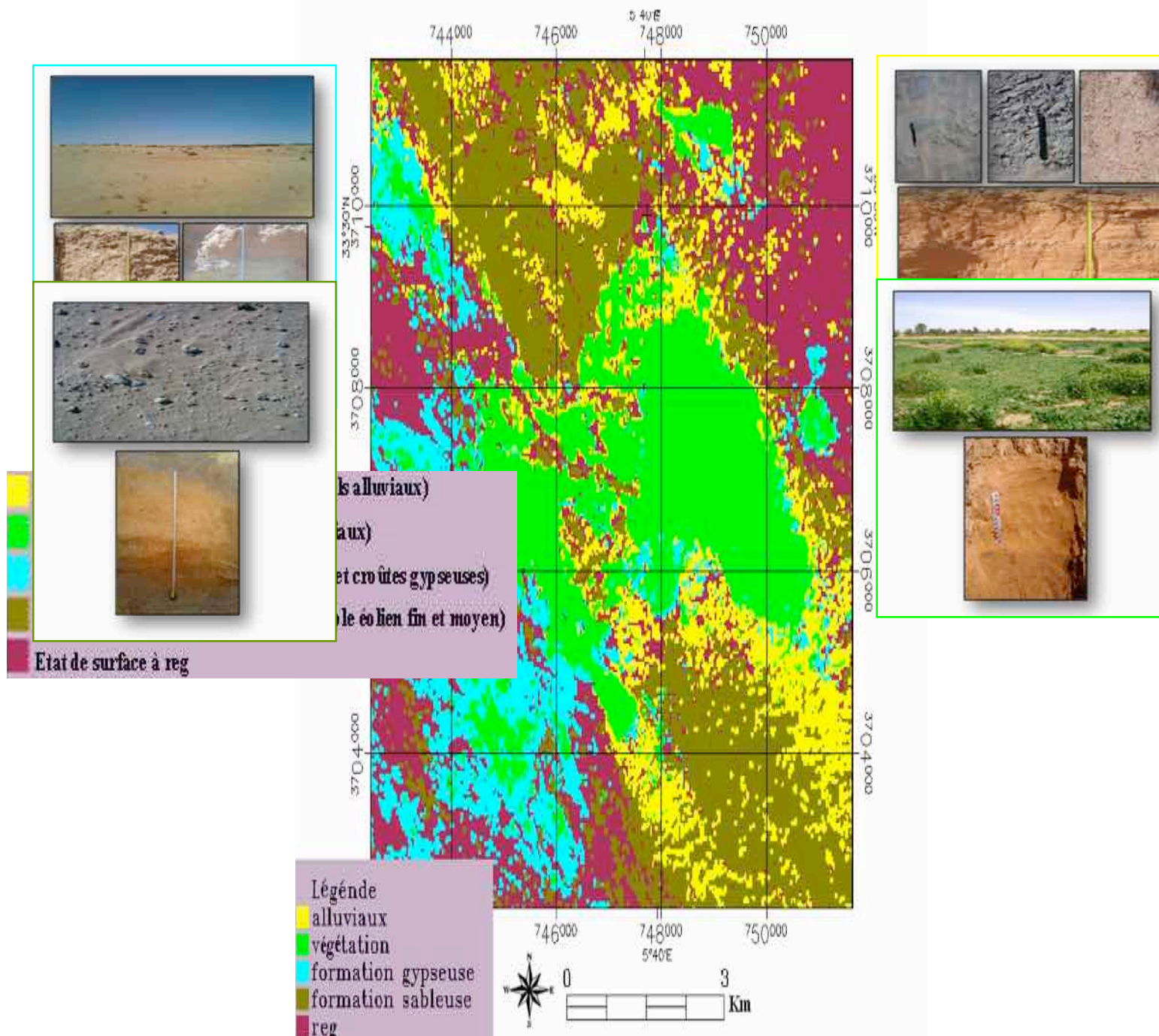
*Fluvisol arénique* : caractérisé par un état de surface sableux et/ou à croûte

*Fluvisol calcique* : caractérisé par un état de surface à végétation.

*Gypsisol yermique aridique* : Ce type de sol très répandu dans les limites de daya caractérisé par un état de surface à Reg.

### 3.3. Classification des états de surface par télédétection

La connaissance a priori du terrain, a amené à choisir la classification par la méthode du maximum de vraisemblance qui est considérée comme une technique puissante de classification. Les parcelles d'entraînement utilisées dans la classification correspondent aux états de surface identifiés et localisés sur le terrain.



**Figure 2.** Classification supervisée par minimum de distance de la trichromie RVB (7,4, P) de l'image ETM+ de Landsat 7 du 02/04/2001 de la région de M'ara.

Après avoir appliqué la méthode de minimum de distance, nous obtenons le résultat de la figure (2) pour l'image Landsat de 02/04/2001 de la région de M'Rara. La matrice de confusion correspondante à l'image classifiée est donnée par le tableau 1.

**Tableau 1.** Matrice de confusion de la classification de la station d'El Mrara à partir de la combinaison des canaux TM7/TM4/P

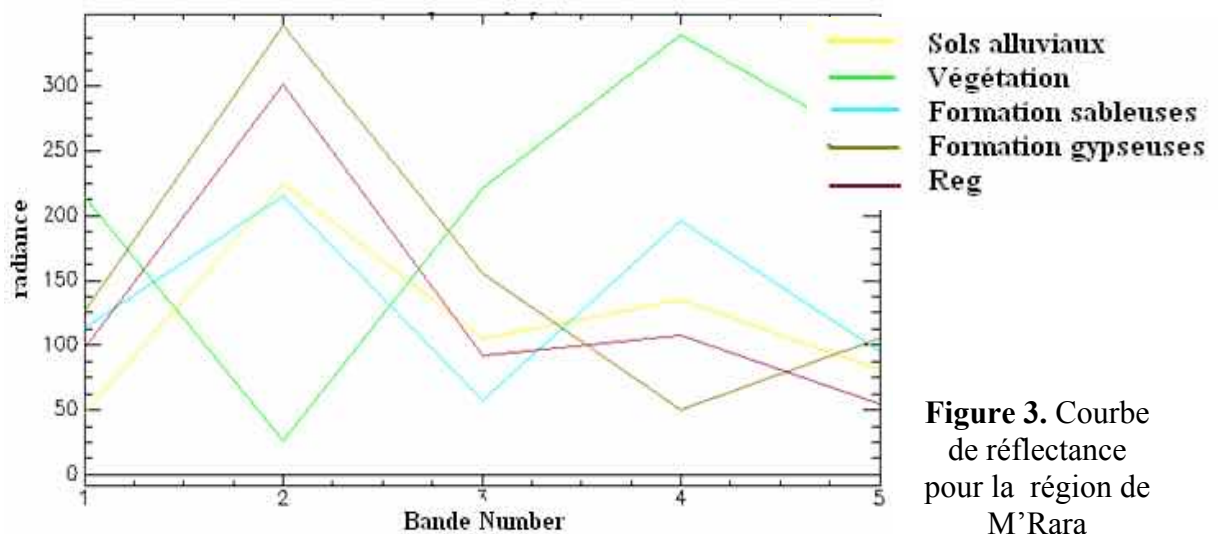
Classes	Alluviaux	Végétation	Formation gypseuse	Formation sableuse	Regs	Total	Précision Utilisateur %	Erreur de Commission %
Alluviaux	162	14	0	0	16	192	84.38	15.63
Végétation	0	895	0	0	0	895	100	0
Formation gypseuse	0	0	239	0	0	239	100	0
Formation sableuse	0	5	0	372	178	377	98.67	1.33
Regs	0	0	21	0	232	253	91.70	8.30
<b>Total</b>	162	914	260	372	265	<b>1964</b>		
<b>Précision producteur %</b>	100	97.92	91.92	100	90.63			
<b>Erreur d'omission %</b>	0	2.08	8.08	0	9.38			
							<b>Indice Kappa</b>	0.95
							<b>Précision globale</b>	96.74 %

L'examen de l'indice Kappa qui est de 0.9541, traduit la qualité de la classification puisqu'elle atteint les 95.41 % des pixels bien classés d'où le résultat de cette classification qui correspond réellement à la réalité du terrain.

La précision générale de 96.74 % indique que 96.74 % des pixels de l'image sont bien classés. Quant à la classe de végétation, sa précision est de l'ordre de 97.92 % puisque parmi les 914 pixels correspondants à cette classe, 14 ont été classés dans la classe des sols alluviaux et 5 dans la classe des formations sableuses. La précision des formations gypseuses est de 91.92 % d'où ; parmi les 260 pixels représentant la classe formations gypseuse, 239 ont été bien classés, 21 classes comme regs

La précision de reg est de 90.62 % d'où 232 pixels ont été bien classés pour la somme des pixels 265, 179 classée comme formations sableuses et 16 avec la classe des alluviaux. La précision des formations sableuses et de la classe alluviale est de 100 % où les pixels représentant ces deux classes sont bien classés.

Le taux de 100 % de précision de la classe aspect de surface sableux est dû aux grandes étendues qui forme cette classe, car ; les dépôts les plus récents tapissant actuellement les lits d'Oueds apparaissent d'une manière générale très sableux à prédominance de sable fin caractéristique de la sédimentation hydro-éolienne, ce caractère est commun à toutes les dayas et les lits d'Oueds des zones arides.



**Figure 3.** Courbe de réflectance pour la région de M'Rara

L'interprét

ation des signatures spectrales des objets montre que les bandes dans le proche infrarouge (ETM+ 4) et le moyen infrarouge (ETM+ 7) sont celles qui apportent plus d'informations au niveau pédopaysagique et géomorphologique dans la station d'étude.

#### 4. CONCLUSION

En résumé de cette brève étude que les descriptions morphologiques ne sont qu'une façon de caractériser la surface des sols, si l'on s'intéresse au fonctionnement des milieux seuls des mesures permettent de quantifier les différents flux qui interviennent à la surface des sols. Dans les régions arides, il n'y a pas toujours la même relation biunivoque entre la surface du sol et le sol lui-même. Cette relation est confirmée par l'état de surface de type sableux et type végétation. Mais de façon générale l'état de la surface des sols est fortement lié au type d'unité morpho-pédologique.

Enfin, dans le milieu saharien l'identification de ces états de surfaces nécessite des traitements d'images spécifiques, bien étudiés et une combinaison des canaux et des néocanaux les plus pertinents et les mieux adaptées aux objectifs assignés. On peut plus l'intégration des données auxiliaires peut offrir un bon niveau de précision. Pour être utilisée à des fins de modélisation hydrologique, pédologique et agronomique.

#### REFERENCES

- [1] Boulahouat N., Naert B., 1996.- Télédétection des ressources en sols des zones arides, une méthode d'inventaire adaptée au travail sur le terrain expérimentée dans la région de Djelfa (Algérie), 16p.
- [2] Gilliot J. M., Bertrand P et Girard M. C., 1995.- Cartographie agropaysagère à partir d'images satellitales SPOT: réalisation d'un système d'information géographique du département de l'Yonne. In «SIG et gestion de l'environnement : nouveaux outils, nouvelles pratiques ? », Séminaire International, Saint-Étienne, 16-17/11/1995.
- [3] Escadafal R., 1989.- Caractérisation de la surface des sols arides par observation de terrain et par télédétection. Thèse de pédologie. Université, Paris, 317p.
- [4] Casenave A. et Valentin C., 1989.- Les états de surface de la zone sahélienne. Ed, ORSTOM, Collection Didactiques, 227 p.
- [5] Djili B., 2004.- Etude des sols alluviaux en zones arides, cas de la daya d'EL- Amid (région Guerrara), essai morphologique et analytique. mémoire de magister. Univ de Ouargla, 81p.

[6] Hamdi-Aissa B., 2001.- Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla) Approches micro-morphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale, Thèse Doct, I.N.A-PG, Paris ,310p.

[7] Naret B., 1995.- Cartographie des sols aidée par télédétection. Une méthode adaptée aux milieux méditerranées et arides. I.N.R.A., Montpellier-France. pp 193-205.

[8]Fadhel G., 2001.- Proposition d'une méthode de cartographie des pedopaysages, application a « la moyenne vallée du Rhone », Thèse Doct, INA PG ,Paris, 210p.

# RECHERCHE DE PGPR DANS LES SABLES DES DUNES DU SUD ALGERIEN

**ISSAD S., KACI Y., KARALI K.**

*Equipe de Biologie des sols - Laboratoire de Biologie et de Physiologie des Organismes  
Faculté des Sciences Biologiques, USTHB BP 32 El Alia Bab Ezzouar, 16111 Alger  
[sissad@yahoo.fr](mailto:sissad@yahoo.fr)*

**Résumé :** L'utilisation des technologies microbiennes dans l'agriculture s'étend rapidement par la découverte de nouvelles souches bactériennes efficaces dans l'amélioration de la croissance des plantes (PGPR). La sélection et l'utilisation des PGPR sont liées à la caractérisation de ses propriétés favorisant la croissance végétale. Ces propriétés sont le plus souvent la production d'auxines, la fixation d'azote, la solubilisation du phosphate, l'antagonisme et la production des sidérophores... Le présent travail a pour objectif la recherche et la mise en évidence de bactéries présentant ces caractéristiques (PGPR) et leur utilisation au profit de l'amélioration des rendements des cultures du blé dur « *Triticum durum* L. ». 50 souches isolées à partir des sols de trois régions du sud d'Algérie « Taghit, Igli, Béni abbes », ont été testées pour leur production d'acide indolacétique (AIA). Les résultats obtenus témoignent d'une activité variable dont la teneur la plus forte avoisine 46µg/ml de milieu et cela en absence de tryptophane. Les tests de solubilisation des phosphates, autre caractéristique des PGPR a été recherchée. Les souches isolées ont montré que 4 souches sur un total de 50, ont montré une bonne efficacité avec un indice de solubilisation supérieur à 1. Ces souches se caractérisent aussi par une bonne production d'EPS. Ce travail a montré que les zones arides et plus précisément les sables des dunes du désert algérien hébergent des populations bactériennes présentant un potentiel métabolique exploitable sur le plan agronomique.

**Mots clés :** AIA, Solubilisation du phosphate, Antagonisme, EPS.

## بحث عن سلالات بكتيرية PGPR في الرمال الكثبان الجنوبية الجزائرية

**ملخص :** استخدام التكنولوجيات الميكروبية في الزراعة تتوسع بسرعة ملحوظة من خلال اكتشاف سلالات بكتيرية جديدة فعالة في تحسين نمو النباتات PGPR وقد يرتبط اختيارها واستخدامها بتوصيف خصائصها لصالح نمو النبات. حيث أن هذه الخصائص تتمثل في إنتاج من حامض الأندول (AIA) حلالية الفوسفات إنتاج سيديروفور و العذاء. تهدف هذه الدراسة إلى البحث عن البكتيريا التي تتميز بهذه الخصائص واستخدامها لصالح تحسين غلة القمح القاسي *Triticum durum* L. ولهدا فقد تم اختبار 50 سلالة معزولة من التربة في ثلاث مناطق جنوبية من الجزائر "تاغيت، إيغلي، بني عباس"، لإنتاجها من حمض الأندول (AIA). النتائج التي تم الحصول عليها تشهد على نشاط متنوع مع محتوى أعلى المجاور ب 46µg/ml. كما أظهرت نتائج انحلال الفوسفات أن 4 سلالات فقط من مجموع 50 تميزت بكفاءة جيدة مع مؤشر الانحلال أعلى من 1. هذه السلالات تتميز أيضا بإنتاج جيد من EPS. أظهر هذا العمل أن المناطق القاحلة وخاصة رمال الكثبان الصحراوية الجزائرية تؤوي جماعات بكتيرية ذات إمكانات ميطابولية قابلة للاستغلال الزراعي.

**كلمات دالة :** انحلال الفوسفات, العذاء, EPS, AIA

## 1. INTRODUCTION

Les régulateurs de croissance des végétaux sont les substances qui influencent les processus physiologiques de la plante à de très faibles concentrations et contrôlent les événements spécifiques du métabolisme d'une plante. Les hormones végétales sont des messagers chimiques affectant la capacité de la plante à réagir à son environnement. Elles jouent un rôle important dans la réponse de la plante aux stress biotiques et abiotiques. En effet, l'utilisation des hormones en tant que molécules signal ne sont pas destinées seulement aux plantes mais participent aussi à la communication entre les bactéries et d'autres micro-organismes [1].

Le phosphore, un macronutriment essentiel pour la croissance et le développement des plantes est aussi un important élément nutritif limitant ; cependant, il n'est pas disponible pour les plantes, une grande quantité se trouve sous forme insoluble. Les bactéries solubilisant le phosphate, PSB (Phosphate Solubilizing Bacteria) sont fréquentes dans la rhizosphère [2] et permettent sa disponibilité pour les plantes par minéralisation du P organique du sol et par solubilisation des phosphates précipités [3]. La capacité de quelques micro-organismes à convertir le phosphore insoluble en forme accessible est un trait important pour les PGPR.

Les bactéries rhizosphériques solubilisant le phosphate pourraient être une source prometteuse comme agent biofertilisant dans l'agriculture [4].

## 2. MATERIELS ET METHODES

Le présent travail a pour objectif la sélection des bactéries présentant ces caractéristiques (PGPR) et leur utilisation au profit de l'amélioration des rendements des cultures du blé dur « *Triticum durum* L. ». 50 souches bactériennes ont été isolées à partir des sols des régions du sud d'Algérie « Taghit, Igli et Beni abbes », des zones qui bénéficient d'un climat désertique chaud, typique du Sahara avec des étés très longs et extrêmement chauds et des hivers courts et très doux et des sols sableux. L'isolement des souches a été réalisé en utilisant la technique classique d'isolement et de purification sur le milieu TSA.

La production de l'acide indole acétique est testée sur milieu LB ensemencé par des cultures bactériennes, et incubé à 30°C/ 3jours puis centrifugées à 5000 rpm/ 20min. Le surnageant est mélangé au réactif de Salkowski et les concentrations de l'AIA sont déterminées par mesure de la DO.

L'évaluation de la capacité de solubilisation des phosphates est réalisée sur milieu PVK contenant du  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  comme source de phosphate. Un volume de chaque culture bactérienne de 24h est déposé à la surface du milieu PVK puis incubé à 30°C/7jours. Le diamètre du halo autour de la colonie est ensuite mesuré.

L'effet antagoniste a été testé par la méthode de diffusion sur milieu MH. Les boîtes sont ensemencées par une suspension bactérienne de souches cibles *E. coli*, *Staphylococcus* sp. *Micrococccu sps* et *Pseudomonas sp* sur lesquelles sont disposés des disques de gélose des bactéries isolées et incubées à 37°C. La lecture des résultats s'effectue par l'apparition d'une zone d'inhibition.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats obtenus témoignent d'une production d'exopolysaccharides à des niveaux variables se traduisant pas un aspect mucoïde des colonies du point de vue morphologie (Photo 1).



**Photo 1** : Production des EPS par quelques souches isolées

L'évaluation de la production d'AIA par les 50 souches a montré des taux variables ; 0 à 6  $\mu\text{g/ml}$  de production par 45 souches bactériennes et entre 10 et 46  $\mu\text{g/ml}$  de milieu par 5 souches bactériennes seulement, ce qui nous conduit à conclure que les souches isolées sont toutes productrices d'AIA. Ces observations mettent en évidence la diversité qui existe entre les souches isolées des sols de régions différentes et d'un même sol.

Pour les tests de solubilisation des phosphates, autre caractéristique des PGPR, seulement 4 souches sur un total de 50, ont montré une bonne efficacité avec un indice de solubilisation variable entre 1 et 3mm. L'étendu des halos observés nous renseigne sur la capacité propre à chaque bactérie de solubiliser le phosphate.



Les souches ont fait l'objet d'un test d'antagonisme en présence des souches cibles *E. coli*, *Staphylococcus* sp. *Micrococcu* sps et *Pseudomonas* sp. Les résultats obtenus ont montré que seulement quelques souches produisent des biomolécules actives avec des halos différents.

Le dernier volet a été consacré à l'étude de l'effet de l'inoculation des plantules de blé dur *Triticum durum* avec deux souches « STA2A et TIG2M » isolées des sols Taghit et Igli, celles présentant une bonne production d'AIA qui ont montré un effet promoteur important sur la croissance du blé comparativement au témoin

#### 4. CONCLUSION

A l'issue de cette étude, les souches isolées des trois zones pourraient se révéler très intéressantes dans la croissance et l'amélioration des espèces végétales et pourraient aussi être prometteuse quant à leur utilisation dans la fertilisation des sols salins et arides et la stimulation de la croissance et des défenses naturelles des plantes dont la finalité est de réduire l'application de produits phytosanitaires. Les meilleures concentrations d'AIA produites permettent de classer les souches comme d'excellents phytostimulateurs.

#### REFERENCES

- [1] Spaepen, S., J. Vanderleyden et R. Remans (2007). Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signalling. *FEMS Microbiol. Rev.*, 31 (4): 425-448.
- [2] Vessey, J.K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*, 255: 571–586.
- [3] Kucey, R.M.N., H.H. Janzen et M.E. Legget (1989). Microbial mediated increases in plant available phosphorus. *Adv. Agron.* 42:199–228.
- [4] Sharma, K., G. Dak, A. Agrawal, M. Bhatnagar et R. Sharma (2007). Effect of phosphate solubilizing bacteria on the germination of *Cicer arietinum* seed sand seedling growth. *J. Herb. Med. Toxicol.*, 1: 61-63

# CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA DISTRIBUTION DU GYPSE ET DU CALCAIRE SELON LA GRANULOMETRIE (CAS DE LA REGION DE OUARGLA)

**KHIKHI O.<sup>1</sup>, HAMDI AISSA B.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Univ Ouargla, Dép. des sciences agronomiques, Fac. des sciences de la nature et de la vie, Ouargla 30 000, Algeria

<sup>2</sup> Univ Ouargla, Fac. des sciences de la nature et de la vie, Lab. Biogéochimie des milieux désertiques, Ouargla 30 000, Algeria  
[Oumelkherkhikhi@gmail.com](mailto:Oumelkherkhikhi@gmail.com)

**Résumé :** L'objectif de ce travail est l'étude du fonctionnement des sols de la région de Ouargla à travers la caractérisation des fractions minérales. Il s'agit de l'étude de la distribution du gypse et de la calcite selon les différentes classes granulométriques. Ce travail est élaboré sur la base d'un échantillon de 13 horizons concernant 4 profils dont le choix de localité est conditionné par la présence du gypse et/ou de la calcite. Après une caractérisation globale des profils, les échantillons prélevés ont été analysés au laboratoire pour la détermination du pH, CE, calcite, gypse et granulométrie. Les paramètres étudiés montrent que ces sols sont à texture sableuse avec une moyenne de 79% du sable. La distribution de la calcite, marque l'importance de la fraction LA (40,05 %) alors que 84.62 % du gypse est sableux. La distribution des sels suit d'une manière très concordante la granulométrie du sol, surtout pour le gypse qui présente une relation positive fortement significative pour une probabilité d'erreur inférieure à 1 %. Les différences observées entre le gypse et la calcite peuvent être expliquées par les propriétés naturelles de ces sels, notamment la solubilité et l'ordre de précipitation des évaporites et leurs natures (la calcite est plus fine que le gypse).

**Mots clés :** sol, gypse, calcite, granulométrie, Ouargla

## عنوان المداخلة : المساهمة في دراسة توزيع الجبس و الكلس حسب حجم حبيبات التربة ( حالة منطقة ورقلة )

**ملخص :** الهدف من هذا العمل هو دراسة كيفية تشغيل التربة بمنطقة ورقلة عبر توصيف الأجزاء المعدنية. إن الأمر يتعلق بدراسة توزيع الجبس و الكالسيت حسب مختلف أقسام أحجام حبيبات التربة. تم إنجاز هذا العمل على أساس عينة من 13 افاق او طبقات في 4 مقاطع أرضية حيث اختار مواقعها مشروط بوجود الجبس و/أو الكالسيت. بعد التوصيف الشامل للمقاطع ، تم تحليل العينات في المختبر لتحديد درجة الحموضة pH، درجة التوصيل الكهربائي CE، الكالسيت والجبس وحجم الجسيمات. تبين المعلمات المدروسة أن هذه التربة رملية بمتوسط 79% من الرمال. أما توزيع الكالسيت، يبين أهمية جزء الطين (40.05 %) ، في حين أن 84.62% من الجبس رملي الحجم. إن توزيع الأملاح يتبع بانسجام كبير حجم حبيبات التربة، وخاصة بالنسبة للجبس الذي لديه علاقة إيجابية قوية باحتمال الخطأ أقل من 1%. الفروق الملحوظة بين الجبس و الكالسيت يمكن تفسيرها بالخصائص الطبيعية لهذه الأملاح، ولاسيما الذوبان والنظام ترسب المتبخرات وطبيعتهم (الكالسيت أكثر نعومة من الجبس).

**كلمات دالة :** التربة، الجبس، الكالسيت، الحبيبات، ورقلة

## 1. INTRODUCTION

Le sol est un milieu fragile qui constitue une ressource naturelle non renouvelable. La genèse et le comportement des sols des régions arides, mettent en jeu des processus dont le siège est la fraction saline [1]. En réalité, il existe de nombreuses études sur les sols des zones arides d'Algérie, mais elles concernent surtout les zones steppiques et elles traitent principalement le côté morphologique et rarement le côté fonctionnel [2]. Les études cartographiques de la région de Ouargla ont permis de montrer la grande extension des sols à encroûtement calcaire et gypseux et les sols salés, mais elles restent insuffisantes et doivent être généralement succédées par une autre phase permettant d'apprécier ces types de sols en cas de mise en valeur [2]. Ce travail a pour objectif d'approcher d'avantage les sols de la région de Ouargla et de comprendre le niveau de relation entre la distribution du gypse et du calcaire dans les sols selon la granulométrie. Autrement dit c'est l'étude de la texture du gypse et de la calcite dans le sol ou de leurs concentrations par rapport aux différentes classes granulométriques.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

Ce travail est élaboré sur le territoire de la région de Ouargla située au sud-est de l'Algérie, à 800 km de la capitale. Cette région se situe dans l'étage bioclimatique saharien, son climat est caractérisé par une aridité nettement exprimée et une sécheresse permanente. Cette aridité est l'élément fondamental de la pédogenèse de ses sols caractérisés par la présence du gypse et du calcaire et dont l'évolution actuelle est soumise, en présence de la nappe phréatique, à deux phénomènes principaux ; l'hydromorphie et l'halomorphie [3].

### 2.2. Approche méthodologique

Ce travail qui rentre dans le cadre d'une approche purement pédologique, est élaboré sur la base d'un échantillon de 13 horizons concernant 4 profils, repartis comme suit :

- Un profil (P1) dans le reg (Nord de Hassi El Khafif, à 25 km environ d'El Hadjira).
- Deux profils (P2 et P3) en bordure de Sebkhet Safioune (Nord de N'Goussa).
- Un profil (P4) dans le glacis à l'Ouest de Sedrata (route d'El Goléa).

Après la description des profils sur terrain, les échantillons collectés ont fait l'objet d'analyse au laboratoire pour la détermination du pH, CE, taux de la calcite, taux de gypse ainsi que la granulométrie. Le taux de gypse et de la calcite sont ensuite déterminés dans chacune des fractions granulométriques suivantes : sable très grossier (2 à 1 mm), sable grossier (1 à 0,5 mm), sable moyen (0,5 à 0,2 mm), sable fin (0,2 à 0,1 mm), sable très fin (0,1 à 0,05 mm) et limon-argile (< 0,05 mm).

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Analyse globale des échantillons par horizon

Le diagnostic des profils montre bien qu'il s'agit des sols à croûte calcaire (P1), à encroûtements gypseux (P2 et P3) ou à croûtes gypseuses (P4). Les paramètres étudiés montrent que ces sols sont généralement à pH neutre ou basique avec des valeurs qui varient de 6.7 à 8.6. Les valeurs de la CE prouvent qu'il y'a dominance des sols peu salés, avec la présence des sols très salés dans le profil P4 qui est le plus riche en gypse (Tab. 1).

**Tableau 1.** Variation CE moyenne selon les profils (dS/m à 25°C)

Horizon	P1 (reg)	P2 (sebkha)	P3 (sebkha)	P4 (glacis)
H1	0,22	0,98	1,6	4,47
H2	0,16	0,89	1,3	3,94
H3	0,96	0,99	0,96	1,73
H4	0,84	-	-	-
Moy	<b>0,545</b>	<b>0,95</b>	<b>1,29</b>	<b>3,38</b>
Nature	<b>Non ou peu salée</b>	<b>Peu salée</b>	<b>Peu salée</b>	<b>Très salée</b>

Une relation positive de proportionnalité fortement significative est déduite entre la CE et le gypse. Ce dernier se concentre dans les horizons les plus profonds, mais la concentration du gypse est plus importante dans les horizons superficiels par rapport aux horizons intermédiaires. Cela peut être expliqué, d'une part par le lessivage des sels en profondeur avec l'abaissement du niveau de la nappe phréatique et d'autre part par la migration des sels vers la surface et dépôt après évaporation de l'eau. Concernant la concentration de la calcite; ce sont les horizons superficiels qui sont les plus pauvres en calcite avec une tendance d'être inversement proportionnelle à celle du gypse. Le taux de gypse est nettement supérieur au taux de la calcite pour la majorité des horizons, excepté pour les trois premiers horizons du profil P1 (reg) dont la calcite domine (Tab. 2).

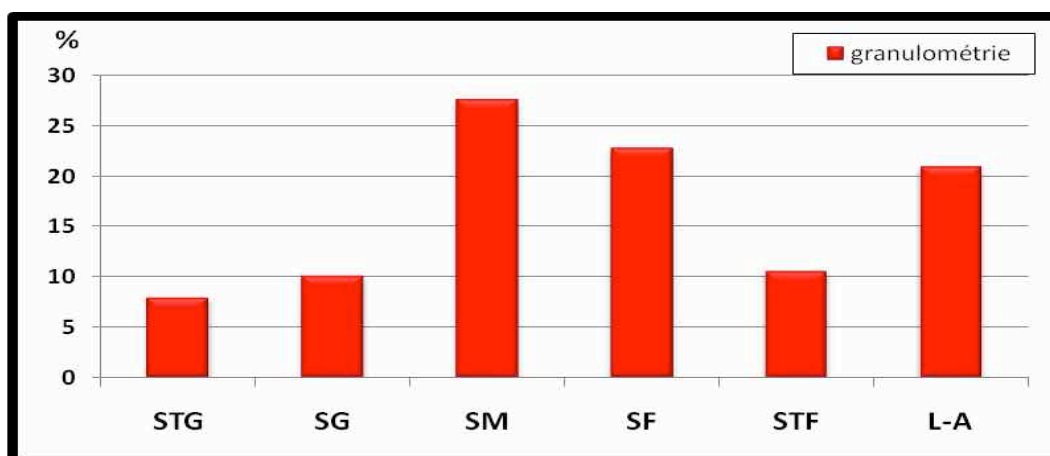
**Tableau 2.** Le taux moyen du gypse et de la calcite par horizon et par profil

Profil	P1 (reg)		P2 (sebkha)		P3 (sebkha)		P4 (glacis)	
	Gypse	Calcite	Gypse	Calcite	Gypse	Calcite	Gypse	Calcite%
H1	0,33	2,60	20,08	0,01	16,62	3,13	66,39	0,00
H2	0,87	13,15	16,21	0,07	20,98	1,40	44,07	2,91
H3	1,65	16,11	32,03	0,17	28,27	1,51	49,57	0,11
H4	45,3	2,88	-	-	-	-	-	-
Moy	12,04	8,68	22,77	0,08	21,96	2,01	53,34	1,00 %

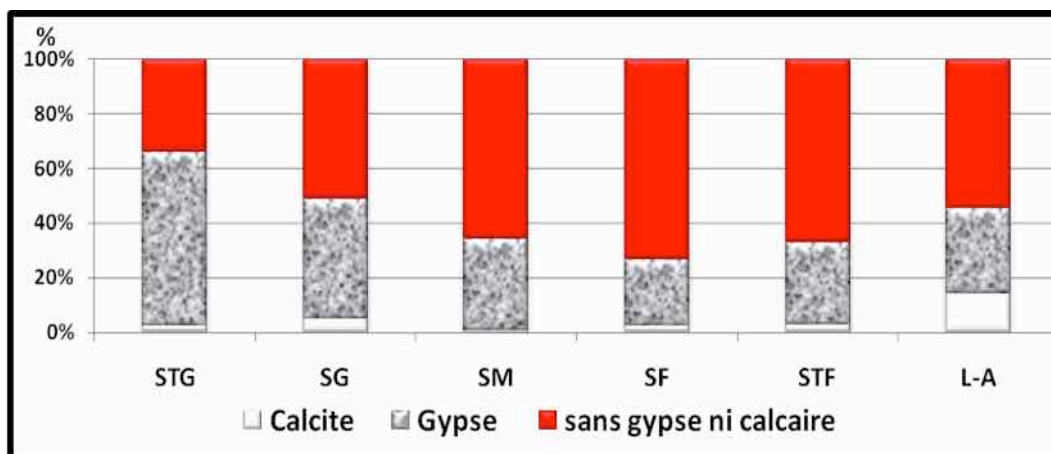
Tenant compte de la séquence de précipitation des évaporites, la calcite se précipite avant le gypse. Autrement dit, la calcite a été probablement précipitée dans les horizons intermédiaires avec un taux plus important par rapport aux horizons superficiels, tandis que le gypse continue à migrer vers le haut ou vers le bas pour se précipiter après la calcite.

### 3.2. Analyse par classe granulométrique

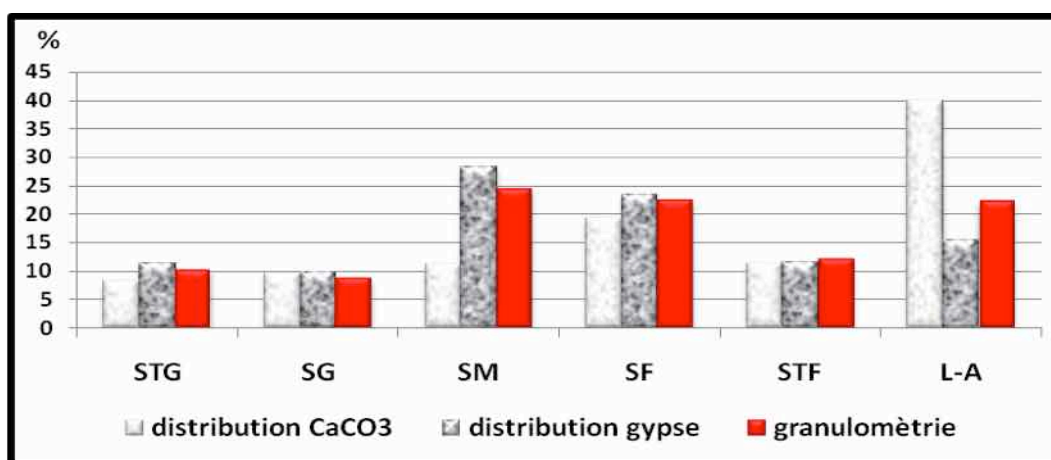
A partir des valeurs moyennes calculées par chaque classe granulométrique il est déduit que ce sont des sols à texture **sableuse** avec une moyenne de 21% de limon-argile et 79 % de sable. Ce dernier est dominé par la fraction des sables moyens et fins (Fig. 1).

**Figure 1.** Taux moyens des fractions granulométriques.

La comparaison des quantités moyennes du gypse et de la calcite par rapport à la granulométrie, permet de déduire que ces sels occupent une place importante dans la composition de ces sols qui dépassent 38 % en moyenne et varie entre 24 et 67 % (Fig. 2).



**Figure 2.** Importance de la quantité moyenne du gypse et de la calcite par classe granulométrique



**Figure 3.** Distribution moyenne du gypse et de la calcite par classe granulométrique

Ce qui est important à signaler est que la distribution des sels dans les différentes fractions du sol suit d'une manière très concordante la granulométrie du sol, surtout pour le gypse dont la variation du taux est presque identique à celui de la granulométrie, dans la même échelle de présentation. Autrement dit, une quantité de sol se partage en fractions granulométriques de la même manière que la quantité de gypse qu'elle contient.

Pour une quantité donnée de gypse, environ 15.38 % se retrouve distribuée dans la fraction fine (limon-argile), alors que 84.62 % se retrouve dans les fractions des sables tous confondus. Il y a donc la dominance du gypse sableux. Concernant la calcite, l'évolution globale suit la même allure, mais avec une proportion plus faible dans la classe du sable moyen, et contrairement au gypse et à la granulométrie, nous remarquons une proportion assez importante et très marquée dans la fraction du limon-argile. Elle correspond à 40.05% du total de la calcite.

Il y'a donc une relation positive significative entre la distribution du gypse et de la calcite et la granulométrie du sol. L'élaboration de la courbe de tendance de variation du gypse en fonction de la granulométrie permet de confirmer la relation fortement significative pour une probabilité d'erreur inférieure à 1% entre ces variables.

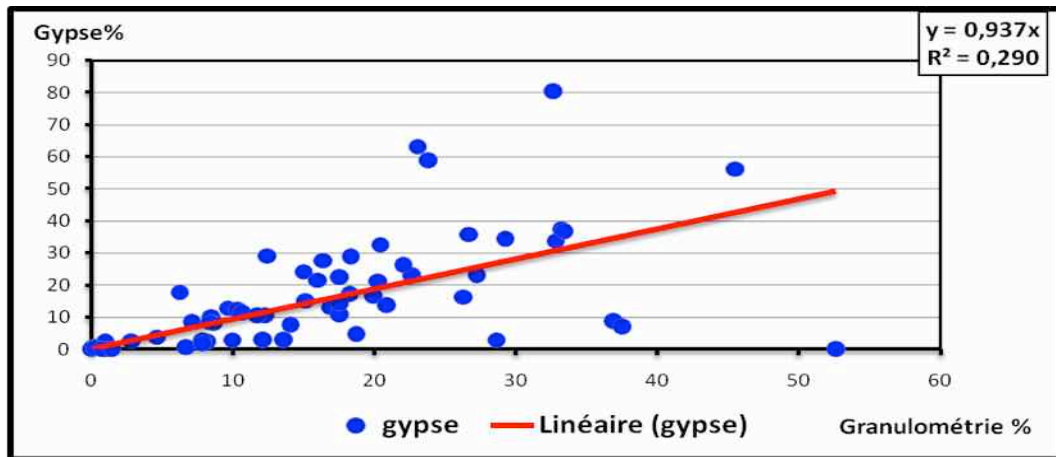


Figure 3. Variation de la distribution du gypse en fonction de la granulométrie

#### 4. CONCLUSION

La présence du gypse ou de la calcite dans le sol est dépendante des paramètres du milieu qui favorisent la sédimentation des sels dans les milieux favorables tels que les glacis, les sebkhas et les regs et qui expliquent l'origine et le processus de formation de ces sels. Ces paramètres influent sur la distribution des sels qui présentent des différences liées à leurs propriétés naturelles, notamment en ce qui concerne la solubilité et l'ordre de précipitation des évaporites ainsi que la nature plus fine de la calcite par rapport au gypse. Enfin ce travail doit être complété par l'approche de l'influence du mode de cristallisation ou d'accumulation des sels sur la distribution granulométrique avec comparaison entre les différents types de sols existants.

#### REFERENCES

- [1] Halitim A., 1988. - Les sols des régions arides d'Algérie, Edition OPU, Alger 384 p.
- [2] Hamdi-Aïssa B., V. Valles, A. Aventurier & O. Ribolzi, 2004. - Soils and brines geochemistry and mineralogy of hyper arid desert playa, Ouargla basin, Algerian Sahara. *Arid Land Research and Management*, 18, 103-126.
- [3] Idder M., 2006.- Mode de fixation et de cristallisation des sels dans un sol nu non irrigué dans la région de Ouargla, thèse de magister, option sciences du sol. INA El Harrache, Alger, 101 p.

# ETUDE DE LA QUALITE CHIMIQUE DES EAUX D'IRRIGATION : CAS DE LA REGION DE OUARGLA

**LACHACHE A., BOUDJENAH-HAROUN S.**

*Université Kasdi Merbah Ouargla. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Lab. Recherche sur la Phœniciculture, Ouargla, 30000 Ouargla, Algeria.*

[lachache.amina@yahoo.fr](mailto:lachache.amina@yahoo.fr)

**Résumé :** La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation. Le but de notre étude est la caractérisation des eaux d'irrigation exploitées dans la région d'Ouargla. Pour cela, des analyses physico-chimiques de l'eau ont été effectuées au laboratoire de l'université. Les paramètres mesurés ont porté sur la conductivité, le pH et sur les éléments majeurs à savoir :  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{SO}_4^{2-}$ . Les résultats ont révélé que le seuil de la salinité est largement dépassé et le danger de sodicité de ces eaux est exprimé par le calcul du taux d'absorption du Sodium ou SAR ( $\text{SAR} = \text{Na} / [(\text{Ca} + \text{Mg})/2]^{1/2}$ ). La valeur trouvée est inférieure à 18 et supérieure à 10 ce qui confirme que la quantité du sodium apportée à la solution du sol est importante et que le risque est élevé selon la classification du SAR. Le calcul de ce paramètre nous a indiqué que le degré d'aptitude des eaux de la région de Ouargla, à l'irrigation, est faible. Ainsi ça nous permet de d'apprécier la dégradation éventuelle de la structure du sol et l'altération de ses qualités physique. Des moyens correctifs doivent être envisagés car le rendement des récoltes réduit linéairement à mesure que la salinité augmente.

**Mots clés :** agriculture, ions, perméabilité, salinité, sodium, sol.

## دراسة النوعية الكيميائية المياه المستخدمة في الري: حالة إقليم ورقلة

**ملخص:** تعتبر نوعية المياه المستخدمة للري معلمة أساسية لغلة المحاصيل، والحفاظ على إنتاجية التربة وحماية البيئة. وبالتالي، فإن الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، مثل هيكلها ونفاذيتها، حساسة جدا لنوع الأيونات القابلة للتحويل الموجودة في مياه الري. والغرض من دراستنا هو توصيف مياه الري المستخدمة في منطقة ورقلة. لهذا، أجريت التحاليل الفيزيائية والكيميائية للمياه في المختبر الجامعي. المعلمات قياس قلق الموصلية، ودرجة الحموضة والعناصر الرئيسية وهي  $\text{HCO}_3^-$ ،  $\text{CO}_3^{2-}$ ،  $\text{Cl}^-$ ،  $\text{Ca}^{2+}$ ،  $\text{Mg}^{2+}$ ،  $\text{K}^+$  و  $\text{SO}_4^{2-}$ . وأظهرت النتائج أن عتبة الملوحة تجاوزت إلى حد كبير. ويتم التعبير عن خطر سوديستي من هذه المياه عن طريق حساب معدل امتصاص الصوديوم أو SAR ( $\text{SAR} = \text{Na} / [(\text{Ca} + \text{Mg})/2]^{1/2}$ ). القيمة التي تم العثور عليها هي أقل من 18 وأكبر من 10 مما يؤكد أن كمية الصوديوم الموردة إلى محلول التربة مهمة وأن الخطر مرتفع وفقا لتصنيف SAR. وقد أشار لنا حساب هذه المعلمة إلى أن درجة كفاءة مياه منطقة ورقلة، مع الري، ضعيفة. وسيمكننا ذلك من تقدير التدهور المحتمل لهيكل التربة وتغيير صفاته الفيزيائية. وينبغي النظر في الوسائل التصحيحية لأن غلة المحاصيل تقلل خطيا مع زيادة الملوحة.

**كلمات دالة:** أيونات، الزراعة، النفاذية، الملوحة، الصوديوم، التربة

## 1. INTRODUCTION

L'agriculture est, de loin, l'industrie ayant la plus grande consommation d'eau. L'irrigation des régions agricoles représente 70% de l'eau utilisée dans le monde entier. Dans plusieurs pays en voie de développement, l'irrigation représente jusqu'à 95% de toutes les utilisations d'eau. Toutefois L'effet de la qualité de l'eau d'irrigation sur les cultures est une préoccupation des agronomes et des économistes chargés de la mise en valeur des territoires des zones arides et semi-arides. Car l'eau joue un rôle important dans la production de nourriture et la sécurité alimentaire.

C'est ainsi que les futures stratégies de développement agricole de la plupart de ces pays dépendent de la possibilité de maintenir, d'améliorer et d'étendre l'agriculture irriguée. Devant ce développement agricole et industriel d'une part, et la croissance démographique d'autre part, les

besoins en eau au Sahara algérien ont augmenté d'une manière très rapide. Ceci a conduit les gestionnaires des ressources en eau à prospecter et réaliser plus de forages, de puits et d'ouvrages hydrauliques. Ce développement rapide a entraîné des problèmes énormes ces dernières années, relatifs principalement à la remontée et l'évacuation des eaux des nappes phréatiques, aux eaux d'assainissement, et à l'abaissement de l'artésianisme des nappes profondes.

La région de Ouargla a été touchée directement par ce problème. Certains facteurs semblent en être la cause notamment l'exploitation des nappes artésiennes du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT) sans contrôle de manière générale et dont les débits viennent recharger la nappe superficielle, relevant ainsi son niveau piézométrique, et aussi l'augmentation des rejets urbains et industriels dont l'évacuation hors des limites de la ville est problématique du fait de sa situation en fond de cuvette. Ces volumes d'eau, de surcroît non traitée, en s'infiltrant dans la nappe phréatique, contribuent au relèvement de son niveau piézométrique tout en la polluant.

Les principaux objectifs fixés dans le cadre de ce travail de recherche est de caractériser : la qualité physicochimique, des eaux de ce système aquifère. Egalement, apprécier leur potabilité, leur aptitude à l'irrigation, et par conséquent, leur impact sur la santé humaine et l'environnement.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Echantillonnage

Les forages que nous nous sommes proposés d'étudier sont au nombre de cinq (05). Ils sont répartis de la façon suivante :

- 02 forages de la nappe Mio-Pliocène, (forages de Bahmid et de l'Université)
- 02 forages de la nappe Sénonienne (forages de Hadji et de Gharbouz)
- 01 forage de la nappe Albienne (forage d'El Hadeb II)

Ces forages sont choisis en fonction de leur exploitation et leurs caractéristiques sont regroupées dans Tabl. (1). Parmi les paramètres physico-chimiques et chimiques analysés dans notre étude figurent : Le pH, la conductivité électrique (C.E), Dosage des carbonates et bicarbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$ ), la dureté totale (TH), les éléments majeurs (calcium, magnésium, sodium et potassium, sulfates et chlorures).

**Tableau I.** Caractéristiques des forages échantillonnés

Etages	Lithologie	Profondeur (m)	Temperature de l'eau
<b>Mio-pliocène</b>	Alternance de :calcaire, argile, sable et gypse	<b>180</b>	<b>23 – 25 °C</b>
<b>Sénonien supérieur</b>	Bond d'anhydrite, calcaire	500	<b>30 °C</b>
<b>Sénonien inférieur</b>	Anhydrite massive, dolomie passée d'argile et de marne	900	
<b>Albien</b>	Sables, argiles et grés sableux	<b>1660</b>	<b>55 °C</b>



## 2.2. APPROCHE METHODOLOGIQUE

### 2.2.1. Le pH et la conductivité

Ils ont été mesurés sur le terrain à l'aide d'un appareil WTW Multi 340i. Les cations et les anions ont été analysés au laboratoire ; les ions bicarbonates, le calcium et le magnésium par volumétrie, le sodium et le potassium par photométrie de flamme.

### 2.2.2. Evaluation de la qualité des eaux pour l'irrigation

Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont les suivants: -PH. -Risque de Salinité. -Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR).

Au titre de critères principaux de l'évaluation de la qualité de l'eau nous avons pris les coefficients proposés par le Département agricole. Sachant que les graves problèmes que rencontre les cultures notamment les palmeraies sont dus essentiellement à l'augmentation de la concentration en sels solubles au sein des sols. Ces sels sont:  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Na}^2 \text{SO}_4$ ,  $\text{Mg SO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$  et  $\text{NaHCO}_3$

La classification des eaux est élaborée à l'aide du diagramme de la classification des eaux d'irrigation d'U.S.S.L (United States Salinity Laboratory). Ce dernier est fonction de la conductivité électrique (CE) à 25°C et le rapport d'absorption du sodium (SAR).

Pour le coefficient d'adsorption du sodium (S.A.R) aussi appelé "pouvoir alcalinisant" il est calculé par la formule suivante:

$$\text{S. A. R} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\text{Ca} + \text{Mg}} \cdot 2}$$

## 3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats de toutes les analyses effectuées sont regroupés dans les tableaux 2 à 4 et cela pour chaque forage.

### 3.1. Analyses physico-chimiques

#### ▪ *PH*

La valeur du pH varie dans tous les échantillons analysés de 7,41 à 7,94, elle est donc conforme aux normes. Sa variation est liée principalement au contact de la chaux présente dans le sol au niveau de la zone de pompage d'après Endré Dupont [1]

#### ▪ *La conductivité électrique*

Les eaux de tous les sites étudiés présentent des conductivités électriques supérieures à 2000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'ensuire l'évolution [2]

#### ▪ *Minéralisation globale*

D'après la classification adoptée par l'OMS, ces eaux analysées sont très minéralisées et dépassent la norme (1000 mg/l) en raison de leur forte salinité, en effet les forages présentent un taux élevées de la salinité admettent une conductivité électrique élevée [3]. Selon J.Rodier [4] les eaux très minéralisées semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme est surtout de l'enfant cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexe.

**Tableau 2.** Composition physico-chimique de la nappe Mio-pliocène

Forages		Nappe Sénonienne	
Eléments et paramètres		Nappe Mio-Pliocène	
		Forage (Hadji)	Forage (Gharbouz)
		Forage Bahmid	Forage Université
Paramètres physico-chimiques	T (°C)	26	27
	PH	7.52	7.72
	CE (µs/cm)	3840	3840
	M-G (mg/l)	2952.5	2960.8
	M-G (mg/l)	2172.3	2155
Eléments dissous	Ca <sup>++</sup>	237.7	231.5
	Mg <sup>++</sup>	120.4	119.4
	Na <sup>+</sup>	400	412.7
	K <sup>+</sup>	39.1	39.1
	<b>anions</b>	mg/l	mg/l
	Cl <sup>-</sup>	702	716
	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	790	786
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	125	121.2
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7	6.2
	<b>Dureté totale (°F)</b>	TH	108.8

**Tableau 3.** Composition Physico -chimique de la nappe Sénonienne

<b>Eléments dissous</b>	Mg <sup>++</sup>	75.37	83.75
	Na <sup>+</sup>	264.4	331.7
	k <sup>+</sup>	26.3	22.6
	<b>anions</b>	mg/l	mg/l
	Cl <sup>-</sup>	429	518.2
	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	686.8	695.6
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	116.6	108.7
<b>Dureté total (°F)</b>	TH	90	85.35

**Tableau 4.** Composition Physico -chimique de la nappe Albienne

<b>Forages</b>		<b>Nappe Albienne</b>
		<b>EL HADEB II</b>
<b>Paramètres physico-chimiques</b>	T (°C)	52
	PH	7.42
	C-E ( μs/cm)	1852
	M-G ( mg/l )	1405.7
<b>Eléments dissous</b>	<b>cations</b>	mg/l
	Ca <sup>++</sup>	170
	Mg <sup>++</sup>	107.2
	Na <sup>+</sup>	250
	k <sup>+</sup>	40
	<b>anions</b>	mg/l
	Cl <sup>-</sup>	170
	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	107.2
	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	250
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	40
<b>Dureté totale (°F)</b>	TH	86.5

## **Analyses chimiques**

### ▪ **Le Calcium**

La teneur en calcium dans les eaux échantillonnées est inférieure à la norme qui est 200 mg/l selon l'OMS. La plus faible teneur est remarquée dans les eaux de HDEB II, ceci est dû selon Rodier à une précipitation de carbonate de calcium à l'émergence causé par la perte de CO<sub>2</sub>. Le calcium est un élément indispensable au corps humain, mais sa présence avec un taux élevée est nuisible et indésirable pour les consommateurs.

### ▪ **Le Magnésium :**

La teneur en magnésium est supérieure à la norme dans les eaux de Miopliocène et Sénonien, Tandis qu'elle répond aux normes dans celle de l'Albien (50-150 mg/l selon l'OMS). La teneur élevée du Magnésium est liée à sa présence dans la composition des argiles qui constituent des formations imperméable et semi-perméable des toits et /ou des murs des horizons renfermant les nappes.

D'après Rodier cet élément ne présente aucun danger sur le plan sanitaire par contre il peut communiquer un goût amer à l'eau à partir de 100 mg/l.

### ▪ **Le Sodium**

Les eaux analysées présentent un excès en sodium. Ceci est liée principalement à la dissolution des sels minéraux en particulier celle du chlorure de sodium.

Ce métal n'étant pas toxique pour un être humain saint (jusqu'à 10 g/l), il doit cependant être recommandé d'éviter de dépasser la norme pour les personnes souffrant d'hypertension ou d'insuffisance cardiaque [4].

### ▪ **Le Potassium**

Le potassium dépasse la norme dans les eaux de N'Goussa, son excès est plus important dans les eaux de HDEB II. Il peut avoir comme origine, le lessivage des engrais potassiques sur les sols pauvres en humus. La présence du potassium est liée à la lithologie de la région étant donné que cet élément entre dans la composition des argiles qui se trouvent dans la majorité des couches géologiques [5].

### ▪ **Les Chlorures**

La teneur en chlorure est hors norme dans toutes les eaux échantillonnées. Cette teneur dépend de celle des métaux alcalins ( Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) et des métaux alcalino-terreux ( Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>) auxquels ils se trouvent associés sous forme de sels solubles et puisque 3/4 de ces éléments se trouvent en excès dans l'eau, ce qui a pour conséquence l'augmentation de leur. Leur propriété lessivante fait qu'ils soient présents dans toutes les eaux. Leur principale inconvénient est la saveur désagréable qui communique à l'eau surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium, le cas de l'ensemble de nos forages Les chlorures ne présentent pas de risque sur la santé sauf pour les personnes devant suivre un régime hyposodé [4].

### ▪ **Les Sulfates**

Dans les eaux analysées les sulfates présentent une teneur variant de 632 à 983 mg/l, ce qui dépasse la norme qui est de 400 mg/l. Leur présence est due essentiellement à la dissolution des gypses et surtout lorsque le temps de contact avec les roches est élevé. Toutefois, d'un forage à un autre, cette teneur est variable ceci s'explique par la lithologie gypseuse de la région. Sur le plan sanitaire et en d'hors du goût désagréable communiqué à l'eau, ainsi que les diarrhées infantile on peut également signaler certain effet laxatifs des sulfates en particulier s'ils sont associés au magnésium et au sodium [6].

### ▪ Dureté TH

Les teneurs de la dureté, sont très élevées par rapport aux normes (50°F) dans l'ensemble des forages. A noter qu'une eau dure est aussi potable qu'une eau douce. Cependant deux inconvénients peuvent se présenter et nécessitent un adoucissement. La réaction avec les savons et la précipitation sous forme de carbonate de calcium dans les bouilloires par exemple. L'augmentation de la dureté est liée essentiellement aux terrains calcaires et gypseux [7].

### 3.3. Exploitation des résultats

La représentation des résultats des analyses par le diagramme de Schoeler et Berkloff a montré que la qualité de ces eaux est passable à médiocre (Fig. 1).

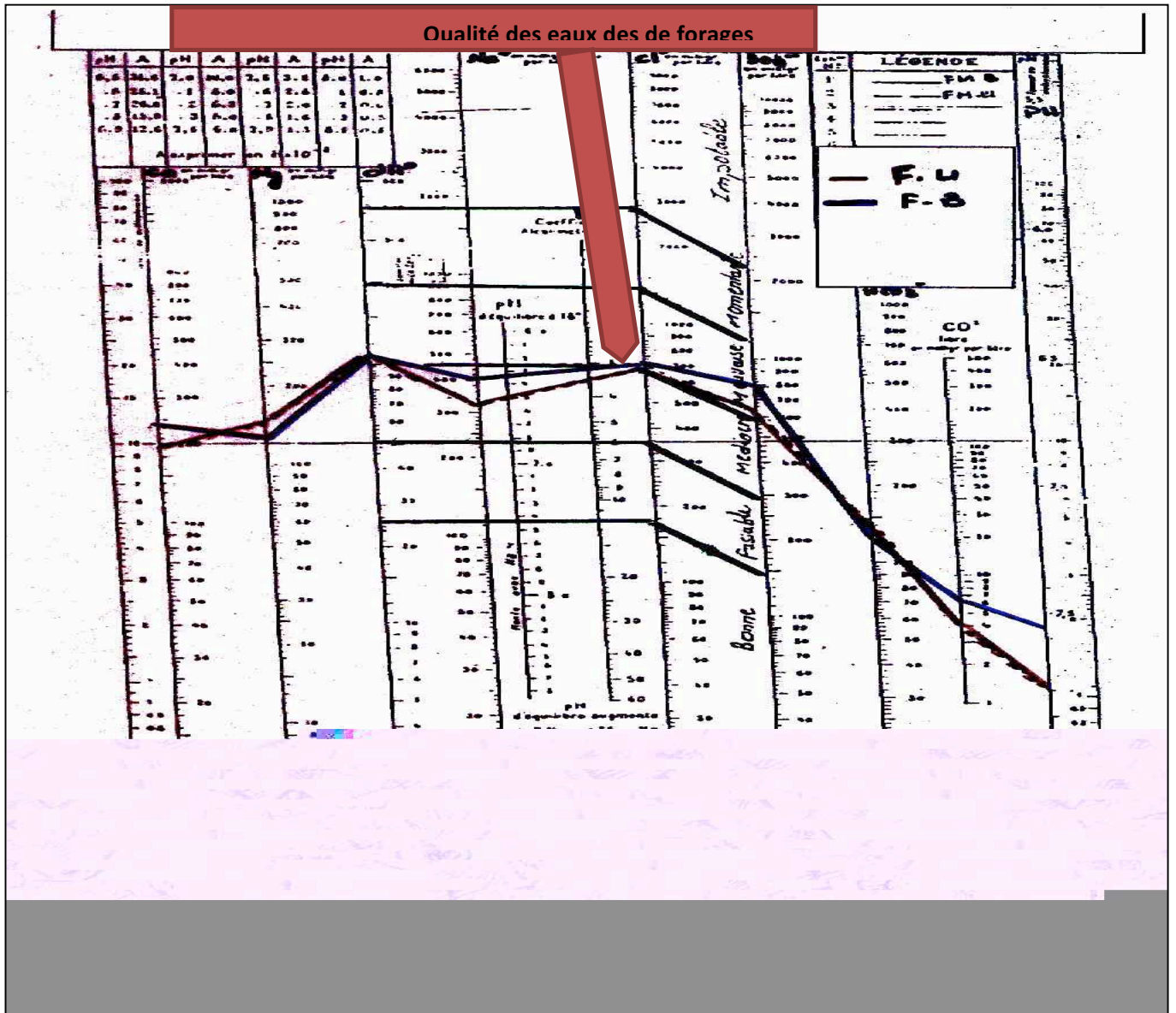


Figure 1. Représentation des résultats des analyses sur le diagramme de Schoeler et Berkloff

Ce travail nous a permis de mettre en évidence la qualité de quelques forages destinés à l'alimentation. À travers les résultats obtenus. Leur qualité chimique, vérifiée par la représentation graphique des résultats des analyses sur le diagramme de Schoeller et Berkloff, est de qualité passable à mauvaise

### 3.4. Résultats du pouvoir alcalisant ou S.A.R

Les analyses physico-chimiques des eaux des trois nappes exploitées pour l'alimentation en eau potable et en irrigation dans la région de Ouargla ont permis d'acquérir un certain nombre de paramètres habituellement utilisés pour l'estimation de la qualité des eaux d'irrigation : la salinité (traduite par la conductivité électrique), le SAR (Sodium Adsorption Ratio ou indice d'adsorption du sodium, aussi appelé "pouvoir alcalinisant")

Les conductivités sont plus élevées, ce qui traduit une forte salinité due à la lithologie bien sûr, mais aussi à des conditions climatiques très arides. Ces dernières induisent une forte évapotranspiration qui concentre la solution du sol [8]. La valeur moyenne de la conductivité est de l'ordre de 2520  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ; les eaux souterraines des trois nappes destinées à l'alimentation en eau potable, sont de qualité "passable " à "médiocre", elles sont classées dans la classe 3 (forte salinité).

Dans le même temps, la concentration moyenne du sodium adsorbable déterminée à partir du SAR) est égale 17, 16.5 et 15 respectivement pour la nappe miopliocene, sénonienne et albienne ce qui correspond à un risque d'alcalinisation moyen (augmentation du pH au-dessus de 8,2). Lorsque les ions  $\text{Na}^+$  sont très abondants à l'état dissous dans les sols, ils peuvent remplacer les ions  $\text{Ca}^{2+}$  dans le complexe absorbant (échange de bases). La combinaison de la conductivité électrique et du SAR (Sodium Absorption Ratio ) permet de discerner ce risque : le risque est d'autant plus grand que la conductivité et le SAR sont élevés. Le calcul de ce paramètre nous a indiqué que le degrés d'aptitude des eaux de la région de Ouargla , à l'irrigation, est faible. Ainsi ça nous permet de apprécier la dégradation éventuelle de la structure du sol et l'altération de ses qualités physiques.

Certains forages se caractérisent par des teneurs en chlorures largement supérieures à 15 méq/l, soit le seuil maximum admissible pour les plantes. Ces eaux présentent un risque par les ions sodium et par les ions chlore, classant ainsi les eaux dans la catégorie de «problème grave

## 4. CONCLUSION

Dans ce travail, nous avons évalué la qualité des eaux souterraines des trois nappes destinées à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation dans la région de Ouargla. Cette question revêt une grande importance du fait des problèmes que connaît la région, en raison de la sécheresse, de la non-disponibilité d'eaux superficielles et de la forte demande résultant des activités agricoles. L'évaluation de la qualité des eaux par des méthodes classiques a révélé que la majorité des paramètres dosés dépassent les normes préconisées par l'OMS. La salinité de ces eaux varie de 1405.7 à 2952.5 mg/l, de ce fait, elles sont classées comme eaux légèrement saumâtres.

Selon la valeur moyenne du SAR (qui reste inférieure à 18 méq/l), les eaux souterraines présentent un faible danger d'alcalinisation et pourraient donc être utilisées en irrigation pour certaines cultures. La combinaison de la conductivité électrique et du SAR (Sodium Absorption Ratio ) permet de discerner le risque qui est d'autant plus grand que la salinité est élevée.

Les s ont un impact sur le sol et les plantes, car ils peuvent causer des changements dans la structure du sol (modifiant ainsi sa perméabilité et son aération) et perturber le développement des plantes.

## REFERENCES

- [1] Lefrou C., 1990 – Une ressource à redécouvrir : L'eau souterraine, P.C.M- Le PONT, vol.88, p44-46.
- [2] Germain L., Colas L., Rouquet J., 1976. -Le traitement des eaux, Paris.
- [3] Legrand L., POIRIER F., 1976.- Chimie des eaux naturelles, EYROLLES.
- [4] Rodier J., 1984. -L'analyse de l'eau, 7<sup>ème</sup> Ed, 1353P.
- [5] Mousty P., Morvan J.P., DUTANG., Damez F., 1989.- Sécurité de l'alimentation en eau potable : une nouvelle génération de systèmes d'alerte à la pollution, science et technique de l'eau, vol. 22, n° 3.
- [6] Plotnicov N.A. 1962. – Ressources en eau souterraines : classification et méthodes d'évaluation, Gauthier-Villars et Cie.
- [7] Schoeller H. 1962.- Les eaux souterraines, Eds MASSON et Cie.
- [8] Nezli I.E., Achour S., Djabri L., 2007.- Approche géochimique des processus d'acquisition de la salinité des eaux de la nappe phréatique de la basse vallée de l'Oued M'ya (Ouargla). Larhyss Journal, 6: 121-134.

# EFFET DE LA SALINITE SUR L'ACTIVITE DE LA BIOMASSE MICROBIENNE DES SOLS DANS LES REGIONS ARIDES : IMPACT SUR LA MINERALISATION DU CARBONE ET DE L'AZOTE

**OUSTANI M.<sup>1</sup>, SAKER ML.<sup>2</sup>, BELAROUSSI M.<sup>3</sup>, MAHDA I.<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> *Université de KasdiMerbah Ouargla. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Ouargla 30000 Algérie*

<sup>4</sup> *Université de Hamma Lakhdar. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie N 48, El Oued 39000*  
[belsam.oustani@yahoo.fr](mailto:belsam.oustani@yahoo.fr)

**Résumé :** Le présent travail a été entrepris dans le but d'étudier l'activité de la biomasse microbienne du sol sous les conditions salines des régions arides. Il a été conduit sous des échantillons de sol représentatifs de la région aride, il s'agit d'un sol sableux non salé (NS) et un sol salé (SS), prélevés de la région d'Ouargla au Sud Est de l'Algérie. Pour ce faire nous avons adopté la méthode des incubations sous des paramètres contrôlés (28°C et 80 % de CR). Ainsi à l'issue de 56 jours d'incubation, les deux sols ont montré un faible potentiel de minéralisation du carbone et de l'azote. Toutefois, les plus fortes quantités cumulatives de CO<sub>2</sub>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> à la fin de l'incubation ont été enregistrées par le sol non salé (NS) avec 62.53, 0.53 et 1.19 mg 100<sup>-1</sup> g de sol sec respectivement. Soient des taux de réduction significatifs de dégagement de CO<sub>2</sub>, de l'azote ammoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) et nitrique (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) de l'ordre de 20, 7.54 et 23.50 % sous les conditions salines. Le dénombrement des différents groupes microbiens étudiés a révélé une prédominance de la microflore fongique par rapport aux autres groupes microbiens. En revanche, les germes nitrifiants semblent être les plus sensibles à l'effet de la salinité. Les résultats obtenus suggèrent que la salinité est un environnement stressant pour les microorganismes du sol.

**Mots clés :** Salinité, Biomasse Microbienne, Minéralisation, Carbone, Azote.

## تأثير الملوحة على نشاط الكتلة الحيوية الميكروبية للتربة في المناطق القاحلة: تمعدن الكربون والنيتروجين

**ملخص :** يهدف هذا العمل لدراسة نشاط الكتلة الحيوية الميكروبية للتربة تحت الظروف المالحة للمناطق القاحلة، وعليه اجريت الدراسة على عينات تربة ممثلة لهذه المنطقة، يتعلق الأمر بتربة رملية غير مالحة (تغم) وتربة مالحة (تم) تم جلبهما من منطقة ورقلة الواقعة بجنوب شرق الجزائر. لتقييم نشاط الكتلة الحيوية الميكروبية اعتمدنا على طريقة تحضين عينات التربة في ظروف محكمة (80 % من درجة التشبع، 28 م°). هكذا وبعد فترة تحضين مدتها 56 تبين ان كلا الترتيبين سجلتا معدلات منخفضة من تمعدن الكربون والنيتروجين. الا أن أعلى كميات تراكمية من CO<sub>2</sub>، N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> و N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> في نهاية فترة التحضين تم تسجيلها في التربة غير المالحة (تغم) وقد قدرت بحوالي: 62.53، 0.53 و 1.19 ملغ 100<sup>-1</sup> غرام من التربة الجافة على التوالي. من جهة أخرى معدلات معنوية لانخفاض إطلاق CO<sub>2</sub>، النيتروجين الأمونياكي (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) والنيتروجين النتريليكي (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) تم تسجيلها في ظل الظروف الملحية وقدرت ب 20، 7.54 و 23.50% على التوالي. تعداد المجموعات الميكروبية اظهر تفوق الفطريات مقارنة بالمجموعات الميكروبية الأخرى. وعلى النقيض من ذلك، يبدو أن الميكروبات النيتريكية هي الأكثر حساسية لتأثير الملوحة. النتائج المتحصل عليها تشير إلى أن الملوحة تعد بيئة مجهددة للكائنات الدقيقة في التربة.

**كلمات الدالة:** ملوحة، الكتلة الحيوية الميكروبية، تمعدن، كربون، النيتروجين

## 1. INTRODUCTION

La salinité inhibe l'activité microbiologique du sol [1,2], en particulier le processus de dégagement de CO<sub>2</sub> (minéralisation du carbone) et de la minéralisation de l'azote (notamment la nitrification). Dans ce cadre [3], ont constaté que l'activité de minéralisation du carbone varie en sens inverse de la conductivité électrique. Tout comme le carbone, la minéralisation de l'azote est influencée par la salinité du sol. D'après [4], la salinité diminue le nombre de germes ammonifiants et nitrifiants dans les sols salés. Néanmoins, la salinité affecte davantage la nitrification que l'ammonification, certains auteurs envisagent pour expliquer ce fait une volatilisation de l'ammoniac [5]. La présente étude a été entreprise dans le but d'évaluer l'effet de la salinité sur l'activité de la biomasse microbienne dans les régions arides, particulièrement l'étude de l'influence de la salinité sur l'activité minéralisatrice du carbone et de l'azote du sol dans d'un écosystème extrême au Sud de l'Algérie.



## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Site d'étude et prélèvement des échantillons du sol

L'étude a eu lieu dans la région d'Ouargla, l'une des oasis du Sahara algérien, située au Sud Est du pays. Les prélèvements des échantillons du sol ont été réalisés dans des conditions d'asepsie rigoureuses à partir de deux sols ainsi différents sur le plan d'halomorphie. Il s'agit d'un sol sableux non salé (NS) et salé (SS). Les deux sols appartiennent aux classes Solontchaks gypsic Aridique et Arérosols sols Aridique, respectivement [6].

### 2.2. Approche méthodologique

La microflore tellurique a été évaluée en utilisant deux approches, d'une part une mesure globale de la densité des différents groupes microbiens (Bactéries, Champignons, Actinomycètes...etc), d'autre part une mesure de l'activité microbiologique impliquée dans la minéralisation du carbone et de l'azote. Cette dernière a été appréhendée à la fois par la mesure de la respiration du sol [7] et par la minéralisation de l'azote (extraction des deux formes minérales de l'azote ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) méthode de DROUINEAU et GOUNY [8], ainsi que par la numération de certains groupes physiologiques intervenant au niveau de ces deux types de minéralisations (NPP).

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 Analyse physicochimique

Les résultats de l'analyse physicochimique (Tab.1) montrent que les deux sols sont caractérisés par une texture sableuse, un pH basique, une faible teneur en matière organique (<1% pour les deux sols), une faible capacité d'échange cationique. Alors, qu'on note qu'ils se différencient surtout sur le plan de la salinité.

**Tableau1.** Caractérisation physico-chimique des deux sols (NS) et (SS) (0-30)

Type de sol	Granulométrie			pH ( eau : 1 /2.5)	CE (dS m <sup>-1</sup> : 1/5)	CaCO <sub>3</sub> Total (%)	MO (%)	N. Total (%)	C. Org (%)
	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)						
Sol s non salé (NS)	5.94	2.34	91.72	07.75	0.52	03.57	0.66	0.068	0.38
Sol salé (SS)	7.71	25.19	67.10	08.16	2.2	04.64	0.86	0.07	0.05

### 3.2. Analyse microbiologique

Les quantités cumulatives de CO<sub>2</sub> enregistrées à l'issue de 56 jours d'incubation sont de l'ordre de 50.03 et 62.53 mg 100 g<sup>-1</sup> de sol sec respectivement pour le (NS) et (SS) (Fig.1). Ces résultats montrent l'influence de la salinité sur l'activité respiratoire du sol, qui se traduit par une réduction significative ( $p < 0.001$ ) du dégagement de CO<sub>2</sub> de l'ordre de 20 %, en passant du NS au SS (Fig 1). En plus de sa faible teneur en matière organique, ce sol est soumis à l'action des sels qui agissent de manière défavorable sur l'activité microbienne. Les résultats obtenus sont conformes à ceux de [5] qui montrent que sous les conditions salines, l'augmentation du potentiel extracellulaire agit considérablement sur le dégagement de CO<sub>2</sub> qui subit une réduction de 33 %. D'après) [9], l'activité respiratoire diminue fortement en conditions salines.

Quant à la minéralisation de l'azote, les teneurs, en azote ammoniacal (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) enregistrées après 56 jours d'incubation, sont de l'ordre de 0.53 et 0.49 mg 100 g<sup>-1</sup> de sol sec respectivement pour le sol (NS) et (SS) (Fig 2), soit un taux de réduction de 7.54 % sous l'effet de la salinité. Ce taux relativement faible de l'inhibition de l'ammonification par les

sels, est dû au fait que l'ammonification est un processus peu spécifique qui peut avoir lieu dans les tous les sols quelques soient les conditions écologiques [10].

Par ailleurs, les teneurs en azote nitrique ( $N-NO_3^-$ ) enregistrées par les deux sols (NS) et (SS) sont respectivement de 1.19 et 0.91 mg 100 g<sup>-1</sup> de sol sec (Fig 3). Le rythme de production des nitrates semble diminuer significativement ( $p < 0.001$ ) en passant du sol non salé au sol salé. La réduction de la nitrification sous l'effet de la salinité est de 23.50 %. Cette réduction peut être liée à la réaction alcaline des sols salés. D'après [11], le pH élevé des sols salés conduit à la suppression de certaines espèces bactériennes telles que les bactéries nitrifiantes [12].

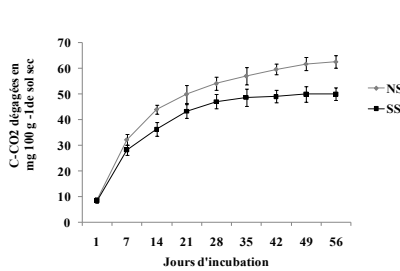


Figure 1. Evolution cumulé de dégagement de C-CO<sub>2</sub> dans le sol (NS) et (SS)

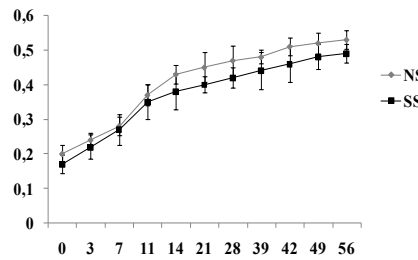


Figure 2. Evolution de l'azote N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> cumulatives dans le sol (NS) et (SS)

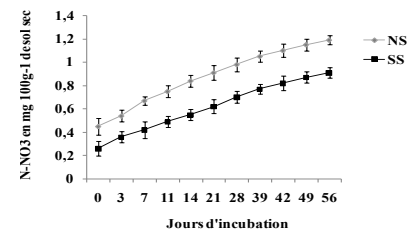


Figure 3. Evolution de l'azote N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> cumulatives dans le sol (NS) et (SS)

Concernant l'importance de l'abondance des différents groupes microbiens, les résultats obtenus montrent que les champignons sont les microorganismes les plus abondants dans les deux sols étudiés. Ils présentent une densité de l'ordre de  $42.54 \times 10^6$  et  $33.54 \times 10^6$  CFU<sup>-1</sup> g de sol sec respectivement pour le sol (NS) et (SS), soit un taux d'augmentation de la microflore fongique de l'ordre de 28,83% en faveur du sol salé. Cette prédominance des champignons dans le sol salé, n'est pas due au fait qu'ils trouvent des conditions optimales de croissance, mais à leur fort pouvoir adaptatif au stress salin par rapport aux bactéries et aux actinomycètes [13].

En revanche, la plus faible densité microbienne a été enregistrée par les germes nitrifiants en conditions salines, soit un taux de réduction de l'ordre de 68 % sous l'effet de la salinité. L'inhibition de la croissance microbienne par la salinité est attribuée à des souches, *Nitrosomonas* et *Nitrobacter* plus sensibles aux forts potentiels extracellulaires [14].

#### 4. CONCLUSION

La faible activité minéralisatrice de l'azote et du carbone de la matière organique endogène des deux sols étudiés, est due à la faible disponibilité des substances énergétiques et nutritives, ainsi qu'à la réaction alcaline très élevée notamment en conditions salines. Les analyses de l'abondance des différents types de microorganismes, montrent que les champignons sont les micro-organismes les plus abondants dans les deux sols étudiés, du fait de la dominance de la fraction sableuse d'une part, et à leur pouvoir adaptatif aux conditions pédoclimatiques extrêmes d'autre part. Cette étude a également mis en évidence une importante réduction de la densité des germes nitrificateurs par rapport aux autres groupes microbiens étudiés sous l'effet de la salinité.

#### REFERENCES

- [1] Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J. L., & Hernandez, M. T. 2006.- Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(6), 1413-1421

- [2] Nakhone, L. N., & Tabatabai, M. A. 2008.- Nitrogen mineralization of leguminous crops in soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171(2), 231-241.
- [3] Sall, S. N., Ndour, N. Y. B., Diédhiou-Sall, S., Dick, R., & Chotte, J. L. 2015.- Microbial response to salinity stress in a tropical sandy soil amended with native shrub residues or inorganic fertilizer. *Journal of environmental management*, 161, 30-37.
- [4] Gallali, T. 1980.- Transfert sels- matière organique en zones arides méditerranéennes. Thèse Doct., INPL, Nancy, 202p.
- [5] Halitim A., Dellal, A., 1992. Activités microbiologique en conditions salines: cas de quelques sols salés de la région de Rélizane (Algérie), *Cahiers agric* ; 1 :335-340.
- [6] FAO,1998.- World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports.Food and Agricultural Organization, Rome, p. 98.
- [7] AFNOR, 2005.- Norme sur la méthode d'incubation en conditions contrôlées. Normalisation française XPU 44-163.
- [8] Bonneau M.,& Souchier B. 1979.- Constituants et propriétés du sol. Edit, Masson et Cie, Paris, 459 p.
- [9] Chowdhury, N., Marschner, P., & Burns, R. 2011.- Response of microbial activity and community structure to decreasing soil osmotic and matric potential. *Plant and Soil*, 344(1-2), 241-254.
- [10] Dommergues Y., Mangenot, F., 1970. *Ecologie microbienne du sol* .Paris. Masson et Cie Editeurs.
- [11] Pathak, H., & Rao, D. L. N. 1998.- Carbon and nitrogen mineralization from added organic matter in saline and alkali soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(6), 695-702.
- [12] Khalil, M. I., Hossain, M. B., & Schmidhalter, U. 2005.- Carbon and nitrogen mineralization in different upland soils of the subtropics treated with organic materials. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(8), 1507-1518.
- [13] Dellal, A. ,1994.- Réaction du riz à la salure en relation avec la dynamique des équilibres ioniques ,nitrification et dégagement de CO<sub>2</sub> en milieu salé . Thèse Doctorat . ENASA de Rennes.
- [14] Souidi, B., Chian C.N., 1990.-Nitrogen mineralization in semi arid and area of Morocco: Rate constant variation with depth . *Soil Sci*; 54: 756-761.

# EFFET DES FACTEURS EDAPHIQUES SUR LA DIVERSITE MICROBIENNE DES SOLS DU SOUS BASSIN VERSANT DU K'SOB HODNA (M'SILA)

**REBATIN.**

*Département de Nutrition et de Technologie Agroalimentaire, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Tiaret, Algérie.*

[ge.biologie@yahoo.com](mailto:ge.biologie@yahoo.com)

**Résumé :** Les sols sont la base de tous les écosystèmes terrestres et ils sont l'habitat d'une vaste biodiversité. La microflore du sol qui regroupe majoritairement des bactéries et des champignons, remplit des fonctions et des services essentiels : décomposition de la matière organique, recyclage de nutriments (azote, phosphore...etc.) dans le sol. Malgré leur importance mais la répartition de ces microorganismes, ainsi que les effets de l'environnement et de l'Homme sur les sols et leur biodiversité reste peu connue. Notre étude vient pour évaluer l'effet des facteurs édaphiques sur la diversité microbiennes des sols du sous bassin versant du K'sob (M'sila). Pour mieux comprendre les facteurs qui contrôlent l'organisation des microorganismes du sol une série de prélèvements a été effectuée en mai et octobre 2016 sur 4 différentes stations et les résultats de l'examen des caractéristiques bio-physico-chimiques de la couche superficielle (0-20cm) des sols montrent que la texture de ces sols est limoneuse argilo-limoneuse, le pH neutre à alcalin, leur teneur est faible en matière organique, ces sols sont des horizons modérément à fortement calcaire et d'après la conductivité ils sont non salé à salé. Le dénombrement des différents groupes microbiens montre une variation de la biomasse microbienne en fonction des caractéristiques physico-chimiques des sols. En conclusion, les paramètres analysés dans cette étude, témoignent une présence d'une bio réactivité des populations microbiennes bien qu'elle soit restreinte mais réelle et variable selon les variations pédologiques.

**Mots clés :** Sous bassin versant K'sob, sol, facteurs édaphiques, La microflore du sol, diversité microbienne.

## تأثير العوامل الترابية على التنوع الميكروبي لأتربة تحت حوض القصب الحضنة (المسيلة)

**ملخص:** الأتربة هي أساس جميع الأنظمة الأيكولوجية البرية وهي مسكن لتنوع بيولوجي كبير. النباتات الدقيقة في التربة و التي تضم بصورة رئيسية البكتيريا و الفطريات, تنفذ عدة وظائف و خدمات مهمة : تحليل المادة العضوية, اعادة تدوير المغذيات ( الازوت, الفوسفور,,الخ) في التربة. على الرغم من أهميتها لكن توزع هذه الكائنات المجهرية فضلا على الآثار المترتبة من البيئة و الانسان على التربة و تنوعها البيولوجي يبقى غير معروف. دراستنا جاءت لتقدير تأثير العوامل الترابية على تغير المستعمرات الميكروبية في أتربة تحت حوض القصب (المسيلة). من أجل فهم أفضل للعوامل التي تراقب تنظيم الكائنات المجهرية الموجودة في التربة. قمنا بجمع عينات من التربة في ماي و أكتوبر 2016 من أربعة محطات و نتائج تحاليل الخصائص البيوفيزيوكيميائية للطبقة السطحية للتربة (0-20 سم) تثبت أن بنية التربة هي تربة طفالية صلصالية طفالية. درجة الحموضة متعادلة الى قلوية. تحتوي على كمية قليلة من المواد العضوية. أتربة منطقة الدراسة متوسطة الى قوية الجيرية و على أساس الناقلية فهي عديمة الملوحة الى مالحة. تعداد مختلف المجموعات الميكروبية يظهر تغييرا للكتلة الحيوية الميكروبية حسب الخصائص الفيزيوكيميائية للتربة. وفي الختام الخصائص التي تناولها هذه الدراسة تظهر وجود تفاعلات حيوية من المستعمرات الميكروبية رغم قلتها إلا أنها حقيقية و تتغير بالتغيرات الترابية.

**كلمات دالة:** تحت حوض القصب, التربة, العوامل الترابية, النباتات الدقيقة في التربة, التغيرات الميكروبية.

## 1. INTRODUCTION

Le sol correspond à la couche supérieure meuble de la croûte terrestre composée de particules minérales, de matière organique, d'eau, d'air et d'organismes vivants [1]. Donc il est loin d'être un substrat inerte, c'est un milieu dynamique et complexe grâce, en particulier, aux microorganismes qu'il abrite. La biomasse microbienne recouvre l'ensemble des microorganismes du sol (bactéries, champignons, actinomycètes, algues et protozoaires) [2]. En pédologie l'activité microbienne du sol est appelée à rendre de grands services, notamment dans les recherches sur les processus d'altération des roches et des minéraux des sols et sur le processus de migration des différents éléments [3]. La biomasse microbienne, peut être considérée également comme un indice d'évolution du sol à savoir sa régénération ou sa dégradation [4]. L'activité des micro-organismes se manifeste s'ils sont présents en nombre

suffisant et si leurs exigences nutritionnelles sont satisfaites. De nombreux facteurs limitant contrôlent cette activité à savoir le changement du type de sol, les conditions environnementales, les saisons, les espèces et de différents types de strates des plantes [5]. L'objectif de notre travail consiste à faire ressortir l'effet des facteurs édaphiques sur les fluctuations de la population microbienne.

## **2. MATERIELS ET METHODES**

### **2.1. Zone d'étude**

La zone d'investigation est appelée bassin versant de Oued El k'sob, elle se situe aux confins Nord du grand bassin du Hodna. Selon le découpage administratif du 04 Février 1984, le bassin versant de Oued El K'sob se situe à 97,7 % en superficie dans la wilaya de Bordj Bou Arréridj, et à 1,3 % et 1 % en superficie, respectivement dans les wilayas de Sétif (Ain Oulmène) et M'Sila. Il constitue la partie Ouest des hautes plaines constantinoises; représentant un trait d'union entre le Tell et les monts du Hodna.

Selon la station météorologique de M'sila les précipitations annuelles moyennes dans le secteur sont de 250 millimètres, les températures ambiantes maximum et minimum sont respectivement entre 31,64°C (Juillet) et 9.61°C (Décembre). Selon le Diagramme ombrothermique, La période de sécheresse pour la région de M'sila est débuté au mois d'Avril jusqu'à le mois de novembre.

#### **2.1.1. Choix des sites**

Dans notre zone d'étude, une série de prélèvements de sol a été effectuée de quatre sites différents (Fig. 1) pendant les saisons de printemps et l'automne de l'année 2016. Les échantillons de sol ont été prélevés dans l'horizon 0-30 cm puis homogénéisés pour obtenir un échantillon représentatif pour chaque parcelle de terrain. Les échantillons de sol ont été maintenus dans des sachets en plastique et conservés au frais puis transportés au laboratoire.

## **2.2. Approche méthodologique**

### **2.2.1. Etude physico-chimique du sol**

Les sols ont été séchés et tamisés (taille de pore de 2 millimètres) avant l'analyse. La texture du sol a été déterminée par la pipette de Robinson. La teneur en eau du sol a été déterminée par perte de poids après séchage à 105°C pendant 24 h.

Le pH du sol est déterminé à travers la suspension de sol-eau (1:2.5) par une électrode de pH. La conductivité électrique (EC) a été mesurée sur un extrait dilué (rapport sol /eau de 1/5) à l'aide d'un conductivimètre.

Le carbone organique total (COT) a été déterminé selon Walkley et Black (1934) qui se base sur l'oxydation du carbone organique par le bichromate de potassium  $K_2Cr_2O_7$  en milieu fortement acide ( $H_2SO_4$ ) [6]. Le calcaire total contenu dans un échantillon de sol est déterminé par la méthode classique de calcimètre de BERNARD [7].

### **2.2.2. Analyse microbiologique du sol**

L'énumération des bactéries du sol a été réalisée en utilisant la technique de suspensions-dilutions [8]. Tout d'abord, on a mélangé 1 g de sol avec 9 ml d'eau physiologique. Par la suite, des dilutions ont été préparées à partir de la suspension du sol, ensuite 0,1 ml de la suspension de sol a été étalées à la surface du milieu gélosé.

Pour le dénombrement de champignons cultivables, même série de dilution a été étalée sur le milieu PDA dans des conditions similaires. L'estimation de la densité de la flore du sol se fait par dénombrement des colonies se développant à la surface du milieu de culture après 48 à 72 heures pour les bactéries et 5 jours d'incubation à 28°C pour les champignons. Pour les deux

micro-organismes, le nombre total a été exprimé en (UFC) par gramme de sol sec.



**Figure 1.** Localisation des échantillons prélevés dans le sous bassin versant du K'sob

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1. Caractères physico-chimiques du sol :

Table 1 montre La composition physico-chimique des sols étudiés selon les deux saisons (printemps, automne).

L'analyse granulométrique montre deux types de texture différente, selon le triangle textural de Duchaufour (1997): les sols de Station 1 et 2 sont limoneuse alors que les sols de Station 3 et 4 sont de texture Argilolimoneuse.

Les sols de notre zone d'étude sont caractérisés par un pH neutre à alcalin (7,705 à 7,86) et une conductivité relativement importante en particulier pour le site (S2 automne) et le site (S3 automne) et faible pour les autres stations. Par ailleurs, l'analyse chimique a révélé que les sols sont moyenne (S2, S3 et S4 printemps), pauvres (S1, S2 automne) et très pauvre (S1 printemps ; S3 et S4 automne) en matière organique.

**Tableau 1.** La composition physico-chimique des sols étudiés selon les deux saisons (Printemps, automne)

		Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Printemps	Texture	limoneuse	limoneuse	Argilolimoneuse	Argilolimoneuse
	humidité	1,68	2,53	3,6	1,95
	pH	7,76	7,705	7,76	7,86
	CE	408	1150	638	206
	CaCO3	38,39	35,14	18,54	39,06
	MO	2,53	5,19	3,59	3,81
Automne	Texture	limoneuse	limoneuse	Argilolimoneuse	Argilolimoneuse
	humidité	1,2	2,65	6,43	4,55
	pH	7,855	7,8	7,785	7,865
	CE	457	1507	1310	231,6
	CaCO3	44,4	31,53	14,67	35,76
	MO	2,19	1,85	1,28	1,62

Avec CE : conductivité électrique, MO : Matière organique total, CaCO3 : calcaire total.

#### 3.2. Caractéristiques microbiologiques :

La microflore analysée dans les quatre sols est composée de bactéries et de champignons.

D'après nos résultats nous remarquons que les bactéries sont les microorganismes les plus dominants dans nos deux sols. Cette dominance pourrait être attribuée à l'ubiquité des bactéries [3].

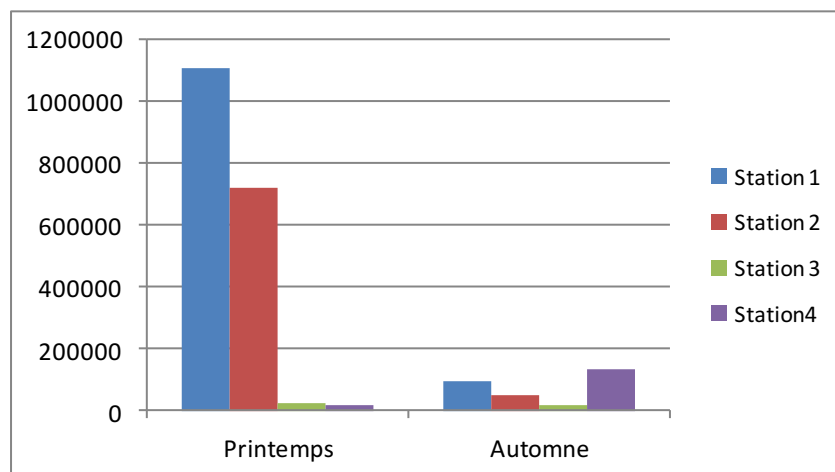
En ce qui concerne la densité de la microflore bactérienne dans nos sols, nous avons enregistré une valeur maximale  $1,1 \times 10^6$  (station 1 printemps). Ainsi une valeur minimale de  $0,017 \times 10^6$  germes/gramme de sol sec dans la (station 6 printemps).

Pour la microflore fongique, le taux de champignons le plus élevé est celui de la station 6 printemps ( $1,27 \times 10^4$ ) germes/g de sol, et le taux est plus faible dans la station 1 automne ( $0,02 \times 10^4$ ) germes/g de sol.

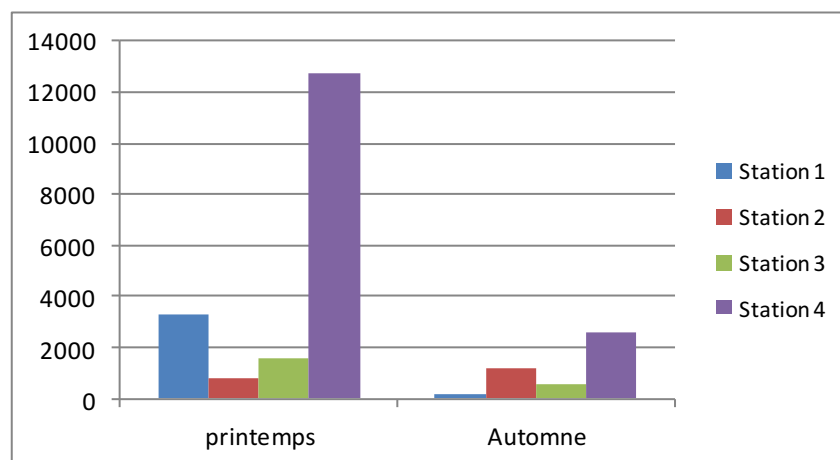
L'élévation de la densité microbienne dans les sols de notre zone d'étude au printemps est due aux taux de la MO légèrement élevé par rapport à l'automne qui présente une diminution de la microflore totale [9].

Le pH neutre de nos sols explique la faible densité des champignons par rapport aux bactéries [10].

On peut interpréter l'augmentation du taux de champignons dans la station 2 en automne par l'augmentation de la salinité puisque l'excès de la salinité entraînent une élévation relative des populations fongiques par contre une diminution de la flore bactérienne (fig2, 3) [11].



**Figure 2.** Variation de la densité de la microflore bactérienne (germes/g de sol) des 4 sols



**Figure 3.** Variation de la densité des champignons (germes/g de sol) des 4 sols

#### 4. CONCLUSION

L'analyse physico-chimique et microbiologique des quatre sols étudiés permet de tirer les conclusions suivantes : Une supériorité numérique des bactéries par rapport aux champignons. La population microbienne est très dépendante des caractéristiques physico-chimiques du sol, les principaux paramètres sont la salinité, le pH et la teneur en matière organique.

Enfin, d'une manière générale, les paramètres analysés dans cette étude, témoignent une présence d'une bio réactivité des populations microbiennes bien qu'elle soit restreinte mais réelle et variable selon les variations pédologiques.

## REFERENCES

- [1] Morel R., 1989.- Les sols cultivés. Ed. Lavoisier, 389 p.
- [2] Dommergues Y., 1977.- La biologie des sols. Ed. Que sais -Je?, Presse Université France.
- [3] Dommergues Y., Mangeant F., 1970.- Ecologie microbienne du sol. Ed. Masson et Cie, Paris.
- [4] Sparling G., Ross DJ., 1993. Biochemical methods to estimate soil microbial biomass: current developments and application, Int. Mulongoy K., et Merckx R., (eds.), Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agri. MT A/K. U. Wiley-Sayce-Co.
- [5] Bonneau M., Souchier ., 1979.- Pédologie constituants et propriétés du sol. Tome 2Ed. Masson, Paris.
- [6] Walkley A. Black C.A., 1934. - An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci, 37: 29-38.
- [7] Baize D., 1988.- Guide des analyses courantes en pédologie. Ed. INRRA, paris, 172p.
- [8] Rapilly F., 1968.- Des techniques de mycologie en athologie végétale. *Ann. Epiphyties*, 19.
- [9] Wang W.J., Dalal R.C., Moody P.W., Smith C.J., 2003.- Relationships of soil respiration to microbial biomass, substrate availability and clay content. *Soil biology and biochemistry*, 35. 2: 273-284
- [10] Boullard B., Moreau J., 1962.-Sol, microflore et végétation. Ed. Masson, paris, 289p.
- [11] Maameri M., 2007.- Caractérisation microbiologique des sols sous conditions semi-arides. Mémoire ing., Univ. IBN KHALDOUN, Tiaret.



## **Thème 2:**

Gestion des sols et problèmes posés

# L'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DES CÉRÉALES FACE AUX DÉFIS DES STRESS BIOTIQUES ET ABIOTIQUES EN ALGÉRIE

**BRINIS L., BENMOUNAH H.**

*Laboratoire Amélioration génétique des plantes, Université Badji Mokhtar, Annaba.*

[lbrinis@yahoo.fr](mailto:lbrinis@yahoo.fr)

**Résumé :** La sélection directe, telle qu'elle a longtemps été pratiquée chez les céréales, a été exclusivement l'apanage de l'agronome pour qui les principaux traits étaient les composantes de rendement et du rendement en grain. Cette pratique qui relève du domaine de l'amélioration génétique des plantes, a progressivement quelque peu montré ses limites et son efficacité. Les raisons en sont multiples ; l'imprévisibilité du climat, son irrégularité et sa sévérité en constituent quelques unes. Notre approche propose par une démarche différente, une autre forme de sélection. Celle-ci a recours à d'autres disciplines, telle la physiologie et la biochimie au service du chercheur. Cette sélection est dite indirecte car prédictive et s'effectuant à des stades juvéniles, précoces des génotypes. Il s'agit de procéder à une exploration fine du végétal pour connaître et quantifier tout autant, les réponses respectives face à des stress biotiques et abiotiques. Ainsi, de nouveaux modèles biologiques, appelés modèles physiologiques sont retenus sur la base de mécanismes réactionnels en tant que stratégies adaptatives. Ils constitueront de ce fait, un trait d'union vers les biotechnologies végétales. L'utilisation de marqueurs physiologiques et biochimiques, en tant que traits de sélection chez le blé, est notre domaine de compétence et la présente contribution se veut un bilan des travaux de notre laboratoire « Amélioration génétique des plantes ». Les réponses adaptatives vis-à-vis des stress constitueront autant d'indices de sélection pouvant être intégrés dans le cadre d'un programme de sélection de variétés de blé, à la fois productives mais aussi tolérantes aux principales contraintes environnementales des aires de culture des céréales en Algérie.

**Mots clés :** Blé, adaptation, stress, amélioration, physiologie, biotechnologies

## التحسين الوراثي للحبوب في مواجهة التثبيط الحيوية والغير الحيوية بالجزائر

**ملخص :** الانتقاء المباشر، كما كان يمارس منذ فترة طويلة في الحبوب، كان حصرًا على المهندس الزراعي، الذي بالنسبة له السمات الرئيسية هي مكونات الغلة ومردود الحبوب. هذه الممارسة، التي تنتمي إلى مجال التحسين الوراثي للنباتات، وقد أظهرت تدريجياً حدودها وفعاليتها. الأسباب كثيرة؛ من بينها عدم القدرة على التنبؤ بالمناخ، و عدم انتظامه وشدته. ويقال أن هذا الاختيار غير مباشر لأنه تنبئي ويحدث في أطوار فتية، المراحل المبكرة من الأنماط الجينية. إنها مسألة القيام باستكشاف دقيق للنبات لمعرفة وتحديد مقدارها، كل من الردود على التثبيط الحيوية وغير الحيوية. وهكذا، يتم اختيار نماذج بيولوجية جديدة، تسمى نماذج فسيولوجية، على أساس آليات رد الفعل كاستراتيجيات التكيف. ويشكل على هذا النحو، حلقة وصل إلى التكنولوجيا الحيوية النباتية. استخدام العلامات الفسيولوجية والبيوكيميائية، كسمات الاختيار في القمح، هو مجال خبرتنا والمساهمة الحالية هي ملخص لعمل مختبرنا "التحسين الوراثي للنباتات". الاستجابات التكيفية بالنسبة للتثبيط تشكل إشارات انتقاء يمكن دمجها في برنامج انتقاء أصناف القمح منتجة ومقاومة للظروف البيئية الرئيسية للمناطق زراعة الحبوب في الجزائر.

**كلمات دالة :** قمح، تكيف، تثبيط، التحسين، فسيولوجية، التكنولوجيا الحيوية.

## 1. INTRODUCTION

L'autosuffisance alimentaire commence avec la production de graines destinées à être consommées en l'état ou après transformation.

Malthus avait prédit au 17<sup>ème</sup> siècle qu'un jour viendra où la croissance démographique sera selon une progression géométrique alors qu'au même moment la croissance de l'alimentation sera selon une progression arithmétique.

## 2. HISTOIRE DE LA CÉRÉALICULTURE EN ALGÉRIE

Il y a d'abord eu une période anté-indépendance suivie d'une période post indépendance.

La culture du blé est menée exclusivement en zones arides et semi arides. Elle est aussi exclusivement pluviale à quelques exceptions où des irrigations d'appoint se font, en plus de la céréaliculture menée sous pivot, dans le Sud en particulier.

Les surfaces emblavées annuellement sont de l'ordre de 3 millions d'hectares répartis

entre blé dur (60%), blé tendre (20%), orge (20%) avec une superficie négligeable en avoine. La production toutes espèces confondues s'évalue à 30 millions de quintaux, avec un rendement moyen de 10 qx/ha. Quelques pics de 60 millions de quintaux ont été obtenus à cause en partie d'une climatologie généreuse. Mais d'une manière générale, la production oscille en dents de scie et avec un rendement en de ça des attentes [1].

Cette limitation des rendements trouve son explication dans un certain nombre de facteurs qui exercent une pression sur la culture. Parmi ceux-ci, nous en citerons les plus importants et déterminants :

1. Facteurs agro- climatiques : parmi les facteurs limitant de la céréaliculture algérienne, les stress abiotiques (stress hydrique, stress salin, températures extrêmes) et les stress biotiques (maladies et parasites).
2. Facteurs du sol : texture, structure, constitution du lit de semence.
3. Itinéraire technique : de la préparation du lit de semence jusqu'à la récolte, en passant par le semis, la fertilisation et le désherbage.
4. Facteur variétal : le germoplasme existant est pauvre en diversité génétique. Le germoplasme n'est pas entièrement exploré pour ses aptitudes génétiques et pour son potentiel de rendement.

La disponibilité et l'utilisation rationnelle des intrants, méconnaissance de l'importance des principales phases phénologiques du végétal et des besoins qu'elles nécessitent ; en termes d'apport en fertilisants, désherbants et en appoint d'eau.

### 2.1. Période anté- indépendance

Pendant la période anté- indépendance, seules quelques variétés de blé dur , blé tendre, orge et avoine faisaient le bonheur de ce qui s'appelait à l'époque, la métropole. L'Algérie était considérée déjà depuis toujours comme ayant été le grenier de Rome.

Les principales variétés furent à l'époque :

1. Blé dur : Mohamed Ben Bachir, Oued Zenati, Montferrier, Gloire de Montgolfier
2. Blé tendre : Florence Aurore, Mahon Demias, Pusa flore
3. Orge : Saida 183 et Tichdrett
4. Avoine : Cowra, Rouge 31 et Noire 912.

### 2.2. Période post-indépendance

Après l'indépendance, il y a eu la création d'un Institut spécialisé dans les grandes cultures comme l'ITGC, conçu initialement sous forme de projet Céréales.

## 3. AMELIORATION GENETIQUE EN ALGERIE

### 3.1. Domaine d'activité

L'ITGC a vite fait d'investir dans la ressource humaine par la spécialisation de jeunes ingénieurs vers les années 70', envoyés en formation dans le prestigieux Centre International pour l'Amélioration Génétique du Mais et Blé, le CIMMYT, dont le siège est au Mexique et dont le Directeur de l'époque n'était autre que le prestigieux N.E. Borlaug, prix Nobel de la paix en 1970 et père de la révolution verte.

C'était l'ère de la révolution verte avec les variétés semi naines et naines, dites intensives à haut rendement.

L'Algérie en a tiré profit avec des variétés Sahel, Waha, Cocorit ,Jori, Gta, Stork, HD, 7cerros et a ainsi enrichi son germoplasme un tant soit peu.

Peu après, vint un autre centre de recherche, plus préoccupé par les contraintes abiotiques de la région de WANA (Asie de l'ouest et de l'Afrique du Nord), l'ICARDA en l'occurrence, avec des variétés supposées plus adaptées tel MRB, Jeneh Khotifa.

7 stations expérimentales de recherche de l'ITGC ont la charge de mener les

différents travaux inhérents aux principaux objectifs de rendement, de qualité et d'adaptation aux contraintes environnementales.

### 3.2. Résultats obtenu en amélioration génétique

Les résultats obtenus en amélioration génétique présentent des aspects positifs et négatifs :

#### 1. Aspects positifs :

- a. Une plus grande diversité génétique
- b. Un germoplasme plus riche
- c. Des variétés à haut potentiel de rendement
- d. Céréaliculture au Sud algérien sous pivot

#### 2. Aspects négatifs :

- a. Une moins grande résistance aux maladies
- b. Variétés nécessitant beaucoup d'intrants pour valoriser leur potentiel génétique
- c. Des variétés moins adaptées aux stress environnementaux, le stress hydrique en particulier
- d. Coûts élevés pour la céréaliculture au sud et utilisation irrationnelle voire abusive de la ressource hydrique de la nappe phréatique

Face à ce constat, l'amélioration génétique a montré ses limites parce qu'il fallait être capable de valoriser ce potentiel génétique dit intensif. La sélection au champ était aussi basée sur le phénotypage. Il s'agissait d'une sélection directe, c'est-à-dire basée sur le rendement uniquement sans pouvoir en donner les raisons. De plus certaines variétés ou beaucoup même, commençaient à être moins convaincantes au plan rendement et tolérance aux maladies [2].

Vers les années 90', vint une nouvelle forme de sélection, appelée sélection indirecte, prédictive. C'est le début de la physiologie au service de l'amélioration génétique des plantes ou plutôt la physiologie au secours de l'amélioration. Celle-ci est basée sur les réponses physiologiques, biochimiques, chimiques et moléculaires à un stade juvénile (stade plantule). Ces réponses constituent en fait des formes adaptatives aux stress imposés. Parmi celles-ci, nous citerons [3, 4, 5, 6, 7]:

- Ajustement osmotique (élaboration d'osmorégulateurs)
- Statut hydrique : turgescence cellulaire et perte graduelle en eau (transpiration non stomatique)
- Statut énergétique : production de photosynthétats
- Statut biochimique : la protéolyse de certaines protéines libère des acides aminés en tant que marqueurs de tolérance au stress.
- Statut chimique : l'équilibre ionique en est une bonne illustration. Il a été vérifié que le rapport K/Na était un bon marqueur de tolérance à la salinité
- Le statut moléculaire : recherche de gènes codant pour les protéines de stress, tel les déhydrines, les PRP et les LEA

L'idée était de parvenir à des génotypes à l'intérieur desquels on aura introgressé des caractères désirables de tolérance.

## 4. CONCLUSION

A la lumière des acquis obtenus par notre laboratoire, il nous est possible de dire qu'il y a une piste privilégiée d'explorer des génotypes pour en comprendre les fonctionnements et les mécanismes de réponses face aux contraintes environnementales. Cette piste permet de mieux comprendre et de quantifier tout autant, les aptitudes génétiques de variétés ou lignées mises en expérimentation.

Nos travaux et résultats auront le mérite d'avoir abordé l'espèce par un autre biais

pour la « comprendre » d'abord, de l'améliorer ensuite.

Cette complémentarité entre les disciplines s'avère être payante dès lors qu'elle permet de décortiquer à des stades jeunes, des génotypes de blé pour en prédire ses aptitudes futures. Cette approche constitue aussi une force de proposition dans un programme d'amélioration génétique.

Actuellement, de nouvelles pistes grâce au marquage moléculaire, sont en exploitation et permettent d'espérer de voir un jour de nouvelles créations variétales, synthétiques et ce, à partir de simple transfert de gènes majeurs et de constructions génotypiques.

## RÉFÉRENCES

- [1] Kara K. et Brinis L., 2014.- Influence of Mediterranean conditions on yield grain and physic-chemical seed composition of bread wheat. International Journal of advanced scientific and technical research, Issue 4, Volume 3, 2014
- [2] Kara K., 2015.- Interactions génotypes- milieu de variétés de blé tendre sous stress hydrique. thèse de Doctorat en sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba, 144 p.
- [3] Kara K. et Brinis L., 2012.- Réponse physiologique au stress hydrique de variétés de blé tendre. European Journal of Scientific Research. Vol 81, 4: 524- 532.
- [4] Zaidi C., 2017.- Amélioration génétique de la résistance à la rouille jaune de variétés locales de blé tendre, utilisant la sélection assistée par marqueurs moléculaires. Doctorat en sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba, 188 p.
- [5] Alloui N. et Brinis L., 2014.- Mating Type distribution provides evidence for sexual reproduction of *Mycosphaerella graminicola* in Algeria. Can. J. Plant Pathology. Vol 36, 4: 475- 481.
- [6] Nour A. et Brinis L., 2016.- Influence of ambient storage on germination and viability of wheat seed. Advances in Environmental Biology.
- [7] Soussa et Brinis L. 2016. Effet du vieillissement accéléré sur la germination et l'établissement des jeunes plants vigoureux de semences macrobiotiques : cas du blé dur. Rev. Sci. Technol., 33 : 37- 47.

# L'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DES CÉRÉALES FACE AUX DÉFIS DES STRESS BIOTIQUES ET ABIOTIQUES EN ALGÉRIE

**BRINIS L., BENMOUNAH H.**

*Laboratoire Amélioration génétique des plantes, Université Badji Mokhtar, Annaba.*

[lbrinis@yahoo.fr](mailto:lbrinis@yahoo.fr)

**Résumé :** La sélection directe, telle qu'elle a longtemps été pratiquée chez les céréales, a été exclusivement l'apanage de l'agronome pour qui les principaux traits étaient les composantes de rendement et du rendement en grain. Cette pratique qui relève du domaine de l'amélioration génétique des plantes, a progressivement quelque peu montré ses limites et son efficacité. Les raisons en sont multiples ; l'imprévisibilité du climat, son irrégularité et sa sévérité en constituent quelques unes. Notre approche propose par une démarche différente, une autre forme de sélection. Celle-ci a recours à d'autres disciplines, telle la physiologie et la biochimie au service du chercheur. Cette sélection est dite indirecte car prédictive et s'effectuant à des stades juvéniles, précoces des génotypes. Il s'agit de procéder à une exploration fine du végétal pour connaître et quantifier tout autant, les réponses respectives face à des stress biotiques et abiotiques. Ainsi, de nouveaux modèles biologiques, appelés modèles physiologiques sont retenus sur la base de mécanismes réactionnels en tant que stratégies adaptatives. Ils constitueront de ce fait, un trait d'union vers les biotechnologies végétales. L'utilisation de marqueurs physiologiques et biochimiques, en tant que traits de sélection chez le blé, est notre domaine de compétence et la présente contribution se veut un bilan des travaux de notre laboratoire « Amélioration génétique des plantes ». Les réponses adaptatives vis-à-vis des stress constitueront autant d'indices de sélection pouvant être intégrés dans le cadre d'un programme de sélection de variétés de blé, à la fois productives mais aussi tolérantes aux principales contraintes environnementales des aires de culture des céréales en Algérie.

**Mots clés :** Blé, adaptation, stress, amélioration, physiologie, biotechnologies

## التحسين الوراثي للحبوب في مواجهة التثبيط الحيوية والغير الحيوية بالجزائر

**ملخص :** الانتقاء المباشر، كما كان يمارس منذ فترة طويلة في الحبوب، كان حصرًا على المهندس الزراعي، الذي بالنسبة له السمات الرئيسية هي مكونات الغلة ومردود الحبوب. هذه الممارسة، التي تنتمي إلى مجال التحسين الوراثي للنباتات، وقد أظهرت تدريجياً حدودها وفعاليتها. الأسباب كثيرة؛ من بينها عدم القدرة على التنبؤ بالمناخ، و عدم انتظامه وشدته. ويقال أن هذا الاختيار غير مباشر لأنه تنبئي ويحدث في أطوار فتية، المراحل المبكرة من الأنماط الجينية. إنها مسألة القيام باستكشاف دقيق للنبات لمعرفة وتحديد مقدارها، كل من الردود على التثبيط الحيوية وغير الحيوية. وهكذا، يتم اختيار نماذج بيولوجية جديدة، تسمى نماذج فسيولوجية، على أساس آليات رد الفعل كاستراتيجيات التكيف. ويشكل على هذا النحو، حلقة وصل إلى التكنولوجيا الحيوية النباتية. استخدام العلامات الفسيولوجية والبيوكيميائية، كسمات الاختيار في القمح، هو مجال خبرتنا والمساهمة الحالية هي ملخص لعمل مختبرنا "التحسين الوراثي للنباتات". الاستجابات التكيفية بالنسبة للتثبيط تشكل إشارات انتقاء يمكن دمجها في برنامج انتقاء أصناف القمح منتجة ومقاومة للظروف البيئية الرئيسية للمناطق زراعة الحبوب في الجزائر.

**كلمات دالة :** قمح، تكيف، تثبيط، التحسين، فسيولوجية، التكنولوجيا الحيوية.

## 1. INTRODUCTION

L'autosuffisance alimentaire commence avec la production de graines destinées à être consommées en l'état ou après transformation.

Malthus avait prédit au 17<sup>ème</sup> siècle qu'un jour viendra où la croissance démographique sera selon une progression géométrique alors qu'au même moment la croissance de l'alimentation sera selon une progression arithmétique.

## 2. HISTOIRE DE LA CÉRÉALICULTURE EN ALGÉRIE

Il y a d'abord eu une période anté-indépendance suivie d'une période post indépendance.

La culture du blé est menée exclusivement en zones arides et semi arides. Elle est aussi exclusivement pluviale à quelques exceptions où des irrigations d'appoint se font, en plus de la céréaliculture menée sous pivot, dans le Sud en particulier.

Les surfaces emblavées annuellement sont de l'ordre de 3 millions d'hectares répartis

entre blé dur (60%), blé tendre (20%), orge (20%) avec une superficie négligeable en avoine. La production toutes espèces confondues s'évalue à 30 millions de quintaux, avec un rendement moyen de 10 qx/ha. Quelques pics de 60 millions de quintaux ont été obtenus à cause en partie d'une climatologie généreuse. Mais d'une manière générale, la production oscille en dents de scie et avec un rendement en de ça des attentes [1].

Cette limitation des rendements trouve son explication dans un certain nombre de facteurs qui exercent une pression sur la culture. Parmi ceux-ci, nous en citerons les plus importants et déterminants :

1. Facteurs agro- climatiques : parmi les facteurs limitant de la céréaliculture algérienne, les stress abiotiques (stress hydrique, stress salin, températures extrêmes) et les stress biotiques (maladies et parasites).
2. Facteurs du sol : texture, structure, constitution du lit de semence.
3. Itinéraire technique : de la préparation du lit de semence jusqu'à la récolte, en passant par le semis, la fertilisation et le désherbage.
4. Facteur variétal : le germoplasme existant est pauvre en diversité génétique. Le germoplasme n'est pas entièrement exploré pour ses aptitudes génétiques et pour son potentiel de rendement.

La disponibilité et l'utilisation rationnelle des intrants, méconnaissance de l'importance des principales phases phénologiques du végétal et des besoins qu'elles nécessitent ; en termes d'apport en fertilisants, désherbants et en appoint d'eau.

### 2.1. Période anté- indépendance

Pendant la période anté- indépendance, seules quelques variétés de blé dur , blé tendre, orge et avoine faisaient le bonheur de ce qui s'appelait à l'époque, la métropole. L'Algérie était considérée déjà depuis toujours comme ayant été le grenier de Rome.

Les principales variétés furent à l'époque :

1. Blé dur : Mohamed Ben Bachir, Oued Zenati, Montferrier, Gloire de Montgolfier
2. Blé tendre : Florence Aurore, Mahon Demias, Pusa flore
3. Orge : Saida 183 et Tichdrett
4. Avoine : Cowra, Rouge 31 et Noire 912.

### 2.2. Période post-indépendance

Après l'indépendance, il y a eu la création d'un Institut spécialisé dans les grandes cultures comme l'ITGC, conçu initialement sous forme de projet Céréales.

## 3. AMELIORATION GENETIQUE EN ALGERIE

### 3.1. Domaine d'activité

L'ITGC a vite fait d'investir dans la ressource humaine par la spécialisation de jeunes ingénieurs vers les années 70', envoyés en formation dans le prestigieux Centre International pour l'Amélioration Génétique du Mais et Blé, le CIMMYT, dont le siège est au Mexique et dont le Directeur de l'époque n'était autre que le prestigieux N.E. Borlaug, prix Nobel de la paix en 1970 et père de la révolution verte.

C'était l'ère de la révolution verte avec les variétés semi naines et naines, dites intensives à haut rendement.

L'Algérie en a tiré profit avec des variétés Sahel, Waha, Cocorit ,Jori, Gta, Stork, HD, 7cerros et a ainsi enrichi son germoplasme un tant soit peu.

Peu après, vint un autre centre de recherche, plus préoccupé par les contraintes abiotiques de la région de WANA (Asie de l'ouest et de l'Afrique du Nord), l'ICARDA en l'occurrence, avec des variétés supposées plus adaptées tel MRB, Jeneh Khotifa.

7 stations expérimentales de recherche de l'ITGC ont la charge de mener les

différents travaux inhérents aux principaux objectifs de rendement, de qualité et d'adaptation aux contraintes environnementales.

### 3.2. Résultats obtenu en amélioration génétique

Les résultats obtenus en amélioration génétique présentent des aspects positifs et négatifs :

#### 1. Aspects positifs :

- a. Une plus grande diversité génétique
- b. Un germoplasme plus riche
- c. Des variétés à haut potentiel de rendement
- d. Céréaliculture au Sud algérien sous pivot

#### 2. Aspects négatifs :

- a. Une moins grande résistance aux maladies
- b. Variétés nécessitant beaucoup d'intrants pour valoriser leur potentiel génétique
- c. Des variétés moins adaptées aux stress environnementaux, le stress hydrique en particulier
- d. Coûts élevés pour la céréaliculture au sud et utilisation irrationnelle voire abusive de la ressource hydrique de la nappe phréatique

Face à ce constat, l'amélioration génétique a montré ses limites parce qu'il fallait être capable de valoriser ce potentiel génétique dit intensif. La sélection au champ était aussi basée sur le phénotypage. Il s'agissait d'une sélection directe, c'est-à-dire basée sur le rendement uniquement sans pouvoir en donner les raisons. De plus certaines variétés ou beaucoup même, commençaient à être moins convaincantes au plan rendement et tolérance aux maladies [2].

Vers les années 90', vint une nouvelle forme de sélection, appelée sélection indirecte, prédictive. C'est le début de la physiologie au service de l'amélioration génétique des plantes ou plutôt la physiologie au secours de l'amélioration. Celle-ci est basée sur les réponses physiologiques, biochimiques, chimiques et moléculaires à un stade juvénile (stade plantule). Ces réponses constituent en fait des formes adaptatives aux stress imposés. Parmi celles-ci, nous citerons [3, 4, 5, 6, 7]:

- Ajustement osmotique (élaboration d'osmorégulateurs)
- Statut hydrique : turgescence cellulaire et perte graduelle en eau (transpiration non stomatique)
- Statut énergétique : production de photosynthétats
- Statut biochimique : la protéolyse de certaines protéines libère des acides aminés en tant que marqueurs de tolérance au stress.
- Statut chimique : l'équilibre ionique en est une bonne illustration. Il a été vérifié que le rapport K/Na était un bon marqueur de tolérance à la salinité
- Le statut moléculaire : recherche de gènes codant pour les protéines de stress, tel les déhydrines, les PRP et les LEA

L'idée était de parvenir à des génotypes à l'intérieur desquels on aura introgressé des caractères désirables de tolérance.

## 4. CONCLUSION

A la lumière des acquis obtenus par notre laboratoire, il nous est possible de dire qu'il y a une piste privilégiée d'explorer des génotypes pour en comprendre les fonctionnements et les mécanismes de réponses face aux contraintes environnementales. Cette piste permet de mieux comprendre et de quantifier tout autant, les aptitudes génétiques de variétés ou lignées mises en expérimentation.

Nos travaux et résultats auront le mérite d'avoir abordé l'espèce par un autre biais



pour la « comprendre » d'abord, de l'améliorer ensuite.

Cette complémentarité entre les disciplines s'avère être payante dès lors qu'elle permet de décortiquer à des stades jeunes, des génotypes de blé pour en prédire ses aptitudes futures. Cette approche constitue aussi une force de proposition dans un programme d'amélioration génétique.

Actuellement, de nouvelles pistes grâce au marquage moléculaire, sont en exploitation et permettent d'espérer de voir un jour de nouvelles créations variétales, synthétiques et ce, à partir de simple transfert de gènes majeurs et de constructions génotypiques.

## RÉFÉRENCES

- [1] Kara K. et Brinis L., 2014.- Influence of Mediterranean conditions on yield grain and physic-chemical seed composition of bread wheat. International Journal of advanced scientific and technical research, Issue 4, Volume 3, 2014
- [2] Kara K., 2015.- Interactions génotypes- milieu de variétés de blé tendre sous stress hydrique. thèse de Doctorat en sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba, 144 p.
- [3] Kara K. et Brinis L., 2012.- Réponse physiologique au stress hydrique de variétés de blé tendre. European Journal of Scientific Research. Vol 81, 4: 524- 532.
- [4] Zaidi C., 2017.- Amélioration génétique de la résistance à la rouille jaune de variétés locales de blé tendre, utilisant la sélection assistée par marqueurs moléculaires. Doctorat en sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba, 188 p.
- [5] Alloui N. et Brinis L., 2014.- Mating Type distribution provides evidence for sexual reproduction of *Mycosphaerella graminicola* in Algeria. Can. J. Plant Pathology. Vol 36, 4: 475- 481.
- [6] Nour A. et Brinis L., 2016.- Influence of ambient storage on germination and viability of wheat seed. Advances in Environmental Biology.
- [7] Soussa et Brinis L. 2016. Effet du vieillissement accéléré sur la germination et l'établissement des jeunes plants vigoureux de semences macrobiotiques : cas du blé dur. Rev. Sci. Technol., 33 : 37- 47.

# ETUDE DU POUVOIR EPURATEUR DE LA PLANTE *Arundo donax* L. POUR LA DEPOLLUTION DES SOLS CONTAMINES PAR LE NICKEL

**BEN BOUABDALLAH A.<sup>1</sup>, DJELALI N E.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Laboratoire Technologie Alimentaire, UMBB 35000, Algérie*

<sup>2</sup> *Laboratoire de Traitement et Mise en Forme des Polymères (L.T.M.F.P), UMBB 35000, Algérie*  
[temmar.amina@yahoo.com](mailto:temmar.amina@yahoo.com)

**Résumé :** La phytoremédiation du Nickel Ni, appliquée durant cinq semaines à l'aide de l'EDTA et les solutions nutritives, a été étudié chez la plante : *Arundo donax* L. Ce travail étudie le potentiel de cette plante pour la phytoremédiation des sols contaminés par le Nickel. La plante a été cultivée dans des pots contenant un sol contaminé artificiellement avec l'augmentation des traitements de Ni (0, 10, 40, 100 mg / L) associée ou non à l'éthylènediaminetétra acide acétique (EDTA) et la solution nutritive NPK (15 :15 :15). L'accumulation de Nickel dans différentes parties des plantes a été analysée par spectroscope d'absorption atomique SAA. Les résultats obtenus montrent qu'en l'absence d'amendement, le Ni s'accumule dans les tiges et les feuilles. L'addition de NPK au sol réduit de manière significative la concentration de Ni dans les tiges et les feuilles. L'application de l'EDTA améliore l'absorption de Ni dans les racines. Nous avons comparé les modifications entre les plantes témoins et celles contaminées et assistées par la mesure de la longueur et la biomasse de la racine et de la tige. Les résultats font apparaître une variabilité de l'action de Ni selon l'organe, la nature et la concentration du traitement.

**Mots clés :** Sol contaminé, Nickel, phytoremédiation, *Arundo donax* L.

## دراسة قدرة نبات القصب لتنقية التربة الملوثة بالنيكل

**ملخص :** تنقية التربة من النيكل باستخدام النبات، طبق لمدة خمسة أسابيع باستخدام EDTA والمحاليل الغذائية، وقد درست في نباتات القصب في هذا العمل قمنا بدراسة إمكانات النباتات لتنقية التربة الملوثة بالنيكل وقد نمت النباتات في محلول مغذي وفي الأواني التي تحتوي على التربة الملوثة بشكل مصطنع مع زيادة تركيز النيكل (0 ، 10 ، 40 ، 100 ملغ / لتر ( مع أو بدون EDTA ومحلول الأسمدة (15 :15 :15) NPK ومحلول Hoagland تم تحليل تراكم المعادن باستعمال SAA وتشير النتائج أن النباتات كانت قادرة على البقاء على قيد الحياة مع ارتفاع تركيز النيكل، وكان النمو أقل تأثيراً بتركيزات النيكل في الأنسجة النباتية. في غياب التعديلات، تراكم المعادن في السيقان والأوراق ومع ذلك فإن إضافة NPK أدى إلى خفض كبير في تركيز النيكل في السيقان والأوراق. تطبيق EDTA أدى إلى تعزيز امتصاص النيكل في الجذور. في هذه الدراسة، قورنت التغييرات بين مراقبة تراكم المعادن في الجذر والساق، عن طريق قياس الطول والكتلة الحيوية من الساق والجذر. أظهرت النتائج تأثير قلب النيكل وفقاً للنباتة، وطبيعة وتركيز العلاج.

**كلمات دالة :** تربة ملوثة ، النيكل، تنقية التربة باستخدام النبات، القصب.

## 1. INTRODUCTION

L'activité industrielle de nos sociétés n'a cessé de croître et a permis à une partie de l'humanité d'améliorer considérablement ses conditions de vie. Mais, cette exploitation de la nature a eu aussi pour conséquence de dégrader l'environnement au point de devenir une menace pour notre santé.

Une des principales préoccupations environnementales est la pollution des sols et des eaux par les métaux. En effet, les friches industrielles, les exploitations minières, les bases militaires abandonnées sont autant de sites où le sol est imprégné de divers éléments métalliques (zinc, plomb, cuivre, cadmium, nickel,...). Or, ces métaux, présents en quantité dépassant souvent celles rencontrées naturellement, peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire via la flore et la faune et aboutir à l'homme à des niveaux de concentration toxiques.

Les métaux lourds les plus communs trouvés sur les sites contaminés sont le plomb (Pb), le cadmium (Cd), le nickel (Ni), le chrome (Cr), l'arsenic (As), le zinc (Zn), le cuivre (Cu) et le mercure (Hg). Leur présence dans le sol peut présenter des risques pour l'homme et l'écosystème et inhiber la biodégradation.

Le Nickel est considéré comme un polluant toxique qui est libéré du traitement de surfaces des métaux, de la combustion du charbon et du pétrole. De plus, certaines boues d'épuration et les engrais peuvent être des sources importantes de Ni dans les sols agricoles. Cela peut provoquer diverses maladies, principalement pour ceux qui vivent près des raffineries [1, 2]. La solution pour pallier à ce problème est de traiter les sols contaminés afin d'en retirer les éléments métalliques ou, au moins, de ramener leur concentration à des niveaux acceptables pour la viabilité de l'écosystème. Une de ces méthodes de traitement, les plus utilisées, consiste en l'utilisation de plantes capables de croître sur des sols à forte teneur en métaux et susceptibles d'en mobiliser ou absorber une quantité appréciable [3].

Cette technique, appelée phytoremédiation, s'avère être prometteuse car elle est peu coûteuse et plus respectueuse de l'environnement [4, 5]. Ces dernières années, une attention croissante est accordée à la recherche de nouvelles plantes à une grande capacité de stockage des métaux lourds [6]. En particulier, les plantes candidates à l'élimination des métaux lourds doivent être résistantes et capables de transporter ces métaux toxiques [7]. Il existe deux stratégies de base pour la phytoremédiation : la première utilise des plantes hyperaccumulatrices, et la seconde est la phytoextraction chimiquement assistée par chélateurs [8].

Ce travail a été réalisé afin d'évaluer le potentiel de phytoremédiation de Ni et d'étudier la répartition du métal dans différentes parties des plantes cultivées en hydroponique et dans un sol, contaminé par le Ni. Cette étude a également examiné l'absorption et la capacité de l'accumulation de Ni et de la translocation dans les parties de la plante à diverses applications : solution nutritive le NPK comme engrais et EDTA comme agent chélateur.

L'application d'agents chélateurs peut être associée à la phytoremédiation afin d'accroître l'absorption de métaux lourds et de réduire le temps nécessaire à la dépollution des sols. Pour répondre à ces objectifs, des expériences ont été menées au laboratoire utilisant une plante possède une biomasse élevée *Arundo donax L.*

## **2. MATERIELS ET METHODES**

### **2.1. Le sol**

Le sol a été prélevé dans une parcelle non cultivée à partir de la couche supérieure de 15 cm. Le sol est séché à l'air libre, broyé puis tamisé à 2 mm. Il est ensuite homogénéisé, 3 kg sont pesés et placés dans chaque pot en plastique.

### **2.2. Les solutions nutritives**

#### **2.2.1. Solution de N.P.K (15 :15 :15)**

Des amendements ont été appliqués avec une solution nutritive contenant NPK d'engrais inorganique commercial (15:15:15) à 2 g. L<sup>-1</sup> [9, 10]. Le NPK (15:15:15) a été obtenu à partir de complexe industriel FERTIAL, Annaba, sur la côte Est de l'Algérie.

#### **2.2.1. La solution de l'EDTA**

Bien que nécessaire dans un environnement hydroponique et en sol, l'EDTA a été utilisé dans certaines expériences afin d'examiner ses effets sur la biomasse totale des plantes et la translocation et l'absorption des métaux. L'EDTA a été ajouté à 0,265 g /l (0,708 mM) pour se rapprocher d'une concentration de 0,1 g/ kg dans des applications de pour évaluer l'impact des chélateurs synthétiques sur l'absorption des métaux et translocation [11].

### **2.3. *Arundo donax L.***

C'est une graminée à rhizome caractéristique des lieux aquatiques des régions méditerranéennes. Elle a de grandes feuilles effilées, retombantes, glauques, et des panicules terminales d'épillets de couleur vert pâle à violacé. Elle ressemble à un roseau ou à un bambou, notamment avant l'apparition des épillets. Sa hauteur varie de 1 m à 8 m selon les

variétés et les conditions de culture. Avec l'hiver elle prend un aspect desséché. L'inflorescence apparaît de septembre à octobre.



**Figure 1.** *Arundo donax* L.

#### 2.4. Le Nickel Ni

Le Nickel est utilisé sous la forme de  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  nitrate de nickel (II) hexahydraté qui est mise en solution dans de l'eau distillée.

#### 2.5. Cultures en pots

Les cultures ont été réalisées dans des pots en plastique de 4.5 litre, 20.5 cm de diamètre. Avant la mise en pot du sol, le fond des pots est tapissé d'une couche de graviers afin d'assurer le drainage. Chaque pot a été rempli à hauteur de 3 kg de sol. Des fragments de tiges d'Arundo donnax ont été imbibés à l'eau distillée et humidifiés chaque jour et après 30 jours des repousses sont sorties. Sur l'ensemble des boutures, nous avons sélectionné des plantes de même taille : 10 cm de hauteur et ensuite transplantée dans des pots.



**Figure 2.** Repiquage des plantules dans les pots

#### 2.6. Méthodes d'analyse

##### 2.6.1. Etude des paramètres éco-physiologiques

Durant toute la période de l'expérimentation, une observation visuelle (décoloration, jaunissement, pigmentation, ...) et une mesure de croissance de la partie aérienne des plantes (nombre de feuilles, longueur de tige) sont réalisées chaque semaine. Les plantes sont traitées

pendant un mois, à la fin on procède au dosage des paramètres morphologiques, physiologiques.

### 2.6.2. Paramètres morphologiques

L'étude du matériel végétal a été réalisée par des observations et des mesures biométriques sur les racines, les tiges et les feuilles (Nombre des feuilles, Hauteur de la tige, Longueur de la racine).

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Propriétés physico-chimiques du sol

Les propriétés physico-chimiques du sol sont récapitulées dans le Tableau V.10 et mettent en évidence que le sol est principalement composé de sable et de limon avec une texture sablolimoneuse, un pH de 7.9, un taux de matière organique faible ne dépassant pas 1.42% assez caractéristique des sols du tell algérien.

**Tableau 1.** Propriétés physico-chimiques du sol

Physico-chimique		Minéraux %	
Argile%	2.33	SiO <sub>2</sub>	75.47
Lime %	18.14	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.63
Sable %	79.53	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.92
pH	7.92	K <sub>2</sub> O	2.12
Matière Organique (%)	1.42	CaO	1.2
Conductivité (mS $\text{cm}^{-1}$ )	68.7	MgO	0.64
Texture	limon Sableux		

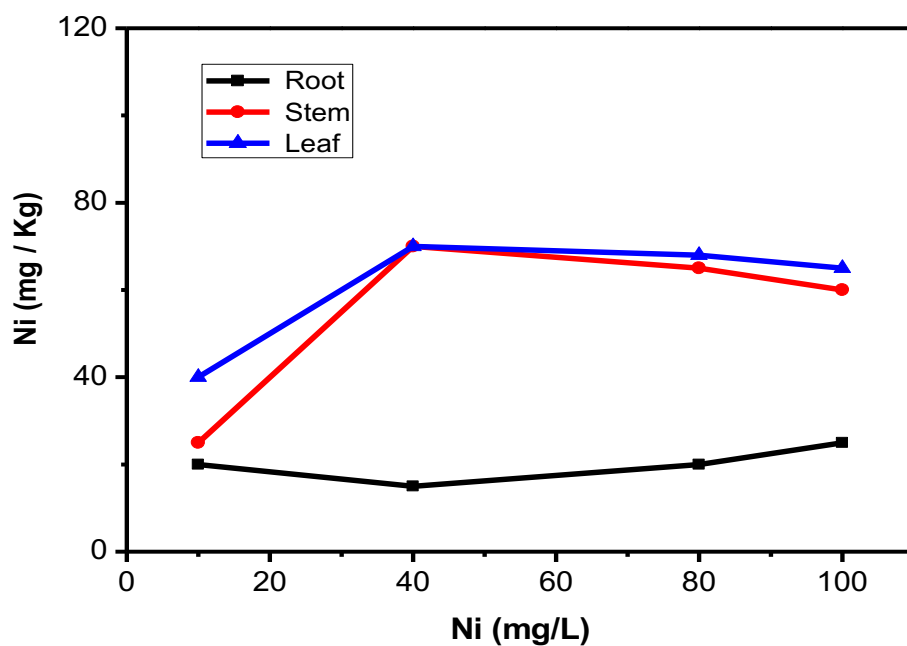
### 3.2. Evaluation de l'absorption et de l'accumulation de Ni chez *Arundo donax* L. cultivée en sol amendé par l'EDTA et la solution nutritive de NPK

Les Figures 3, 4 et 5 présentent la teneur en Ni dans les différentes parties de *Arundo donax* L. après une application de l'EDTA et du NPK.

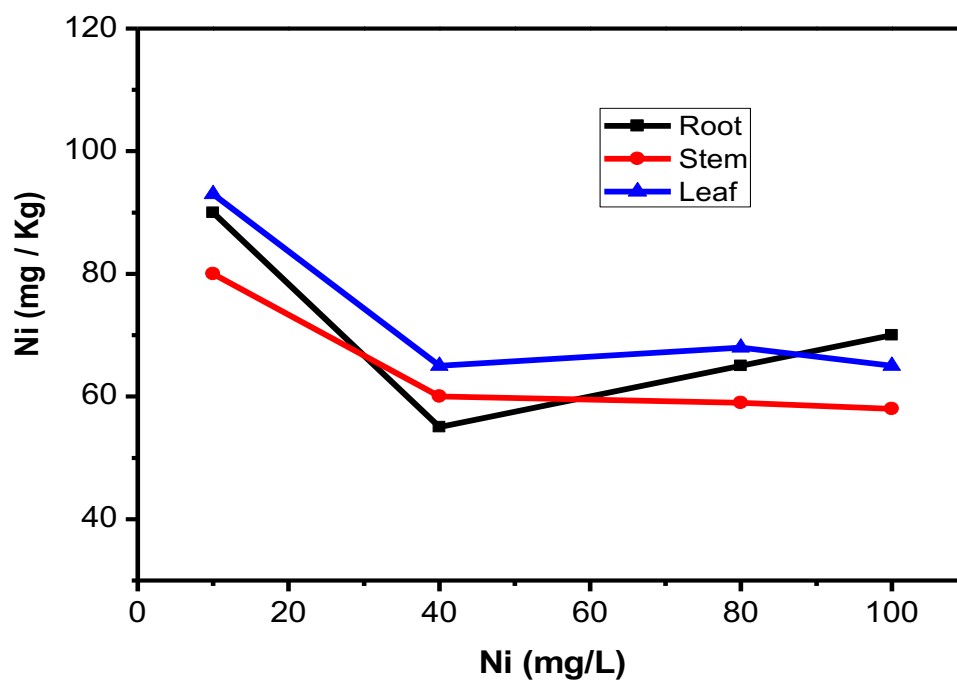
Les résultats de l'accumulation de Ni dans les différentes parties des plantes cultivées en sol contaminé sans amendement sont présentés dans la figure 3.

La concentration maximale de Ni dans les racines était de 25, 34 mg / kg MS à 100 mg /L de Ni fournie. Pour les feuilles, l'accumulation de Ni était beaucoup plus élevée que dans la racine et la tige et le maximum de Ni absorbé était dans les feuilles et la tige à 40 mg / L (70.23 mg //kg MS). Cependant, la concentration de Ni dans la racine était le minimum à 40 mg / L (19,5 mg / kg MS). Pour les traitements de 10 à 100 mg /L, le contenu en Nickel dans les feuilles se situe dans la plage de 38,89 à 70,23 mg / kg MS.

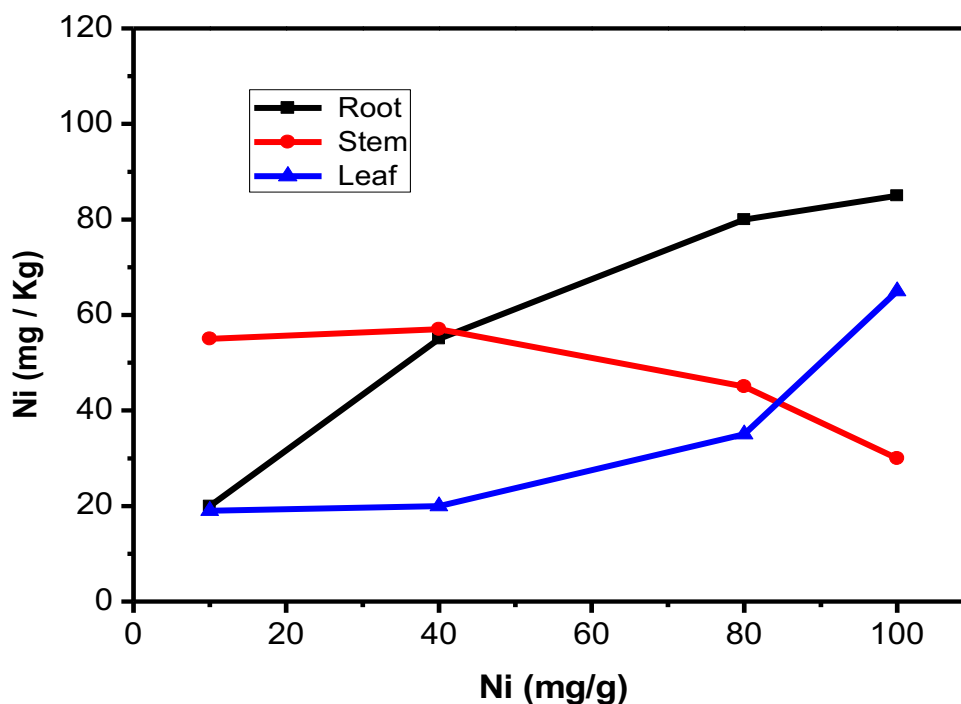
La plante *Arundo donax* L. accumule le Nickel dans divers organes par le schéma suivant : feuille> tige> racine pour les différents traitements [12].



**Figure 3.** Nickel concentrations (mg /kg d.w.) in different parts of *Arundo donax* L. plants grown in the Ni



**Figure 4.** Nickel concentrations (mg /kg d.w.) in different parts of *Arundo donax* L. plants grown in the Ni+NPK



**Figure 5.** Nickel concentrations (mg /kg d.w.) in different parts of *Arundo donax* L. plants grown in the Ni<sup>+</sup>EDTA

### 3.3. Effet de l'engrais NPK sur l'accumulation de Ni

Les résultats de la concentration de Ni dans les parties de plantes cultivées dans le sol contaminé par Ni et amendé avec l'engrais NPK ont été présentés dans la figure 4.

Pour le Ni (100 mg /L), la concentration maximale de Ni était dans les racines (90 mg /kg MS). Dans la tige, la teneur en Ni a diminué en augmentant la concentration de Ni dans le sol. La maximum absorption dans les feuilles s'est produite à 10 mg /L de traitement qui était (91,81mg /kg MS). Les teneurs de Ni dans les feuilles sont respectivement de 68,54 et 67 mg /kg, aux traitements (40 à 100 mg /L) respectivement. Contrairement au traitement au Ni sans modification, le schéma d'accumulation de Ni dans divers organes végétaux était la suivante : racine> tige> feuilles [13].

### 3.4. L'effet de l'EDTA sur l'accumulation de Ni

Les résultats de la concentration de Ni dans les différentes parties des plantes cultivées en présence de l'EDTA est présentée dans la Figure 5.

L'accumulation de Ni dans les racines était beaucoup plus élevées que dans la tige et les feuilles. La concentration maximale de Ni dans les racines était de 89,36 mg / kg MS pour une teneur en Ni de 100 mg / L. Dans la tige, l'accumulation maximale de Ni s'est produite à 40 mg / L, ce qui était de 59,21 mg / kg MS. La concentration de Ni dans la tige à 10 mg / L est de 58 mg / kg MS.

L'absorption maximale dans les feuilles s'est produite à 100 mg / L de traitement, qui était de 69 mg / kg MS. La concentration de Ni dans la racine augmente avec l'augmentation du Ni dans le sol. Par contre à la tige, l'absorption de Ni a diminué lorsque Ni augmente dans le sol.

Nos résultats montrent une corrélation directe entre la concentration totale de Ni dans

la plante pour toutes les solutions d'irrigation avec EDTA. Le modèle d'accumulation de Ni dans divers organes de la plante est le suivant : racine> tige> Feuilles [14, 15]

#### 4. CONCLUSION

Nous avons ensuite déterminé le potentiel de la phytoremédiation de l'Arundo donax L. et étudié la répartition du Ni dans différents organes de la plante. En outre, nous avons examiné la croissance et l'effet de divers additifs : NPK comme un engrais et EDTA comme un chélateur sur l'absorption et la capacité d'accumulation. La présente étude révèle que l'Arundo donax L. cultivée dans des sols contaminés a une capacité élevée d'absorption du Ni au-delà de la limite de phytotoxicité. En outre, Arundo donax L. produit des rendements élevés en biomasse qui tendent à absorber et à transférer le Ni de leur racine aux feuilles et aux tissus de la tige. La plante Arundo donax L. peut être considérée comme accumulatrice et utile pour la phytorextraction, et à la phytostabilisation dans le cas de la phytoremédiation assistée par un chélateur. Cette plante n'est pas destinée à la consommation humaine ou animale. Ainsi, Arundo donax L. peut être utilisée pour la décoration grâce à son effet visuel esthétique et pour le traitement de vastes sols et des grandes surfaces des eaux contaminés.

#### REFERENCES

- [1] Ben Ammar W., Nouairi I., Zorrouk M., Jemal F., 2007.- Cadmium stress induces changes in the lipid composition and biosynthesis in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) leaves. *Plant Growth Regulation*, 53: 75-85.
- [2] Pardha saradhi P., Sharmila P., 1999.- Concerted action of antioxidant enzyme and curtailed growth under zinc toxicity in *Brassica juncea*. *Environmental and Experimental Botany*, 42: 1-10.
- [3] Suthan S., 2001.- Natural and enhanced remediation systems. Ed. Arcadis Geraghty & Miller science and engineering, 240 p.
- [4] Bonanno G., 2012.- Arundo donax as a potential biomonitor of trace element contamination in water and sediment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 80: 20-27.
- [5] Marques Ana P.G.C., Moreira H., Rangel António O.S.S., Castro Paula M.L., 2009b.- Arsenic, lead and Nickel accumulation in *rubusulmifolius* growing in contaminated soil in Portugal. *Journal of Hazardous Materials*, 165: 174-179.
- [6] Mulligan C. N., Yong R. N., Gibbs B. F., 2001.- Remediation technologies for metal-contaminated soils and groundwater: an evaluation. *Engineering Geology*, 60,1:193-207.
- [7] Macek T., Pavlikova D., Mackova M., 2004.- Phytoremediation of metals and inorganic pollutants. In: Singh A, and Ward O P, eds. *soil biology. Applied Bioremediation and Phytoremediation*, 1: 135-157.
- [8] Wu L. H., Luo Y. M., Song J., 2007.- Manipulating soil metal availability using EDTA and low-molecular-weight organic acids, In: Willey N., eds, *methods in biotechnology. Phytoremediation: Methods and Reviews*, Humana Press Inc, 23: 291- 299.
- [9] Carbonell G., Miralles de Imperial R., Torrijos M., Delgado M., Rodriguez J. A., 2011.- Effects of municipal solid waste compost and mineral fertilizer amendments on soil properties and heavy metals distribution in maize plants (*ZeamaysL.*). *Chemosphere*, 85: 1614-1623.
- [10] Al-Menaie H. S., Al-Ragom O., Al-Shatti A., Mathew M., and Suresh N., 2012.- Effect of fertilizer concentration on the growth performance of *cassia nodosa* Buch.-Ham. ex Roxb and *cassia fistula* L. Seedlings under greenhouse conditions of Kuwait. *International Research Journal of Plant Sciences*, 3,2: 19-22.
- [11] January M. C., Cutright, T. J., Van Keulen H., Wei R., 2008.- Hydroponic phytoremediation of Cd, Cr, Ni, As, and Fe: Can *Helianthus annuus* hyperaccumulate multiple heavymetals. *Chemosphere*, 70: 531-537.



- [12] Mirza N., Mahmood Q., Pervez A., Ahmad R., Farooq R., Shah M. M., Azim, M. R., 2010a.- Phytoremediation potential of *Arundo donax* in arsenic-contaminated synthetic wastewater. *Bioresource Technology*, 101: 5815-5819.
- [13] Mirza N., Pervez A., Mahmood Q., Shah M. M., Shafqat M. N., 2011.- Ecological restoration of arsenic contaminated soil by *Arundo donax* L. *Ecological engineering*, 37: 1949-1956.
- [14] Mirza N., Pervez A., Mahmood Q., Farooq R., Shah M. M., 2014.- Effect of EDTA on arsenic phytoextraction by *Arundo donax*. *A scientific journal of comsats–science vision*, 20 ., 2: 39-48.
- [15] Marques Ana P.G.C., Rangel Ant Onio O. S. S., Castro Paula M. L., 2009.- Remediation of heavy metal contaminated soils: phytoremediation as a potentially promising Clean-Up. *Environmental Science & Technology*, 39: 622-654.

# IMPACT DU GRENADIER (*Punica granatum L.*) VARIÉTÉ *MESSAAD* DANS LA MISE EN DÉFENS D'UNE STEPPE DÉGRADÉE : CAS DES VERGERS DE MELAGA ALGERIE

**BOUDIAF NAIT KACI M., OUSLIMANI O., MALLEK T., HADIM A., HOCINE F., LAHOUAL M.**

*Laboratoire Ressources Naturelles, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou - Algérie*  
[boudiafmalika@yahoo.fr](mailto:boudiafmalika@yahoo.fr)

**Résumé :** En Algérie, la protection et la préservation des sols arides deviennent une urgence pour lutter contre la désertification. Néanmoins, certaines espèces pérennes, comme le grenadier, variété locale de *Messaad*, très utilisées dans la mise en valeur des terres, ont eu un regain d'intérêt chez les populations. Le sol constitue une source majeure de nutriments essentiels aux végétaux. Leur nutrition résulte du fonctionnement de la rhizosphère. L'objectif de cette étude est de suivre au champ l'influence des racines du grenadier sur certaines propriétés physiques, chimiques et biologiques. Pour cela nous avons échantillonné dans un verger de sept ans. Deux horizons, le premier de surface et le second profond sont prélevés sous douze arbres. Le sol est de type aridosol à texture sableuse, à pH moyennement alcalin, les sols sont faiblement calcaires, avec de très faibles teneurs en carbone organique, pauvre en phosphore, riches en azote et en potassium, avec une faible conductivité électrique. Ces résultats montrent que le grenadier a bien prospéré dans cette région à fortes contraintes édaphoclimatiques. Il est recommandé d'élargir l'installation de nouvelles plantations pérennes. A cela s'ajoute les vertus et l'importance socio-économique du grenadier.

**Mots clés :** Mise en défens, Sol, Rhizosphère, Grenadier, Aridité.

## تأثير الرمان (بونيكأغرانا توم ل.) نوعية مسعد في الدفاع عن السهوب المتدهورة: حالة بساتين ملقة الجزائرية

**ملخص:** من أجل مكافحة التصحر في الجزائر, أصبحت حماية الأراضي الجافة القاحلة والحفاظ عليها من أهم الأولويات المستعجلة. من بين الأنواع المستغلة سخرنا لاستصلاح الأراضي على نطاق واسع. رمان منطقة مسعد المحلية, فحظيت باهتمام كبير من قبل السكان. إن تفاعل منطقة الجذور في التربة هو مصدر المغذيات الأساسي للنبات. لهدف إتباع تأثير جذور الرمان على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية, حققنا هذه الدراسة الميدانية. باستعمال عينات أخذت من بستان 7 سنوات على مستويين الأول سطحي و الثاني عميق تحت سبعة عشر شجرة. في تربة قاحلة رملية متوسط القاعدية والكلس فيها ضعيف. مع نسب منخفضة من الكربون العضوي, فقيرة الفسفور, غنية الأزوت و البوتاسيوم بها ناقلية الكترونية ضعيفة. النتائج تبين تكيف ومقاومة وازدهار الرمان لظروف المنطقة القاسية. منه نوصي بتوسيع تركيب المزارع المعمرة الجديدة. إضافة للأهمية الاجتماعية و الاقتصادية للرمان.

**كلمات دالة:** الدفاع, التربة, منطقة الجذور, الرمان, الجفاف.

## 1. INTRODUCTION

En Algérie, la zone aride représente près de 95% du territoire national. Il est indispensable d'augmenter les capacités de production des sols arides et de les restaurer. La région de Melaga, wilaya de Djelfa, est située au sein des territoires steppiques arides, soumis à la sécheresse menaçant le couvert végétal. La protection et la préservation de ces habitats deviennent une urgence pour lutter contre la désertification. Néanmoins, certaines espèces pérennes, comme le grenadier, variété locale de *Messaad*, très utilisées dans la mise en valeur des terres, ont eu un regain d'intérêt chez les populations.

Le grenadier est l'une des espèces pérenne tolérante à la sécheresse et capable de valoriser les sols pauvres et salins. Il jouit de grandes capacités d'adaptation aux conditions de milieu caractérisé par une aridité climatique. Sur le plan environnemental, il joue un rôle très important dans la protection, la restauration et la fixation des sols [1]. Cependant, le sol constitue une source majeure de nutriments nécessaires aux végétaux. Leur nutrition résulte pour une large part, du fonctionnement de la rhizosphère, cette dernière est définie comme étant le siège de processus physiques et chimiques spécifiques liés à l'alimentation hydrique

et minérale des plantes. L'objectif de cette étude est de suivre au champ l'influence des racines du grenadier sur certaines propriétés physiques, chimiques et biologiques.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Echantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé dans la région de Melaga wilaya de Djelfa le 20 mars 2017, sur une parcelle de 200 ha comprenant 210 grenadiers en irrigué qui s'étalent sur 7000 m<sup>2</sup>, avec une densité de 400 arbres/ha. La parcelle d'étude est homogène sous forme d'une dépression. Nous avons opté pour un échantillonnage en diagonale. Nous avons prélevé deux fractions de sol réparties sur deux niveaux sous grenadier uniquement. La première c'est l'horizon de surface (hs), il correspond au sol prélevé sous l'arbre mais qui n'est influencé par les racines, aucune biomasse racinaire ne se trouve sur cette partie du sol. L'horizon profond (hp) est le sol qui est accolé aux racines du sous chaque arbre. Cette deuxième fraction est obtenue en secouant légèrement les racines.

### 2.2. Analyse au laboratoire

Les caractéristiques physiques et chimiques des sols sont déterminées par la méthode standard d'analyse en pédologie.

### 2.3. Analyse statistique

Afin d'évaluer l'ampleur de la présence du grenadier sur les propriétés des sols sous climat aride, nous avons effectué une analyse de variance des caractéristiques chimiques des sols étudiés avec l'utilisation du logiciel STAT-BOX.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Texture des sols

Le sol est un Aridosol. Les résultats de l'analyse granulométrique montrent que les échantillons étudiés ont une texture limono-sableuse.

### 3.2. Caractéristiques chimiques du sol

Les résultats de la détermination du pH des sols, nous indiquent que les sols sous grenadier sont moyennement à fortement alcalins. Cette variation peut s'expliquer par un fort pouvoir tampon exercé par les carbonates de calcium dans ces sols [2]. Une augmentation significative des pH des horizons profonds comparativement aux horizons de surface est à signaler (Fig. 1). Cette dernière peut être due au dessèchement local des horizons profonds ce qui a pour effet une importante concentration des solutés de cations qui font augmenter leurs alcalinité [3].

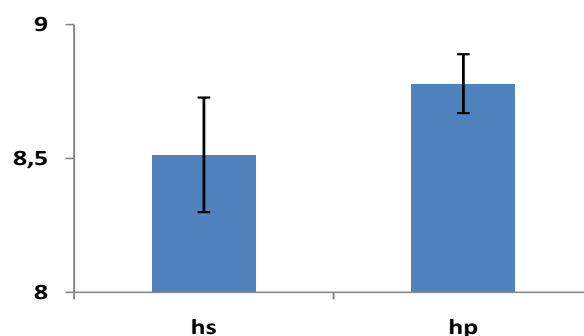
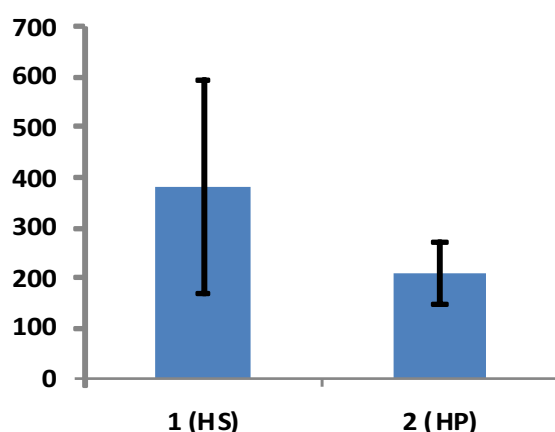


Figure 1. Variation du pH des sols en fonction de la profondeur

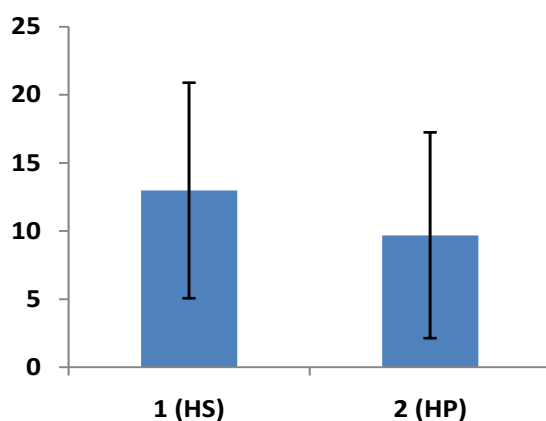
Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que les ions prélevés par les racines induisent une différence de charges cationiques et anioniques et par conséquent une libération de protons  $H^+$  ce qui fait diminuer le pH à proximité des racines 4](Maillard, 2000).

Les sols étudiés sont non salés. Cependant les sols des horizons superficiels représentent la plus grande valeur de CE qui est atteint 767  $\mu s/cm$ , par contre la valeur la plus faible est enregistrée au niveau des sols profonds 133  $\mu s/cm$  (Fig. 2). L'analyse de la variance nous a révélé que cette variation est significative pour le facteur profondeur. Ce gradient de variation de la surface vers la profondeur ne semble pas suivre la théorie. Cependant, l'accumulation des sels dans les horizons de surface peut être accentuée par l'effet de l'irrigation. De plus, on assiste à aux fortes évaporations dues aux températures élevées de la région, ainsi, que les pratiques d'irrigation non maîtrisées.



**Figure 2.** Variation de la conductivité électrique des sols

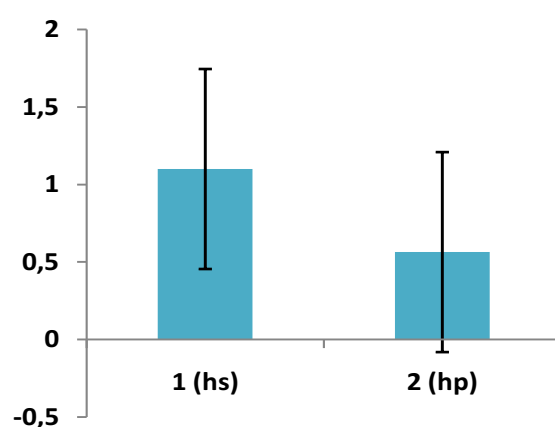
Le dosage des carbonates de calcium a montré que les résultats varient de 9,68 % à 12,97 %. L'analyse statistique a montré que la variation du calcaire total est non significative. L'horizon de surface présente le taux le plus élevé. L'augmentation du taux de calcaire dans ce niveau peut être expliquée par les eaux d'irrigation chargées, sachant que le verger étudié est situé dans une dépression qui d'après l'agriculteur était une Daya.



**Figure 3.** Variation du calcaire total en fonction de profondeur

Des études ont montré qu'en sol calcaire, la matière organique hydrosoluble s'insolubilise au contact des carbonates de calcium sous forme de Fulvate et d'Humate de calcium. Leur biodégradation par la microflore bactérienne est fortement ralentie. La décomposition de cette matière organique à laquelle s'ajoute l'activité respiratoire de la biomasse qui produit du  $\text{CO}_2$ , au contact des carbonates très peu solubles, permettent de former des bicarbonates de calcium  $\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$  solubles qui précipiteraient ultérieurement sous forme de  $\text{CaCO}_3$  en fonction des conditions pédoclimatiques [5]. Il est important de signaler que les sols étudiés subissent 11 mois de sécheresse en plus de l'importance du gel, cette région est connue pour la durée importante de ce phénomène.

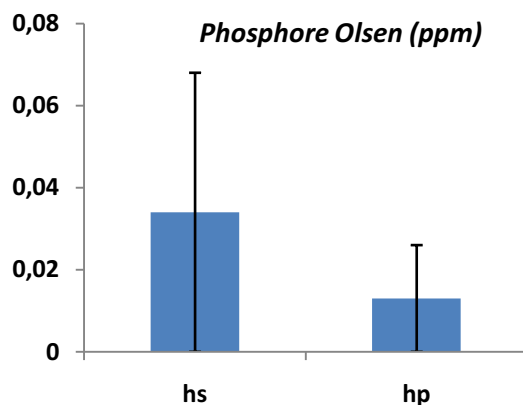
Les sols sont pauvres en matière organique. Nous observons une légère augmentation au niveau de la surface avec un taux de 1,1 %. Mais en profondeur, le pourcentage est remarquablement bas. L'analyse de la variation montre une différence significative pour ce facteur (Fig. 4).



**Figure 4.** Variation des taux carbone organique en fonction de profondeur

La teneur en carbone organique élevée en surface est liée aux apports en matière organiques fraîche et à la présence d'une végétation sous forme de strate herbacée en surface.

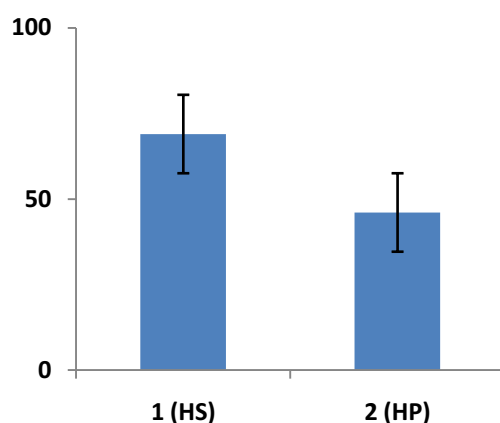
Les résultats obtenus par cette méthode de dosage du phosphore dit assimilable sont très faibles. Ils varient en moyenne entre 0.03 et 0.13 ppm (Fig. 5). Toutefois, il est important de signaler l'augmentation très hautement significative des teneurs en phosphore dans les horizons de surface comparativement aux horizons de profonds.



**Figure 5.** Variation des teneurs en phosphore Olsen en fonction de la profondeur

Ces concentrations très faibles sont liées à la nature du matériau parental avec les pH alcalins d'une part, ainsi que l'irrigation qui est mal gérée d'après nos observations sur le site.

Le dosage du potassium assimilable des sols sous grenadier a révélé que ce dernier varie de 20,362 à 144,97mg/100g. Ces résultats montrent que ces sols sont riches en potassium assimilable. La variation des teneurs en cet élément suit un gradient inverse de ce qui est connu habituellement. Les teneurs sont plus importantes en surface (Fig. 6). L'analyse de la variance présente une diminution non significative, cela signifie que le facteur étudié, horizon, n'influence pas sur cette diminution. Cette variation peut être liée aux apports des intrants qui ne sont pas quantifiés encore une fois. L'arboriculteur a juste dit que j'ai apporté des fertilisants chimiques, d'où le problème d'en tirer des conclusions fiables.



**Figure 6.** Variation des teneurs en potassium assimilable en fonction de la profondeur

Ces concentrations élevées dans les horizons de surface pourraient être expliquées par ces amendements chimiques d'une part et les apports organiques sous forme de fumier d'autre part. Il serait souhaitable de compléter cette analyse par les dosages des autres formes de potassium et de phosphore sans négliger le statut azoté, afin que nous puissions faire un diagnostic complet avec un suivi temporel et saisonnier.

#### 4. CONCLUSION

Ces résultats montrent que le grenadier a bien prospéré dans cette région à fortes contraintes édaphoclimatiques. Il est recommandé d'élargir l'installation de nouvelles plantations pérennes, dans le cadre de la mise en valeur des sols dégradés. A cela s'ajoute les vertus et l'importance socio-économique du grenadier.

Dans cette optique il serait nécessaire d'entreprendre des actions notamment dans ce sens :

- Apporter les matières organiques de toutes sources pour l'amélioration des conditions physiques, chimiques et biologiques de ces sols pauvres ; raisonnement de la fertilisation où on doit connaître les besoins de la plante et l'offre du sol ;
- Adopter des systèmes d'irrigation modernes dans le but de limiter le taux d'évaporation et donc la salinité ;
- Opter pour une agriculture de conservation surtout une couverture permanente des sols et de moins labourer les sols voir annuler toute perturbation de cette couche fragile ;
- Implantation des plantes associées tolérantes pour la salinité et l'aridité.

**REFERENCES**

- [1] Melgarejo P., Salazar D.M.S., 2003.-Tratado de fruticultura para zonas aridas y semi-aridas .Vol.2. : Algarr.416p.
- [2] Hinsinger P., 2003.- Origins of root-induced pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: a review. Plant Soil 248, 43-59.
- [3] Anoua et al., 1997.- Le truffe, la terre, la vie, Ed. Quae, 210p.
- [4] Maillard P., 2000.- Fonctionnement des peuplements végétaux sous contraintes environnementales. Ed. Quae, 168p.
- [5] Schwartz C., Decroux J., Mulla J.C., 2005.- Guide de la fertilisation raisonnée : Grands cultures et prairies, Ed. France Agricole, 414p.

# ETUDE DE L'EFFICACITE DE LA SOLARISATION DU SOL COMME METHODE DE LUTTE CONTRE LE NEMATODE DES TIGES ET DES BULBES : *Ditylenchus gigas* SUR LA FEVE (*Vicia faba*)

**SAADI I.<sup>1</sup>, BOUMARAF B.<sup>1</sup>, SAADI H.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Département d'agronomie, Université Mohamed Khider Biskra, B.P 145 R.P. 07000 BISKRA  
Algérie

<sup>2</sup> Direction des services Agricole Biskra Algérie  
[saadiinnesse@yahoo.fr](mailto:saadiinnesse@yahoo.fr)

**Résumé :** Le nématode des tiges et des bulbes *Ditylenchus gigas* constitue une menace assez sérieuse sur la fève en Algérie notamment par sa transmission par la semence. L'effet de la solarisation du sol comme moyen de lutte pendant trois périodes d'exposition a permis une diminution des effectifs de *D.gigas* sur la fève. Cette baisse est plus importante pour 8 semaines de traitement solaire ; ce dernier a permis également une augmentation de la croissance des plants et des rendements de fève.

**Mots clés :** Légumineuses, *Vicia faba*, Semences, Solarisation, *Ditylenchus gigas*.

## دراسة اهمية تشميس التربة كطريقة مكافحة ضد الثعبانيات الساق و الدرنيات *Ditylenchus gigas*

**ملخص :** الثعبانيات الساق والدرنيات *Ditylenchus gigas* يمثل تهديد كبير على الفول في الجزائر و ذلك بتنقله عبر البذور تأثر التشميس الترب كطريقة مكافحة لمدة تعرض 3 فترات سمحت بانخفاض عددي لى *Ditylenchus gigas* في الفول. هذا الانخفاض كان هاما في مدة 8 اسابيع تشميس . وهذا الاخير سمح ايضا في ارتفاع النمو و الانتاج للفول.

**كلمات دالة :** البقوليات, *Vicia faba*, البذور, التشميس, *Ditylenchus gigas*.

## 1. INTRODUCTION

Les légumineuses alimentaires sont une importante source de protéines assez utilisée dans la nutrition humaine comme alternative aux protéines animales surtout par les ménages aux revenus limités. Leur utilisation dans l'alimentation animale est encore trop limitée malgré le fait bien établi qu'elles sont une source d'alimentation de grande qualité et à très bon marché.

Les rendements de ces cultures, subissent d'énormes fluctuations. A titre d'exemple, la fève de 8.1 qx/ ha en 1996 à 5.8 qx/ ha en 2005 ; cette baisse de rendement est due à des contraintes abiotique et biotique. Parmi ces derniers, le nématode des tiges, *Ditylenchus gigas* est l'un des principaux bioagresseurs qui menace la culture de la fève et constitue l'espèce la plus nuisible sur fève dans le monde et particulièrement dans les pays du bassin méditerranéen [1, 2].

Les pertes causées par ce nématode sont considérables ainsi, Gray et al. , (1984) signalent des pertes de rendements pouvant atteindre jusqu'à 60% sur ail et oignon. Enfin, sur fève les pertes sont évaluées à 70% pour la race géante sont de l'ordre de 20 %.en présence de la race normale [3].

En Algérie, ce nématode a été signalé pour la première fois en 1896 par Debray et Maupas. Bien qu'identifié depuis plus d'un siècle *D. gigas* est toujours considéré comme une menace assez sérieuse sur fève à travers toutes les zones de la culture de la fève [1, 4, 5, 6, 7]. La distribution aisée de ce nématode et sa présence quasi généralisée s'expliquent par sa transmission par la semence. Enfin, la lutte contre ce nématode est difficile et actuellement aucune méthode n'est disponible. Ainsi, les méthodes culturales qui sont les moins coûteuses sont difficiles à appliquer citons par exemple la rotation qui est à déconseillée du fait de la polyphagie et le mode de conservation dans sol de *D. gigas*.



Les moyens les plus utilisés consistent à désinfecter les sols à l'aide des produits chimiques, ces derniers posent de sérieux problèmes par la pollution des nappes phréatique et laissent des résidus toxiques au niveau des productions et par conséquent pour les consommateurs.

La recherche des méthodes alternatives pour réduire l'usage de pesticides s'avère nécessaire. Parmi ces dernières, nous citerons la solarisation du sol, celle-ci offre des potentialités prometteuses dans les climats chauds et son efficacité contre les nématodes a fait l'objet de nombreuses études [8, 9, 10].

A cet effet, notre travail qui s'inscrit dans ce cadre vise la recherche d'une méthode alternative contre *D. gigas* a comme objectif : l'étude de l'effet de la solarisation du sol contre *D. dipsaci* et déterminer la durée nécessaire du traitement solaire et comparer l'efficacité de cette technique à un traitement chimique.

**Objectif de l'essai :** Cet essai a pour objectif de tester l'effet de la solarisation du sol pendant trois périodes afin de déterminer la durée nécessaire de ce traitement solaire dans la région de Biskra d'une part, et de comparer son efficacité par rapport à un traitement chimique d'autre part comme moyen de lutte contre *Ditylenchus gigas* sur fève (*Vicia faba*).

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Présentation du site d'étude

Le site d'expérimentation de notre essai se situe au sein de la station régionale de la protection des végétaux de Biskra (SRPV), elle est située à six (6) km au Nord Est de la ville, couvre une superficie de 4 hectares dont 3 hectares destinés à l'expérimentation. Le choix de la parcelle utilisée pour notre étude repose essentiellement sur le critère infestation du sol par les nématodes *Ditylenchus gigas*

### 2.2. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental établi est celui des blocs aléatoires complets avec quatre (04) répétitions, avec 04 blocs et chaque bloc comporte 04 parcelles élémentaires. Le matériel végétal utilisé au cours de cette expérimentation est la fève (*Vicia faba*. L) : variété Aguadulce.

### 2.3. Technique de la solarisation

La solarisation du sol été menée durant la période estivale pendant (04, 06, 08 semaines) avec 04 répétitions : du 01 Juillet au 30 août. Le sol a subi un labour profond, un nivellement superficiel et enfin une irrigation. Après l'infiltration totale de l'eau, le sol a été recouvert par un film plastique en polyéthylène transparent de 02 mm d'épaisseur, enterré à la périphérie jusqu'à une profondeur de 20 cm afin de permettre un bon contact du film avec la surface édaphique et un isolement totale avec l'extérieur pour ne pas faussent les prélèvements des températures.

### 2.4. Les relevés de température

Au cours de la période d'essai, des relevés de température du sol et de l'air ont été enregistrés quotidiennement au niveau de la parcelle, des trous on été confectionnés à différentes profondeurs du sol : 15 cm, 30 cm, 45 cm, et les relevés sont effectués avec une sonde. Un thermomètre mini- maxi a été placé dans la parcelle afin de relever les températures de l'air (maxima – minima).

### 2.5. Estimation de la flore adventice

L'action de la solarisation du sol sur les mauvaises herbes, a été réalisée au cours de notre expérimentation au niveau des parcelles solarisées et non solarisées, les paramètres pris en considération sont : le nombre de mauvaises herbes pour 1 m<sup>2</sup>/ parcelle.

## 2.6. Analyses nematologiques

Les paramètres retenus pour évaluer l'efficacité de la solarisation comme méthode de lutte sont les différentes périodes de solarisation utilisées lors de notre essai, portent sur les paramètres liés au *Ditylenchus gigas* : l'estimation des effectifs des populations dans le sol, les tiges ; ainsi que les paramètres de production des plants : notation de la vigueur des plants, production moyenne des plants.

### 2.6.1. Estimation de la densité de la population des *Ditylenchus gigas* du sol

L'échantillonnage au niveau du sol a été fait en quatre périodes : (Avant l'installation du plastique, après la période de solarisation, durant la culture et fin de culture). Le prélèvement se fait pour chaque parcelle élémentaire, chaque échantillon comprend une multitude de prélèvements enfin la technique d'extraction des nématodes à partir du sol que nous avons utilisé est celle de Baermann [11].

### 2.6.2. Application des traitements chimiques et doses utilisées

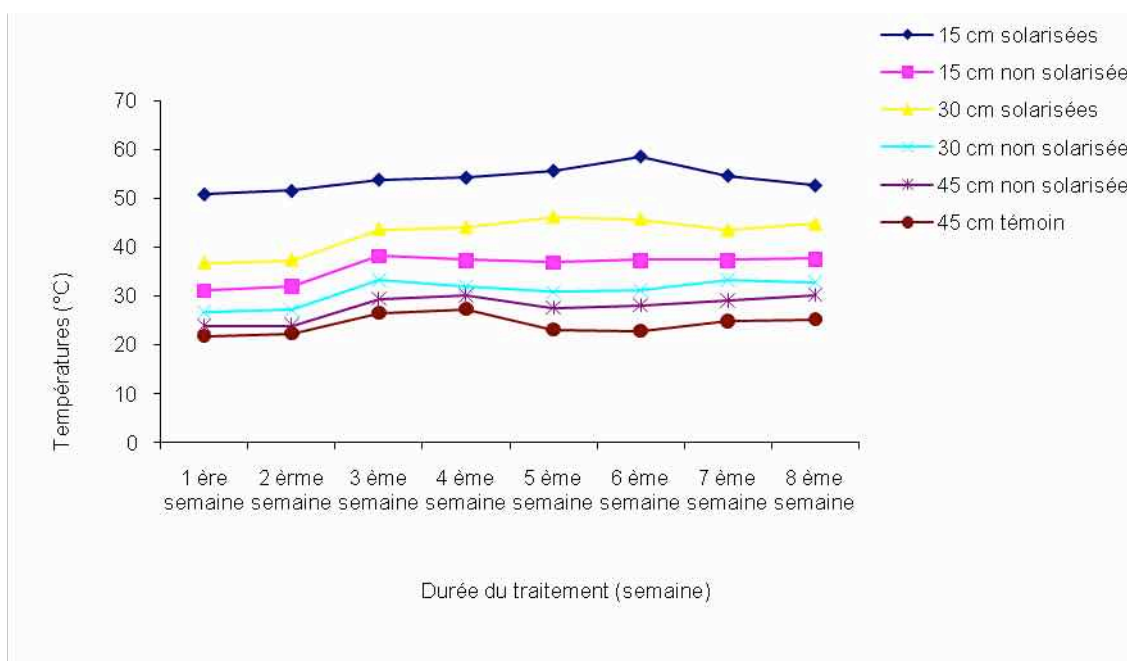
L'application des produits chimiques utilisés a été effectuée de la manière suivante : Après épandage du produit de façon homogène dans le sol, celui-ci est incorporé à l'aide d'une binette à une profondeur de 10 à 20 cm, un arrosage a été effectué afin de favoriser une bonne pénétration du produit. Les doses appliquées au niveau de chaque parcelle élémentaire sont de 30, 50 kg/ha respectivement pour le Mocap et le Némacur .l'application de ces deux produits dépend de la date de plantation.

## 3. RESULTATS

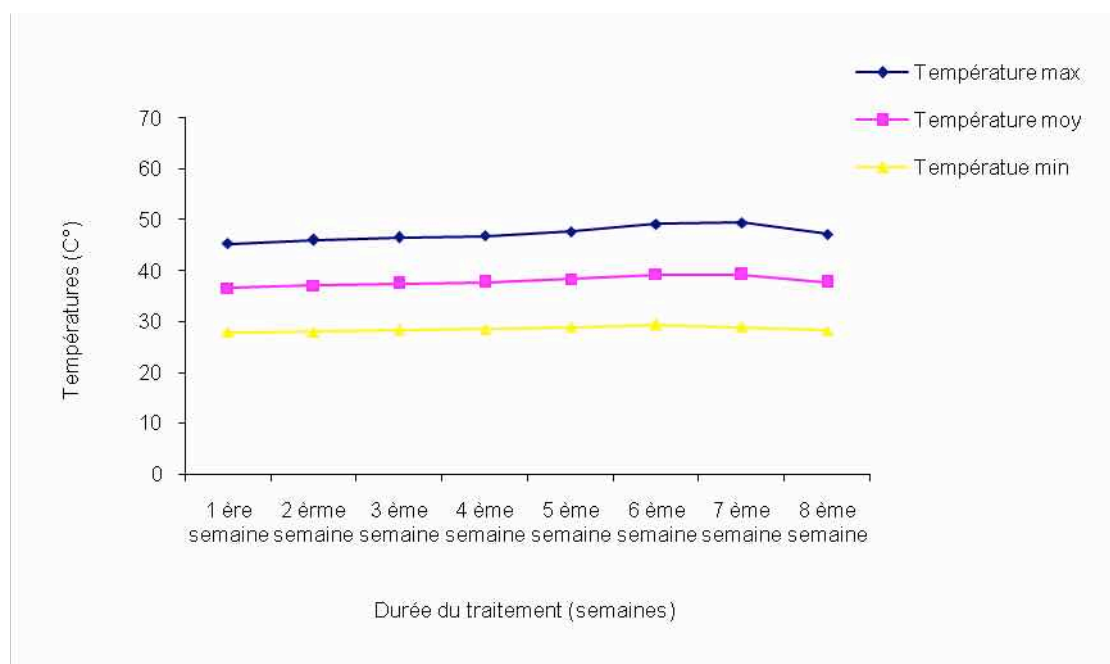
### 3.1. Effet de la solarisation sur la température du sol durant la période du traitement solaire

Les relevés de température de l'air durant la période de solarisation du sol montrent que les valeurs moyennes oscillent entre 35,5 °c et 40,9 °c. Les températures minima et maxima varient respectivement de 27,3 à 31,2°c et de 44,5 à 50°c. Les températures du sol enregistrées durant la solarisation du sol sont représentées sur la figure (1). Leur lecture montre que la température maximale durant la quatrième semaine de traitement solaire atteint 54,2 °c, 44, 1°c et 30 °c respectivement pour les profondeurs 15,30 et 45 cm. Les températures minimales relevées durant cette même période et pour les mêmes profondeurs, sont de 48,6°c. 46,8°c et 33,9°c. Au niveau des parcelles témoins, la température maximale enregistrée est de 37, 3. 32 et 27, 5°c pour les profondeurs de 15,30, et 45 cm. Pour ces mêmes profondeurs, la température minimale relevée est respectivement de 31,2°c. 26 ,7 et 21,8°c. Après 6 semaines de traitement solaire, les températures du sol maximales relevées sont de l'ordre de 58,5 °c. 46,2°c et 28°c respectivement pour les profondeurs 15, 30, et 45cm. Les minimales enregistrées durant cette même période et pour ces mêmes profondeurs s'élèvent à 46,8°c. 33,1°c et 22,8°c. Au niveau des parcelles témoins, la température maximale relevée durant la même période est de 37,3°c 31,2°c et 2 2,8°c respectivement des profondeurs de 15cm, 30cm et 45cm. Pour ces mêmes profondeurs, la température minimale notée est respectivement de 30, 7°c, 27,2°c et 21,8°c. Les températures maximales du sol après huit semaines de traitements solaire sont de 52,6°c 44,8°c et 30,1°c respectivement pour les profondeurs de 15cm, 30cm et 45cm. Les températures minimales du sol sont de 49,2°c. 39,4°c et 27,8°c pour les même profondeurs ; au niveau des parcelles témoins, et pour les même profondeurs, les températures maximales du sol relevées sont de 37,6°c.

32,9°C 25,1°C et les minimales sont de 28,7°C 25,1°C et 19,7°C. L'analyse comparative des relevés de températures au niveau des parcelles solarisées et non solarisées montre des écarts importants pour les profondeurs 15 et 30 cm et faibles à 45cm. En effet, après quatre semaines de solarisation de sol les écarts de températures enregistrées entre les parcelles solarisées et non solarisées sont de 16,9. 12,1 et 2,8°C respectivement à 15, 30 et 45 cm de profondeur. Après un traitement solaire de 6 semaines, les écarts s'élèvent respectivement de 21,2. 14,6 et 5,2 °c pour les profondeurs 15, 30 et 45 cm entre les parcelles solarisées et non solarisées. Enfin, après huit semaines de traitement, les écarts enregistrés entre les parcelles traitées et les parcelles témoins sont de 15. 11,9 et 5°C. La température moyenne du sol durant la culture est de 28°C pour les mois de septembre - octobre, faibles pour les mois de décembre et janvier respectivement de 10 et 12°C, et en mars-avril elle atteindrent respectivement 18 et 22 °C.



**Figure 1.** Température du sol durant la période de solarisation du sol



**Figure 2.** Température de l'air durant la période de solarisation du sol

### 3.2 Estimation de l'effet de la solarisation du sol sur les adventices

L'analyse du tableau 1 renfermant la liste des espèces récoltées et identifiées montre que la flore adventice est composée de quinze espèces appartenant à douze familles botaniques différentes. En effet, on constate que les parcelles témoins sont plus riches que celles solarisées. A travers ce tableau, nous relevons la disparition totale des espèces comme *Sonchus asper*, *Bassia muricata*, *Frankinia pulvirulenta*, *Trigonella stellata*, et *Malva parviflora* pour les trois périodes de traitement solaire.

Une réduction importante des densités est notée pour les espèces annuelles comme *Moricandia arvensis* *Sperguleria diandra*. En ce qui concerne les espèces vivaces la réponse à la solarisation du sol reste variable, certaines espèces persistent c'est le cas de *Cyperus rotundus*, d'autres comme *Cressa cretica*, *Oropetium africanum*, *Launea resedifoliane* ne sont contrôlées que pour des périodes d'exposition plus longue (6 et 8 semaines).

**Tableau 1.** Effet de la solarisation du sol sur la densité de la flore adventice

Espèces	Densité moyenne sur témoin (plant/m <sup>2</sup> )	Nombre moyen sur les Parcelles		
		04 semaines	06 semaines	08 semaines
<b>Asteracées</b>				
<i>Sonchus asper</i>	30	-	-	-
<i>Launea resedifolia</i>	10	4	-	-
<b>Brassicacées</b>				
<i>Moricandia arvensis</i>	59	18	11	03
<b>Caryophyllacées</b>				
<i>Sperguleria diandra</i>	21	10	04	01
<b>Chenopodiacees</b>				
<i>Chenopodium murale</i>	43	18	10	04
<i>Bassia muricata</i>	28	-	-	-
<i>Sueda fructicosa</i>	21	05	02	02
<b>Convolvulacées</b>				
<i>Cressa cretica</i>	43	26	18	12
<b>Cypéracées</b>				
<i>Cyperus rotundus</i>	25	12	08	04
<b>Fabacées</b>				
<i>Trigonella stellata</i>	11	-	-	-
<b>Frankeniacees</b>				
<i>Frankinia pulvirulenta</i>	27	-	-	-
<b>Liliacées</b>				
<i>Asphodelus teniflorus</i>	17	07	04	-
<b>Malvacées :</b>				
<i>Malva parviflora</i>	19	-	-	-
<b>Primulacées</b>				
<i>Anagallis arvensis</i>	26	09	03	-
<b>Poacées</b>				
<i>Oropetium africanum</i>	18	12	09	-

### 3. 3. Effet de la solarisation du sol sur les caractéristiques chimiques du sol

Les résultats de ces analyses représentés dans le tableau 2 montrent que la solarisation du sol accroît les concentrations en ions  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{K}^+$ . En revanche, nos analyses ne révèlent aucun effet de la solarisation du sol sur le magnésium pour les trois périodes de traitement. En ce qui concerne la matière organique, elle est plus importante dans les parcelles solarisées pendant 6 et 8 semaines. Les concentrations en ions des oligo-éléments sont variables ou sensiblement identiques pour tous les traitements ; l'aluminium reste cependant indétectable.

**Tableau 2.** Effet du traitement solaire sur la composition chimique du sol

Nature des éléments	Témoin	Parcelles solarisées pendant 4 semaines	Parcelles solarisées pendant 6 semaines	Parcelles solarisées pendant 8 semaines
Mo (%)	0,62	0,92	1,28	1,5
N (%)	0,24	0,30	0,40	0,48
NH <sup>+</sup> 4(ppm)	0,13	0,29	0,31	0,61
No <sup>-</sup> 3(ppm)	0,12	0,18	0,22	0,88
PH	8,1	8,1	8,2	8,1
<b>Cations échangeables meq /100g</b>				
Ca <sup>++</sup>	1,68	1,72	1,74	2,02
Mg <sup>++</sup>	1,12	1,12	1,16	1,12
K <sup>+</sup>	0,8	1,9	2,01	2,6
<b>Oligo-éléments (ppm)</b>				
Mn <sup>++</sup>	0,12	0,12	0,13	0,12
Fe <sup>++</sup>	0,21	0,22	0,21	0,22
AL <sup>++</sup>	-	-	-	-
Zn <sup>++</sup>	1,14	1,16	1,16	1,16
Cu <sup>++</sup>	1,41	1,34	1,37	1,43

### 3.4. Estimation de l'effet de la solarisation du sol sur les effectifs de *Ditylenchus gigas* dans les tiges et la sévérité de la maladie

L'estimation de la densité des populations de *D.gigas* a été réalisée avant et après solarisation du sol. Le tableau 3 indique les variations du nombre moyen de nématodes. Avant la solarisation du sol, le nombre de *D. gigas* est hétérogène et varie selon les parcelles élémentaires est de 59, à 68, dans 250 gr de sol, ce nombre dépasse largement le seuil de nuisibilité de *D gigas* .Après, solarisation du sol on constate que ce nombre diminue pour atteindre respectivement 27,75 , 19 et 14 nématodes dans sol pour les traitement solarisés pendant 4, 6 et 8 semaines puis augment en fin de culture. En ce qui concerne le traitement chimique, les effectifs sont sensiblement similaires du fait que les traitements sont réalisés après plantation. Le facteur de reproduction est inférieur à 1 pour tous les traitements exceptés pour le traitement chimique (Mocap).

En fin de culture, les résultats témoin montrent une diminution des effectifs aussi bien pour les traitements chimiques que solarisés par rapport au témoin. L'analyse du tableau 3 indiquant les effectifs de *D. gigas* dans les tiges , montre que tous les traitements diminuent les populations , cette baisse est plus importante pour le traitement solaire pendant les durées de 6 et 8 semaines avec respectivement une diminution de *D. gigas* de 75, 97 % et 77,31%. De même, dans le cas de ces deux traitements la sévérité est la plus faible par rapport aux traitements effectués. Le traitement chimique à base de Némacur et le traitement solaire pendant 4 semaines ont un effet similaire avec une diminution des populations de 62% à 63, % et une sévérité moyenne respectivement de 6,8 et 6 ,4 .

Ces observations sont confirmées par le test de Newman et Keuls aux différents traitements ou les groupes homogènes indiqué dans les tableaux et correspondant respectivement au témoin et aux traitements chimiques et solarisés. Les mêmes observations sont notées pour l 'effet de la solarisation du sol sur le nombre de nématodes dans les graines.

**Tableau 3.** Effet des différents traitements sur le nombre moyen de *Ditylenchus gigas* dans le sol ( 250g )

Traitements	Avant solarisation du sol	Après solarisation du sol	Fin de culture	R= Pf /pi
Témoin	63,74	59	85,75	1,34
Traitement chimique Ethoprophos	58,25	60,25	52,8	1 ,01
Traitement chimique Némacur	68,75	66 ,75	38,25	0,55
Parcelles solarisées pendant 4 semaines	65 ,5	27,75	34,5	0,52
Parcelles solarisées pendant 6 semaines	59 ,25	19	25 ,5	0,43
Parcelles solarisées pendant 8 semaines	64,5	14	21 ,25	0 ,32

R : facteur de reproduction ; Pf = population finale ; Pi = population initiale

**Tableau 4.** Effet des différents traitements sur le nombre moyen de *Ditylenchus gigas* dans les tiges

Traitements	Nombre moyen de nématodes dans les tiges	Pourcentage de diminution par rapport au témoin(%)	Nombre moyen de nématodes dans les graines	Sévérité moyenne de la maladie selon l'échelle de Hanounik et al., (1986)
Témoin	803	-	472	8,6
Traitement chimique Ethoprophos	501,22	37,59	318	7,2
Traitement chimique Némacur	302	62,4	197	6,8
Parcelles solarisées pendant 4 semaines	293,5	63,45	178	6,4
Parcelles solarisées pendant 6 semaines	193	75,97	164	4,4
Parcelles solarisées pendant 8 semaines	182,25	77,31	37	4

### 3.5. Effet des différents traitements sur la croissance de la plante

La mesure des hauteurs des plants de fève représentée dans la figure (1) montre qu'en fin de culture, elle atteint respectivement 45 ,85 49,84 ; 56 ,4 cm dans les parcelles solarisées pendant 4, 6 et 8 semaines soit des augmentations de 24 %, 35% et 53%. Dans le cas des traitements chimiques et les parcelles non solarisées, les hauteurs moyennes sont de 40,5 cm (mocap) et 44 ,32 cm (némacur) et 36 ,76 cm pour le témoin ; des augmentations de la croissance de plants de fève de 20% et 24% sont notées pour ce deux traitements.

### 3.6. Analyse des composantes du rendement

Les résultats des différentes composantes du rendement obtenues ont montré des différences entre les traitements effectués (Tabl. 5). En effet, les traitements solaires ont permis d'avoir des rendements supérieurs à ceux récoltés chez le témoin et des parcelles traitées. Les analyses statistiques ont révélé un effet hautement significatif du traitement solarisé pendant 6 et 8 semaines sur le poids des 1000 graines et le nombre de gousses par plant. Cependant, le nombre de graines par gousse n'est pas significativement différent pour tous les traitements. Les moyennes des rendements en grains pour les traitements solarisés sont respectivement de 1,04 kg /m<sup>2</sup>, 1,255 et 1,392 kg /m<sup>2</sup> pour 4, 6 et 8 semaines. Les rendements des parcelles non couvertes (témoin) et ceux des deux traitements chimiques Mocap et Némacur sont de l'ordre de 0,455, 0,689 et 0,825 kg / m<sup>2</sup>. Ce sont les traitements solaires de 6 et 8 semaines qui ont donné des augmentations allant de 50% et 58%.

**Tableau 5.** Effet de la solarisation du sol sur les composantes du rendement

Traitements	Nombre de gousse par plant	Poids moyen de 1000 graines	Nombre de graines par gousse
Témoin	28,8	1059,46	5,2
Traitement chimique (Mocap)	32,4	1219,40	5,2
Traitement chimique (némacur)	38,3	1325,80	4,5
Traitement solarisé pendant 4 semaines	43,1	1421,89	5
Traitement solarisé pendant 6 semaines	45,9	1594,32	5,3
Traitement solarisé pendant 8 semaines	49,5	1677,11	5

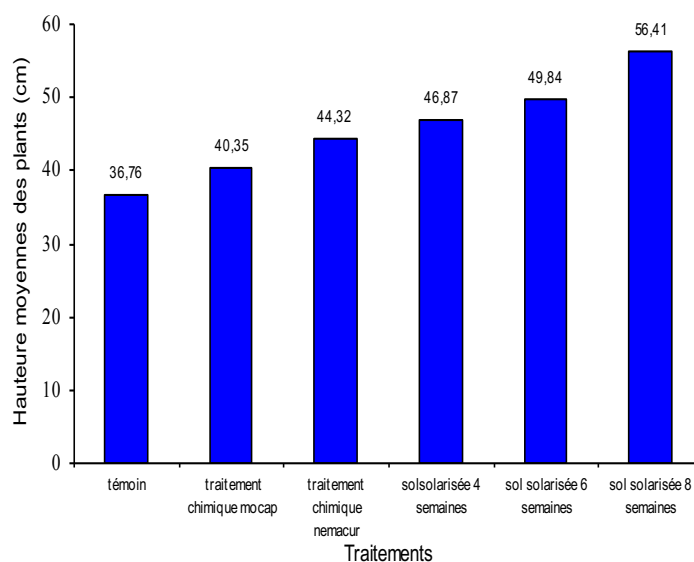


Fig 7 : Effet des différents traitements sur la croissance de la fève



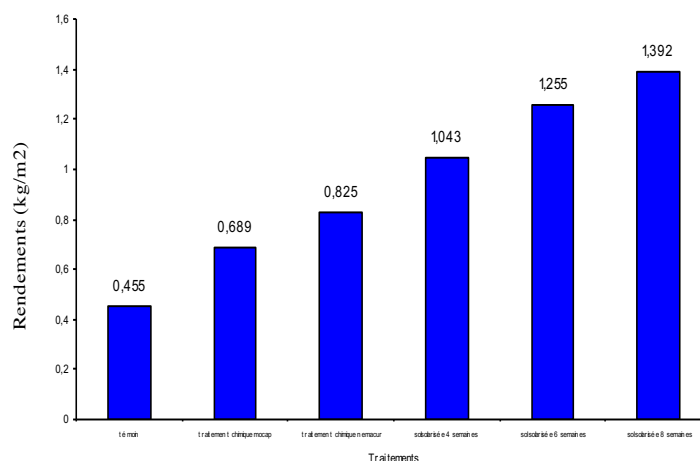


Fig 8 : Effet des différents traitements sur le rendement de la fève

#### 4. DISCUSSION

La technique de la solarisation du sol a été appliquée durant la période estivale, celle-ci dépend essentiellement du facteur température, de la durée et l'intensité du rayonnement solaire. Ainsi, au cours de notre étude, les températures maximales du sol sont de l'ordre de 54,2, 58,5 et 52,6°C à 15 cm de profondeur au sein des parcelles solarisées et de 37,6 33,3 et 25,1 °C pour les non solarisées (Témoin) respectivement pour les périodes de couverture de 4, 6 et 8 semaines. En revanche, à 45 cm, les différences thermiques sont faibles, elles atteignent 30, 28 et 30,1 °C pour les trois traitements. L'étude a montré également que les températures maximales du sol enregistrées durant la solarisation de sol est fonction de la profondeur. En effet, les écarts de température entre les trois profondeurs sont plus importants au niveau des parcelles couvertes que non couvertes ; ils varient de 15, 11,9 et 5 °C Après 8 semaines de traitement solaire. Ce phénomène s'explique par l'augmentation de capacité thermique et la diminution de la conductivité thermique au fur et à mesure que la profondeur augmente [12, 13]. Toute fois, l'utilisation du traitement solaire a permis d'obtenir des gains de températures intéressantes, favorisant une hausse de température qui s'explique par la perméabilité du film plastique transparent aux rayonnements solaires et sa capacité de les transmettre à travers le sol provoquant ainsi son réchauffement [14, 15].

Ces résultats rejoignent et confirment ceux rapportés par de nombreux auteurs [12, 9, 15]. En Algérie, les essais réalisés dans ce sens sur le littoral Algérois et dans la région de Ouargla signalent que la solarisation du sol par un film plastique provoque des gains thermiques respectivement de 10 °C et de 17 à 20°C au niveau des couches superficielles et de 2 à 6 °C pour les plus profondes [16, 17, 18].

L'application de la solarisation du sol a montré son efficacité à l'égard de mauvaises herbes qui s'est traduite par une diminution de leur densité. La majorité des espèces s'est montrée sensible au traitement. Les mécanismes mis en jeu dans cette action sont principalement, les fortes températures qui peuvent éliminer les semences dont la germination est stimulée par un sol humide et couvert par le film plastique ou dont la dormance sont levées sous l'action des températures élevées des sols solarisés. Enfin la décomposition des graines de mauvaises herbes par la chaleur ou par les gaz volatils qui exercent une action toxique sur la germination avec un effet indirect sur les microorganismes antagonistes des semences. L'action de la chaleur due à au traitement solaire est insuffisante pour contrôler certaines espèces vivaces qui se multiplient par rhizomes (cas de *Cyperus rotundus*). Certaines espèces annuelles n'ont pas été contrôlées, ce sont probablement des

espèces thermotolérantes. Certaines graines peuvent migrer en profondeur échappant ainsi aux fortes températures.

L'effet de la solarisation du sol sur la libération de ces éléments chimiques peut être attribuée à deux facteurs majeurs suggérés par Hayes (1987) [19]: sous film plastique, l'eau du sol et les éléments nutritifs solubles comme les nitrates, migrent par capillarité vers le haut, et il est possible que le taux de minéralisation de l'azote organique ait été stimulé par la présence d'humidité plus abondante sous film plastique pendant la période estivale. En outre, les températures élevées sous film plastique ont activé la minéralisation de l'azote et stimuler la nitrification. Nos résultats ont montré l'efficacité de la solarisation du sol contre les effectifs de *D. gigas* dans le sol, les tiges et les graines. Cette efficacité est plus importante pour 6 et 8 semaines. Cette action est due essentiellement aux fortes températures enregistrées au cours de la solarisation du sol, en effet les températures supérieures à 40°C sont létales pour les nématodes [20, 21]. L'inefficacité du Mocap par rapport au Némacur relevé dans notre essai s'explique essentiellement par leur mode d'action, le premier agit par contact et le second est systémique, ces deux nématicides agissent par inhibition de l'acétylcholinestérase. De plus, parmi les organophosphorés, le Mocap est celui qui présente la plus forte réversibilité. Les nématodes rescapés ont pu se développer et se multiplier. D'autres facteurs peuvent également intervenir notamment, la solubilité du produit et la rémanence ; en effet le Mocap est peu mobile est moins soluble dans le sol que le Némacur [22]. Enfin, afin d'obtenir une meilleure efficacité par les organophosphorés, ces derniers auteurs préconisent l'application de ces produits avant et après plantation.

En plus du contrôle de *D. gigas* et des mauvaises herbes, la solarisation stimuler la croissance des plants et entraîne même une amélioration des rendements de fève.

L'effet bénéfique de la solarisation du sol sur la croissance des plants a été observé sur un grand nombre de cultures et vis à vis de nombreux nématodes [23, 24].

Concernant l'efficacité de la solarisation du sol, les mêmes observations ont été relevées par de nombreux travaux. Ainsi, le traitement solaire diminue les effectifs des *Meloidogyne* sp, *Pratylenchus* sp, *Globodera* sp, *Rotylenchus* sp et augmentent les rendements des cultures [25, 26]. Contre *D. gigas*, appliquée pendant 8 semaines, cette technique permet également des diminutions significatives des populations de nématodes et des améliorations des cultures sur fève, oignon, ail et carottes [22, 27, 28, 29].

## 5. CONCLUSION

De part sa large distribution dans les parcelles de fève, et la dominance de la race géante en Algérie *Ditylenchus gigas*, constitue l'espèce la plus redoutable pour les légumineuses alimentaires et particulièrement sur fève dans les conditions algériennes. Sa pathogénie est connue depuis plus d'une décennie, par ailleurs, la recherche de méthodes de lutte contre ce parasite s'avère nécessaire. De ce fait, l'utilisation de la solarisation du sol de part son intérêt dans le monde et constitue une voie intéressante et prometteuse vu les avantages qu'elle présente.

La solarisation du sol testée dans la région de Biskra s'est révélée efficace en comparaison avec les nématicides, parmi ces derniers le némacur paraît plus efficace. Il ressort de cette étude que le traitement solaire permet non seulement de réduire les populations de *D. gigas* mais aussi stimule la croissance des plantes, diminue les mauvaises herbes et améliore aussi les rendements de la fève ; cependant le coût de ce procédé peut être une contrainte à son application particulièrement pour une culture comme la fève. En revanche, l'application à court terme de cette technique dans cette région qui offre les conditions favorables, serait une solution intéressante au problème de ce parasite de quarantaine dans les parcelles de production de semences de fève, afin d'obtenir des graines de qualité satisfaisante. A long terme, les recherches sur la solarisation du sol méritent d'être

développées dans un contexte global ; en effet, cette méthode peut constituer un moyen de lutte efficace contre plusieurs agents pathogènes de la fève et des mauvaises herbes. Ces résultats confirment les données acquises concernant l'efficacité de cette technique dans les zones sahariennes réalisées sur plusieurs essais en Algérie. Une attention particulière doit être prise pour montrer l'intérêt de cette méthode, une sensibilisation des agriculteurs est indispensable particulièrement dans les zones sahariennes qui offrent les conditions favorables à son application, vu l'importance des données sur cette technique qui est préconisée (et même appliquée) comme méthode alternative aux traitements chimiques dans les pays du moyen Orient.

Enfin, les problèmes nématologiques ne peuvent être résolus par un seul procédé mais, par l'association de tous les moyens disponibles : résistance variétale, solarisation du sol, lutte biologique, date de semis, plantes nématicides.

## REFERENCES

- [1]Di Vito M., Greco N., Oreste G., Catalan O., Saxena M.C., Singh K. B., Kusmenoglu I., 1994. – Plant parasitic nematodes of legumes in Turkey. *Nematol. Medit*, 22 : 245 – 251.
- [2] Caubel G., Abbad Andaloussi .F., Bekal S., Bossis M., Esquibet M., & Sellami S., 1998.- Variabilité de population du nématode des tiges *Ditylenchus dipsaci* sur quelques légumineuses a grosses graines. In : Les légumineuses alimentaires méditerranéennes, contraintes biotiques et potentialité de développement. Rennes, France. pp173-186.
- [3]Hooper D.J., 1983. Observation of nematode *Ditylenchus dipsaci* attacking field beans, *Vicia Faba*, Rhamsted report, part 2, 234 p.
- [4]Sellami S., Et Bousnina Z., 1996. Distribution de *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn) Filipjev 1936 dans l'Est Algerien. Réhabilitation of Faba bean, Ed. Actes Rabat (Maroc). 202p.
- [5]SELLAMI S et CHEIFA H ,1997. Effet de *Tagetes erecta* contre les Melodoigyne sous abri-plastique Med. Fac. Landborow Univ. Gent. 62/3. 337-340.
- [6]Sellami. S., 1998.- Nématofaune associée à la culture de la fève, et plantes hôtes du nématode des tiges *Ditylenchus dipsaci*. Séminaire National sur les légumineuses alimentaires. Recueil des résumés des communications et posters.
- [7]Abbad- Andaloussi. F., Sellami S., Kachouri N. & Chadly F. 2002- Le nématode des tiges, *Ditylenchus dipsaci*, parasite de *Vicia faba* au Maghreb. In: Proceeding sur le devenir des légumineuses alimentaires au Maghreb .Hammamat, Tunisie..83p.
- [8]Katan. J, 1987- Soil solarization. In Chet I., Innovative approaches to plant disease control Ed J. Wiely and soons, New York. Pp.77-105.
- [9]STAPLETON., J 2000. Soil solarization in various agricultural production systems. Statewide Integrated Pest Management Project, Kearney Agricultural Center, University of California, 9240 S. Riverbend Avenue, Parlier, CA 93648, USA.
- [10]ISRAEL., S MAWAR., R et LODHA., S 2005- Soil solarisation, amendments and bio-control agents for the control of *Macrophomina phaseolina* and *Fusarium oxysporum* f.sp. *cumini* in aridisols. *Annals of Applied Biology* 146 (4), 481-491.
- [11]TAYLOR A., 1968. Introduction à la recherche des nématodes phytoparasites. manuel de la FA O, Rome, 135 pp. Thèse Ing. Agro. Inst. Nat. Agro. El Harrach. 61 p.
- [12]Katan J 1981 – Solar heating (solarization) of soil control of soil-bone pests *Ann. Wiely and Rev.Phytopatathol*, 19 : 211-236.
- [13]KATAN J., 2000 – The methyl bromide issue : problems and potentiel solutions. *Journal of plant pathology*, 81 (3). 153-159.
- [14]Lamberti. F. Basile M., 1991. – Imrovement in plastic techology for soil heating .p. 309-330 In « soil solarization ». Eds., JE., Devay ,JJ., Stapleton , C.I., Elmore, FAO plant production and pretection . P 109. rome 396pp.

- [15] Johnson W.C., Davis R.F., Mullinix B.G 2007.- An integrated system of summer solarization and fallow tillage for *Cyprus esculentus* and nematode management in the semiarid coastal plain. *Crop protection*, 26: 1660-1666.
- [16] Lounici, M., 1998. – Détermination spécifique des Meloidogyne et contribution à l'étude de l'efficacité de la solarisation du sol contre ces nématodes. Thèse de magistère INA EL Harrach.
- [17] Eddoud. A., 2001.- Contribution à la mise en place d'une méthode de lutte contre les nématodes à galle du genre *Meloidogyne* (Nematoda- Meloidogynidae) sous abris serres dans la région de Ouargla. Thèse Mag. Inst. Agro. El Harrach, 142p.
- [18] Djerroudi O., 2001. – Contribution à l'étude de la nuisibilité de *Meloidogyne javanica* (Nematoda : Meloidogynidae) sur aubergine. Essais de traitements chimique, biologique et solaire contre ce nématode sous abri-plastique dans la région de Ouargla. Thèse Magister. Inst. Agro. El Harrach, 123p.
- [19] Hay F.S., Regnault L., 1995.- Introduction of the Endoparasitic Nematophagous Fungus *Verticillium Balanoides* Into White clover ( *Trifolium Repens* ) by Its Host . Stem Nematode (*Ditylenchus dipsaci*). In : Australasian Plant Pathology, 4.,24 : 249-251.
- [20] Caubel G., 1971.- Le problème du nématode des tiges et des bulbes en France; In : les nématodes des culture. Jour. Edude. Informa. ACTA., Paris 218-223.
- [21] Reddy. P., 1983- Plant nematology. Ed. Agri. Pul. Acad. India, 287p.
- [22] Greco N., Bran Donisio A., Elia F., 1985. - Control of *Ditylenchus.dipsaci* , *Heterodera avenae*, *Meloidogyne javanica* by solarization . *Nematol.Medit*, 13:191-197
- [23] Stapleton, J.J. Devay J.E., 1995 –. Soil solarization: a naturel mechanisme of integretd pest management. In *Noviel approaches to integrated pest management*. Lewis Pubishers. Bora Raton, pp309-322.
- [24] Patricio Fra Sinigaglia C., Barros B.C. Freitas S.S Tessarioli Neto J .Cantarella H., Ghini R., 2006.- Solarization and fungicides for control of drop , bottom rot and weeds in lettuce .*Crop protection*, 25: 31-38.
- [25] Celetti M. M., Clarke T., Potter J., 2000. – Bulb and stem nematode in onions and carrot, 62:34-39.
- [26] Chellemi D.O., 2006. – Effet of urban plant debris and stem nematode in anions and parasitic neatodes, Phytophatho blight and *Pythium* root of bell pepper. *Crop Protction*, 25: 125-128.
- [27] Siti E., Chen E., Katan J. M., 1998 .- control of *Ditylenchus dipsaci* by bulbe and soil treatment phytoparasits, 10: 93-100.
- [28] Sasanelli N., Di Vito M., 1991. -The effect of *Tagetes spp* extracts on the hatching of Italian populations of *Globodera restochiensis*. *Nematod. Med*, 135-137.
- [29] Fe Ardres M., Cabrera J., 2002 .– Comparison of physical and chemical methods of controlling *Ditylenchus dipsaci* in garliccrops. In: *Fourth international congress of namatology programme and abstracts*, 501:255-259.

# IMPACT DE LA QUALITE DES EAUX D'IRRIGATION ALBIEN ET MIOPLIOCENE SUR L'EVOLUTION DU PH DE SOL DANS LA REGION DE HASSI BEN ABDELLAH (OUARGLA)

**BENAISSA A., BISSATI S.**

*Laboratoire des bio-ressources sahariennes préservation et valorisation*

*Faculté des sciences de la nature et de la vie. Université de Kasdi Merbah-Ouargla-30000- Algérie*

[ecoamell6@yahoo.fr](mailto:ecoamell6@yahoo.fr)

**Résumé :** La région de Hassi Ben Abdellah (Ouargla), est considérée comme étant une zone importante d'extension des superficies agricoles. Comme dans toutes les régions arides le recours à l'irrigation est inévitable pour les cultures. Le développement de l'irrigation en zones arides et semi-arides demande un contrôle permanent de la salinité et de la sodicité dans le sol. Notre travail consiste à étudier et comparer l'impact des eaux d'irrigation Albien et Miopliocène sur l'évolution du pH d'un sol irrigué à trois âges de mise en irrigation différents. Pour cela, six stations d'étude ont été choisies dont trois irriguées par l'Albien et trois par le Miopliocène et un sol témoin non irrigué pour chacune de ces stations, réparties sur tout le territoire de la commune de Hassi Ben Abdellah. Les résultats d'analyses montrent que le pH du sol de toutes nos stations d'études est alcalin ; cependant l'interprétation des analyses statistiques montre que le pH du sol des stations irriguées par l'Albien n'évoluera pas avec l'âge de mise en irrigation contrairement au pH du sol des stations irriguées par le Miopliocène où il augmente avec l'âge de mise en irrigation.

**Mots clés :** sol, eau d'irrigation, pH, Hassi Ben Abdellah.

## تأثير نوعية مياه الألبان والميوليوسان على تغيرات درجة حموضة التربة في منطقة حاسي بن عبد الله (ورقلة)

**ملخص :** تعتبر منطقة حاسي بن عبد الله (ورقلة) منطقة هامة لتوسع الأراضي الزراعية. وكما هو الحال في جميع المناطق الجافة، فإن استخدام السقي أمر لا مفر منه للمحاصيل. يتطلب تطوير الري في المناطق الجافة وشبه الجافة مراقبة دائمة للملوحة و الحموضة في التربة. يهدف هذا البحث إلى دراسة ومقارنة تأثير مياه السقي الألبان و الميوليوسان تربة مسقية ذات أعما ر سقي مختلفة. ولهذا تم اختيار ست محطات بينهم ثلاثة مسقية بمياه الألبان وثلاثة مسقية بمياه الميوليوسان منتشرة على كامل أراضي بلدية حاسي بن عبد الله. وتبين نتائج التحليل أن درجة الحموضة للتربة في جميع محطاتنا الدراسية قلووية؛ غير أن تفسير التحليل الإحصائي يبين أن درجة حموضة تربة المحطات المسقية بمياه الألبان لا تتطور مع عمر سقي التربة عكس درجة حموضة تربة المحطات المسقية بمياه الميوليوسان حيث أنها تزداد مع عمر سقي التربة

**كلمات دالة:** التربة، مياه السقي، درجة الحموضة، حاسي بن عبد الله

## 1. INTRODUCTION

L'agriculture irriguée représente 20 % de l'ensemble des terres cultivées au niveau mondial. La superficie des terres irriguées passent de 184 millions d'hectares en 1970 à 324 millions d'hectares en 2012 dont 122 millions d'hectares sont irriguées par des eaux souterraines [1]. Dans les zones arides, le climat rend l'irrigation nécessaire à toute mise en culture ce qui exige une maîtrise des ressources en eau et en sol [2]. Dans une région à climat aride comme la commune de Hassi Ben Abdellah (Ouargla), l'irrigation s'impose comme un choix incontournable pour la mise en valeur des terres. Les apports massifs d'eau d'irrigation, destinés à augmenter la capacité de production du sol, vont profondément modifier le milieu et l'évolution du sol [3]. Il est donc impératif de connaître la qualité des eaux d'irrigation dans cette région et son impact sur les propriétés physico-chimiques des sols afin de les préserver et garantir leur durabilité

## 2. MATERIELS ET METHODES

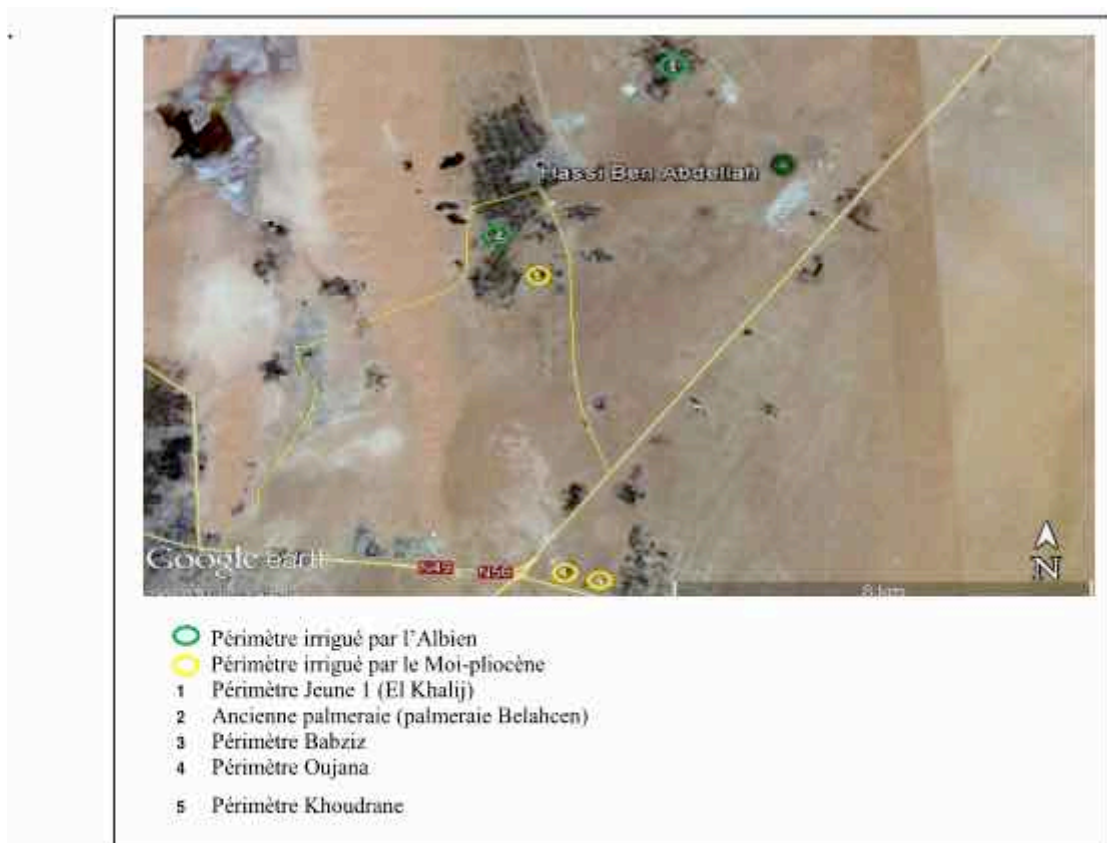
### 2.1. Zone d'étude

La commune de Hassi Ben Abdallah demeure la région pilote en matière de mise en valeur agricole. Elle a connu une dynamique notable par rapport aux autres régions de la wilaya de Ouargla où sa superficie agricole utile (SAU) est passée selon la DSA (2014) de

3825 ha en 2009 à 7203,31 ha en 2014. Nous avons choisi six (06) stations expérimentales dont trois irriguées par l'Albien et trois autres par le Mio-pliocène et pour chacune des stations, un sol nu non irrigué comme témoin. Ces stations diffèrent par le nombre d'années d'irrigation, à savoir très anciennement irriguées (TAI), anciennement irriguées (AI) et nouvellement irriguées (NI). Nous nous sommes également assuré qu'elles n'ont pas connu une interruption d'irrigation, qu'elles utilisent la même source d'eau depuis leur mise en culture jusqu'au jour de l'échantillonnage, et l'absence du mélange d'eau pour les stations irriguées par l'Albien, que ce soit par les eaux de la nappe phréatique ou celles du Mio-pliocène pour le refroidissement. Ceci a été confirmé par la suite sur le terrain. (Fig. 1).

## 2.2. Approche méthodologique

Notre approche méthodologique a été initiée par la collecte de données sur la zone et les périmètres étudiés, suivie d'une enquête sur terrain. Elle repose sur la caractérisation des sols, et la comparaison des valeurs des résultats d'analyse du sol à un état de référence (témoin). Nous avons exécuté des prélèvements élémentaires sur le sol des six stations étudiées, considérées comme homogènes. La méthode adoptée est l'échantillonnage aléatoire préconisé par [4]. A l'aide d'une tarière de 1.5 m de longueur sur trois profondeurs (0-40 cm, 40-80 cm et 80-120 cm).



**Figure 1.** Image satellite représentant la zone et les stations d'étude (excepté celle de Khchem Rih) [5]

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1. Station irriguée par Miopliocène

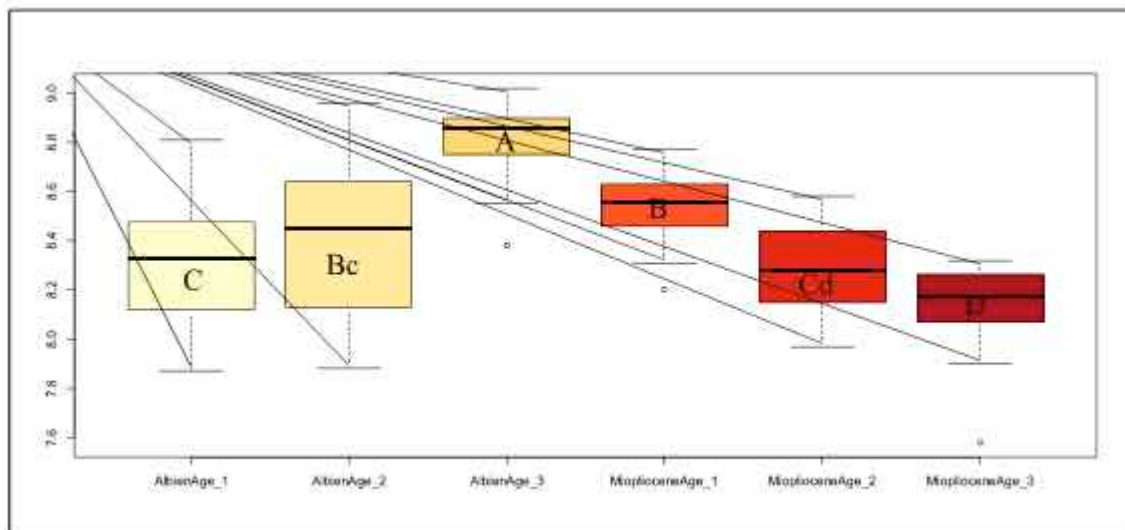
Les valeurs du pH mesurées, varient de  $8.5 \pm 0.08 \leq \text{pH} \leq 8.6 \pm 0.14$  (témoin :  $8.46 \pm 0.08 \leq \text{pH} \leq 8.61 \pm 0.26$ ) dans la station très anciennement irriguée, de  $8.29 \pm 0.25 \leq \text{pH} \leq 8.47 \pm 0.07$  (témoin :  $8.13 \pm 0.07 \leq \text{pH} \leq 8.23 \pm 0.10$ ) dans la station anciennement irriguée et de

$8.12 \pm 0.11 \leq \text{pH} \leq 8.23 \pm 0.05$  (témoin :  $7.85 \pm 0.25 \leq \text{pH} \leq 8.24 \pm 0.05$ ) dans la station nouvellement irriguée. Ces valeurs montrent que le sol de ces stations est alcalin. [6]

### 3.2. Station irriguée par Albien

Les valeurs du pH mesurées, varient de  $8.37 \pm .26 \leq \text{pH} \leq 8.61 \pm 0.20$  (témoin :  $8 \pm 0.08 \leq \text{pH} \leq 8.14 \pm 0.08$ ) dans la station très anciennement irriguée, de  $8.11 \pm 0.23 \leq \text{pH} \leq 8.37 \pm 0.25$  (témoin :  $8.42 \pm 0.07 \leq \text{pH} \leq 8.81 \pm 0.10$ ) dans la station anciennement irriguée et de  $8.74 \pm 0.15 \leq \text{pH} \leq 8.87 \pm 0.04$  (témoin :  $8.80 \pm 0.16 \leq \text{pH} \leq 8.88 \pm 0.10$ ) dans la station nouvellement irriguée. Ces valeurs montrent que le sol de ces stations est alcalin. [6]

L'analyse de la variance entre la combinaison type de nappe-âge de mise en irrigation pour la variation du pH (Fig.2), montre une différence très hautement significative ( $F < 2 \times 10^{-16}$  THS) entre les parcelles irriguées par l'albien et celles irriguées par le Miopliocène. Nous constatons que pour les parcelles irriguées par le Miopliocène, le pH a tendance à augmenter avec l'âge de mise en irrigation de la parcelle, où les valeurs les plus élevées sont représentées par l'âge 1 (TAI). Concernant les parcelles irriguées par l'albien, la variation est inversée. En effet, le pH a tendance à diminuer avec l'âge mais demeure toujours dans l'alcalinité, où les valeurs les plus élevées sont représentées par l'âge 3 (NI).

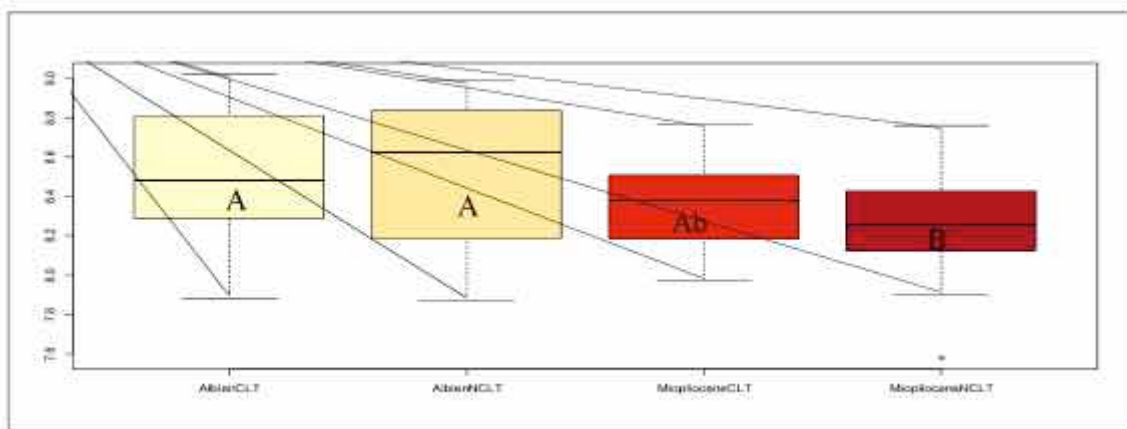


**Figure 2.** Boîtes à moustaches de la variation du pH sol de la combinaison type de nappe- âge de mise en irrigation.

Le test de Tukey a révélé 6 groupes : le groupe A est l'Albien Age\_3 qui présente les valeurs du pH les plus élevées, suivi des groupes B et C qui sont le Miopliocène Age\_1 et Albien Age\_1 respectivement. Le groupe D représente le Miopliocène Age\_3 qui comporte les valeurs du pH les plus faibles et enfin le groupe Bc qui est Albien Age\_2 et Cd qui est Miopliocène Age\_2 sont des groupes intermédiaires. Le pH de l'ensemble de ces groupes reste toujours alcalin mais à des degrés d'alcalinité différents, ce qui montre que l'effet de type nappe combiné à l'âge de mise en irrigation reste toujours vérifié.

L'analyse de la variance entre la combinaison type de nappe – type de parcelle (Fig. 3), montre une différence très hautement significative ( $F < 0.000822$  THS) entre les parcelles non cultivées et celles cultivées (irriguées) pour les deux types de nappes. Nous constatons que le pH des parcelles cultivées et irriguées par l'albien est nettement inférieur à celui des parcelles témoin (non cultivées) correspondantes. En revanche, le pH des parcelles cultivées irriguées par le Miopliocène est supérieur à celui des parcelles témoin (non cultivées) correspondantes. Cela est attribué comme nous l'avons déjà signalé à l'apport des sels

alcalinisants par l'eau d'irrigation et la proportion relativement élevée du calcaire total dans le sol.



**Figure 3.** Boîtes à moustaches de la variation du pH sol de la combinaison type de nappe- type de parcelle.

Le test de Tukey a révélé 3 groupes : le groupe A représenté par Albien cultivé et Albien Non Cultivé ; ce qui indique qu'ils appartiennent à la même classe d'alcalinité, bien que les valeurs du pH du sol cultivé soient inférieures à celles de leurs témoins. Pour le Miopliocène, le sol cultivé est représenté par le groupe intermédiaire Ab et son témoin par le groupe B ; ce qui montre un changement de classe d'alcalinité.

#### 4. CONCLUSION

Ces résultats nous ont permis de conclure et pour nos conditions d'étude que l'eau d'irrigation albienne influe sur le pH du sol par sa diminution. Toutefois, cette influence ne modifie pas la classe d'alcalinité du sol. Cependant, l'effet est inversé pour les eaux d'irrigation Miopliocène, qui pouvant même changer la classe d'alcalinité du sol.

#### REFERENCES

- [1] FAO, 2014. - AQUASTAT Base de données. <http://www.fao.org/nr/aquastat> et FAOSTAT Base de données. <http://faostat.fao.org/>. Zones équipées pour l'irrigation et pourcentage des terres cultivées.
- [2] Salim S., et TESSIER D., 1998 - Evolution des propriétés physiques et physico-chimiques de sol salées de la basse vallée de l'Euphrate (Syrie), Etude et gestion des sols 5(4), pp : 277-288.
- [3] Aubert G., 1963 - Transformation des sols de la zone aride sous l'Influence des Irrigations, pp : 75-82.
- [4] Mathieu C., et PIELTAIN F., 2009 - Analyse chimique des sols: méthodes choisies, 2 édition. Edition Tec & Doc Lavoisier, 317 p. MATHIEU et PIELTAIN (2003)
- [5] Google earth, 2015.- <https://www.google.com/intl/fr/earth/>.
- [6] Mathieu C., et Pieltain F., 2009- Analyses chimique des sols méthodes choisies, Collaborateurs Jeanroy E., Marcovecchio F., Servain F., Soucheyre H. Lavoisier, 389p.



# IMPACT DES EAUX USEES EPUREES SUR LA QUALITE DES SOLS EN AVAL DE L'OUED M'ZAB

**BENHEDID H.<sup>1</sup>, BENSEMAOUNE Y.<sup>2</sup>, DADDI BOUHOUN M.<sup>1</sup>  
REZZAG A.<sup>2</sup>, GEURBOUZ F.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Université KASDI Merbah OUARGLA, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérie.  
Lab. de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides, Ouargla,

<sup>2</sup> Université de Ghardaïa  
[hbenhedid@gmail.com](mailto:hbenhedid@gmail.com)

**Résumé :** Notre travail s'intéresse à l'étude de la qualité des eaux usées épurées et leur impact sur la qualité du sol en aval de l'Oued M'Zab. Notre approche méthodologique adoptée consiste d'effectuer une caractérisation physico-chimique de la qualité des eaux usées avant et après l'épuration par le lagunage naturel par rapport aux normes, ainsi que l'analyse des sols du milieu récepteur. Les résultats obtenus montrent une efficacité relativement importante pour l'élimination de la charge organique qui s'effectue avec des rendements moyens, 62.01%, pour la DBO<sub>5</sub>, 62.43% pour la DCO et une moyenne de 7.10% pour les MES. L'étude du sol près et loin du rejet final indique une acidité et une salinité du sol.

Notre recherche montre que ces eaux sont considérées comme des eaux de qualité moyenne pour l'irrigation, présentant des risques de salinisation des sols, Nécessitant des traitements complémentaires et d'autres aménagements dans une perspective de sauvegarder notre écosystème au service d'un développement durable dans la vallée du M'Zab.

**Mots clés :** Impact, Eaux usées, Epurées, Qualité, Sol, Oued M'Zab

## تأثير مياه الصرف الصحي المعالجة على جودة التربة في نهاية مصب وادي مزاب

**ملخص :** ركز عملنا على دراسة نوعية مياه الصرف الصحي المعالجة وتأثيرها على نوعية التربة في نهاية مصب واد مزاب. يتمثل منهجنا المعتمد في القيام بدراسة النوعية الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف قبل وبعد المعالجة في أحواض الترسيب وكذلك تحليل تربة الوسط المستقبل. النتائج التي تم التوصل إليها تظهر كفاءة عالية نسبياً من أجل إزالة التلوث العضوي تتم مع مردود مرضي بنسبة 62.01 % للطلب البيولوجي للأكسجين، 62.43 % للطلب الكيميائي للأكسجين و 7.10 % من حجم المواد العالقة، تشير دراسة التربة القريبة والبعيدة عن الصرف النهائي إلى الحموضة والملوحة في التربة.

بحثنا يبين إلى أن هذه المياه متوسطة الجودة للري، مما يجعل التربة عرضة لمخاطر التملح. تتطلب معالجات تكميلية ومشاريع تهيئة أخرى بهدف حماية نظامنا البيئي من أجل تنمية مستدامة في وادي مزاب.

**كلمات دالة :** تأثير، مياه الصرف الصحي، المعالجة، نوعية، التربة، وادي مزاب.

## 1. INTRODUCTION

L'eau c'est la vie. Préserver sa qualité et la mettre à la disposition de tous est un enjeu essentiel pour l'avenir de l'humanité [1].

En effet, avec l'expansion des villes et l'évolution des modes de consommation, les eaux potables s'épuisent plus rapidement, augmentant le volume des eaux usées collectées qui sont rejetées, le plus souvent, sans traitements et de façon directe en milieu naturel. Le traitement des eaux usées est devenu un impératif et un enjeu social et environnemental incontournable puisqu'un effluent non traité contamine le milieu naturel et celui de l'homme compte tenu des risques sanitaires qu'il présente [2].

Dans le même contexte, le pays s'est efforcé dès le début de ce siècle de trouver des moyens sûrs et respectant l'environnement pour éradiquer ces menaces. De ce fait, une politique d'assainissement a été adoptée en vue de protéger l'environnement et préserver la santé publique. Cette politique est basée sur la collecte, l'épuration puis l'élimination de ces eaux usées. Cette politique d'assainissement a généré des volumes importants d'eaux usées épurées dont la grande partie est rejetée, soit dans la mer, les cours d'eau, les chotts, les sebkhas où elles peuvent être elles-mêmes des sources de nuisances [3].

Dans le Sahara Algérien, la station d'épuration de la vallée du M'Zab est destinée pour traiter les eaux usées domestiques produites par la population de la vallée du M'Zab par un type de traitement ; le lagunage naturel. Cette station est située à l'aval de la digue d'EL-Atteuf donc de l'ensemble des agglomérations de la vallée. Cette station d'épuration a été conçue pour atteindre les objectifs suivants :

- Supprimer les nuisances en zone urbanisées.
- Protéger le milieu récepteur et la nappe phréatique.
- Rendre possible la réutilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation

Il apparait que l'intérêt de notre travail de recherche a pour objectif d'étudier la performance de la station d'épuration et d'apprécier les effets du rejet des eaux usées épurées sur le milieu récepteur.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

Notre étude est réalisée à Oued M'Zab, zone caractérisée par une forte activité urbaine, agricole. Elle a été choisie à cause de la détérioration de l'environnement hydro-édaphique, par la mauvaise gestion des eaux usées. Pour résoudre ce problème, les autorités locales ont mis en place un projet d'assainissement et de traitement des eaux usées par lagunage naturel en aval de l'Oued M'Zab.

La station d'épuration (STEP) de Kef Doukhane est située dans la commune d'El Atteuf qui constitue l'aval de la vallée du M'Zab. Elle est située à 600 km au sud de la capitale Alger et à 12 km à l'est du chef-lieu de la commune de Ghardaïa. La STEP a une superficie totale: 79 ha, Capacité : 331 700 éq/hab, Nombre de lit de séchage: 10 lits, Nombre de bassins : 16 bassins devisés en 02 niveaux, Débit moyen journalier à capacité nominale : 46 400 m<sup>3</sup> /j (Fig. 1).



**Figure 1.** Situation géographique de la STEP (Google Earth 2017).

### 2.2. Approche méthodologique

Notre approche méthodologique consiste à étudier la qualité des eaux usées avant et

après l'épuration par le lagunage naturel et leur impact sur l'environnement par une analyse du sol du milieu récepteur.

Les prélèvements des échantillons des eaux sont effectués selon les normes de RODIER *et al.* (2009) [4]. Ils sont réalisés au niveau des ouvrages de prétraitement (à l'entrée de la STEP), et à la sortie (rejet final) au matin pendant une période de 04 mois (du janvier à avril 2017). Les mesures des paramètres physico-chimiques ont été réalisées au laboratoire de la station d'épuration (STEP). Les paramètres étudiés sont : pH, CE, MES, DBO<sub>5</sub> et DCO.

Les prélèvements du sol sont réalisés par une tarière au niveau de deux points (près du rejet final) à une distance de 5 m et à autre point distant de 500 m, avec deux profondeurs de 20 cm et 50 cm. Les mesures de paramètres physico-chimique ont été réalisées au laboratoire (LTP SUD). Les paramètres étudiés sont : pHs et CEs.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1. Etudes hydrique

##### 3.1.2. Potentiel d'hydrogène

Le pH, avec la température, est le paramètre environnemental qui influence fortement la croissance bactérienne. L'optimum de croissance des bactéries aquatiques se situe entre 6,05 et 8,5 [5].

Le pH des eaux usées brutes et épurées est généralement alcalin, les valeurs du pH des eaux brutes varient entre 7,73 et 8,47 avec une moyenne de 7,96 et celles des eaux traitées oscillent entre 8,02 et 8,44 avec une moyenne de 8,18 (Fig. 2). Ces valeurs du pH enregistrées sont conformes aux normes de rejet appliquées en Algérie  $6,5 < \text{pH} < 8,5$  [6].

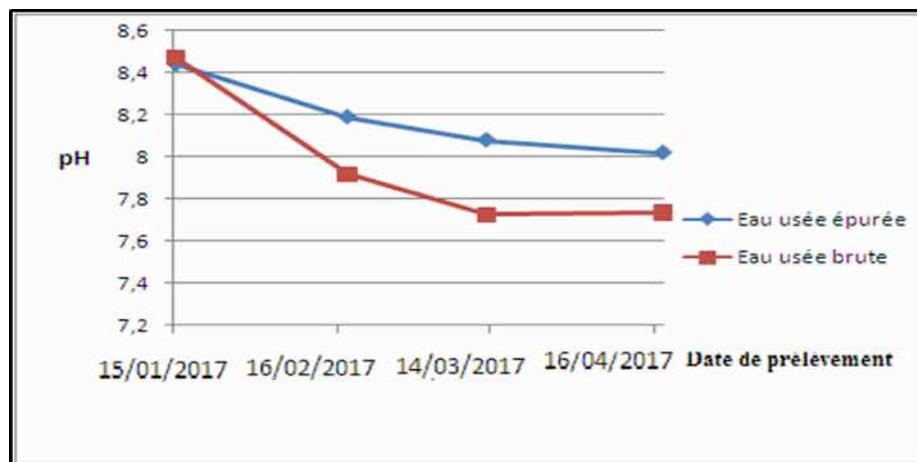


Figure 2. Variations du pH dans les eaux usées de la STEP

##### 3.1.2. Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) des eaux brutes varie entre un minimum de 3,37dS/m et un maximum de 3,68dS/m, tandis que celle des eaux traitées balance entre un minimum de 2,68dS/m et un maximum de 3,19ds/m (Fig. 3).

Les résultats de la conductivité électrique des eaux usées brutes et épurées montrent que ces derniers ne sont pas conformes aux normes des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation (Algérie) 3dS/m [7], durant les mois de mars et avril.

D'après La classification de la salinité des eaux citée par DURAND, (1983) [8], elle montre la présence de la classe C4 ( $2250 < \text{CE} < 5000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) ; Ces eaux inutilisables normalement, à l'exception des sols très perméables avec un bon drainage, et l'eau d'irrigation appliquée en excès pour assurer un fort lessivage du sol. Les plantes cultivées devront être très tolérantes aux sels.

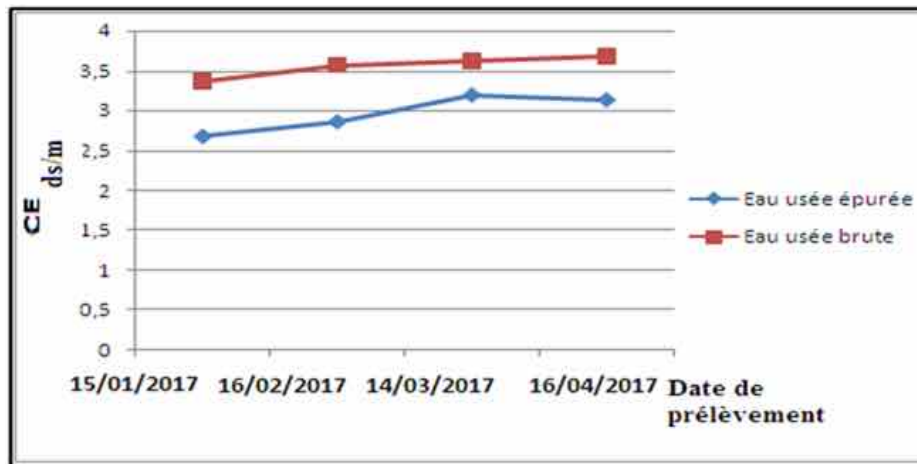


Figure 3. Variations de CE des eaux usées de la STEP

### 3.1.3. Matière en suspension

D'après les résultats obtenus (Fig. 4), nous avons enregistré une valeur moyenne de l'ordre de 92.66 mg/l pour les eaux brutes et 86.08 mg/l pour les eaux traitées.

Les valeurs des eaux traitées ne sont pas respectives des normes de rejets recommandées par les normes françaises de rejet d'une station d'épuration et de l'Algérie (35 mg/l) [9, 6]. Ces élévations sont causées par la présence des algues qui font partie de la matière en suspension colloïdale, la charge organiques des effluents, climat, saison... etc.).

L'augmentation de la charge des MES ne représente pas une pollution en soi, tant que le milieu récepteur est assez grand et peut accepter cette charge de matière organique vivante. Pour cette raison, les stations de lagunage doivent éviter des rejets dans des milieux clos et/ou trop petits, sous risque d'entraîner des phénomènes d'eutrophisation [2].

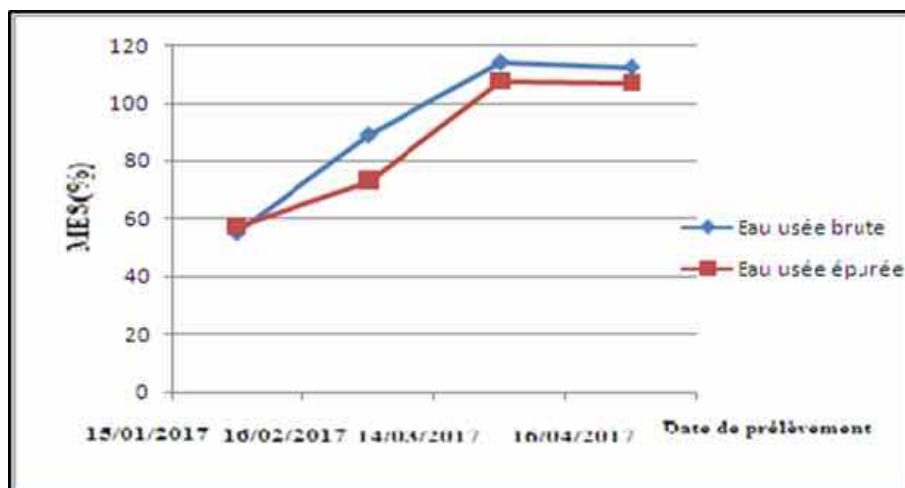


Figure 4. Variations de MES dans les eaux usées de la STEP

### 3.1.4. DBO<sub>5</sub>

D'après les résultats obtenus (Fig. 5), on remarque que la moyenne de DBO<sub>5</sub> des eaux brutes (141.83 mg/l) est 3 fois supérieure à celles marquées dans les eaux épurées (53.88mg/l). Cette valeur ne répond pas aux normes de rejets recommandées par les normes de rejets recommandées par les normes françaises de rejet d'une station d'épuration (25 mg/l) et de l'Algérie (35 mg/l) [9, 6]. Cette diminution des valeurs de DBO<sub>5</sub> dans les eaux épurées par rapport aux eaux brutes, suite à la présence des micro-organismes qui interviennent dans le processus de la dégradation ou la minéralisation de la matière organique.

Nous remarquons un faible rendement moyen de  $DBO_5$  à cause de l'insuffisance de l'aération dans les bassins et la Présence des huiles à la surface des eaux dans les bassins, ce qui diminue la pénétration de l'oxygène.

Il faut retenir que dans un milieu nettement pollué, de faibles valeurs de  $DBO_5$  peuvent être liées à la présence d'éléments toxiques inhibiteurs, d'où l'intérêt de ne pas considérer la  $DBO_5$  comme unique critère d'estimation de la qualité d'une eau [10].

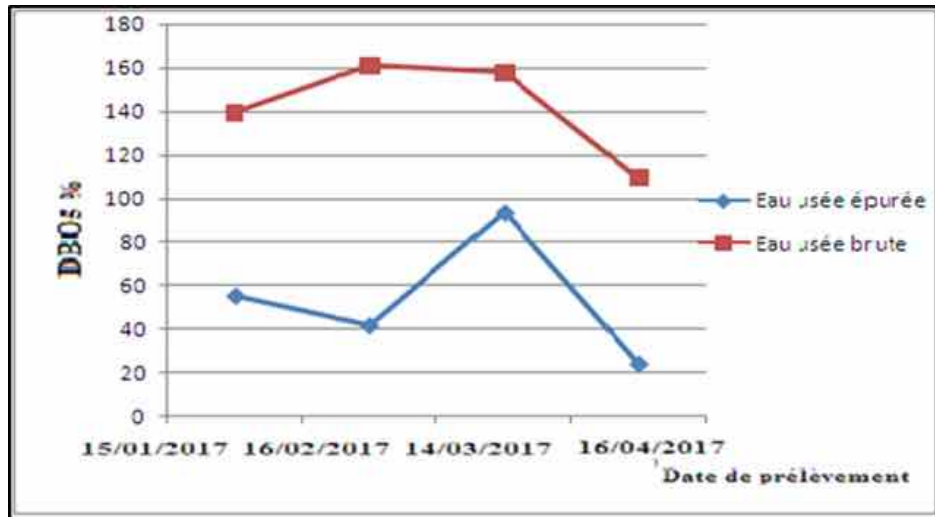


Figure 5. Variations des  $DBO_5$  dans les eaux usées de la STEP

### 3.1.5. DCO

D'après les résultats obtenus (Fig. 6), nous avons enregistré une valeur moyenne de l'ordre de 215.25 mg/l pour les eaux brutes et 80.85 mg/l pour les eaux traitées, variant dans un intervalle qui va d'un minimum de 61 mg/l à un maximum de 100 mg/l. Ces valeurs sont fiables avec la recommandation française (125 mg/l) et Algérienne (120 mg/l) [9, 6].

Nous remarquons une diminution des valeurs pour les eaux traitées par rapport aux eaux brutes. La réduction de la demande chimique en oxygène peut être expliquée par la diminution de la matière organique complète par oxydation chimique des molécules oxydables contenues dans l'eau.

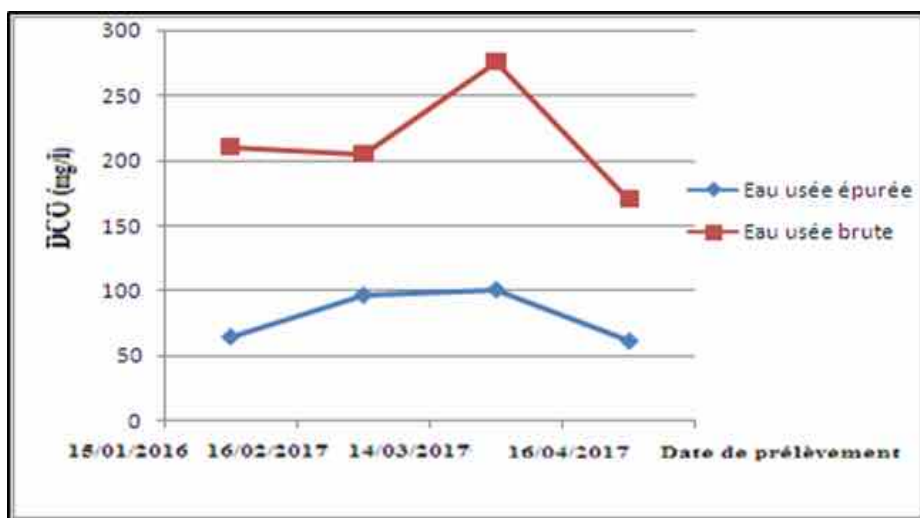


Figure 6. Variations de DCO dans les eaux usées de la STEP

## 3.2. Etude du sol

### 3.2.1. pH des sols

Les valeurs du pHs (Fig. 7), de la première couche située près du rejet pour une profondeur (0-20 cm) varient entre 6.33 et 7.71 avec une moyenne de 6.47 et la deuxième couche (20-50cm) varient entre 6.52 et 7.71 avec une moyenne 6.51. Une différence comparable a été constatée pour le deuxième point situé éloigné du rejet par une moyenne 7.59 pour la 1ere couche et 7.25 pour la 2ème couche, ce qui signifie une acidité du sol du milieu récepteur.

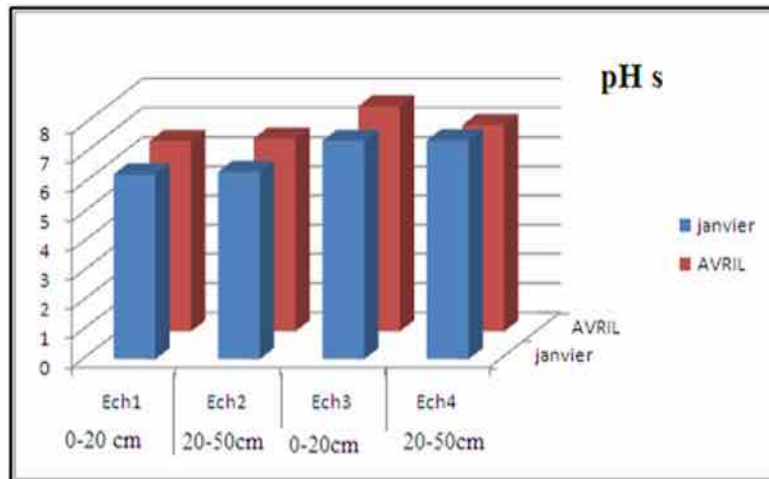


Figure 7. Variations des valeurs du pHs des sols

### 3.2.2. CEs des sols

Les résultats des mesures de la conductivité électrique (Fig. 8), montrent une grande différence entre les sols qui sont près et ceux qui sont éloignés du rejet final des eaux épurées, les valeurs de la CEs des sols près du rejet varient entre 1500  $\mu\text{s/cm}$  et 2020  $\mu\text{s/cm}$ , avec une moyenne de 1760  $\mu\text{s/cm}$  pour la 1<sup>ère</sup> couche et entre 709  $\mu\text{s/cm}$  et 853  $\mu\text{s/cm}$  pour la 2<sup>ème</sup> couche, avec une moyenne de 781  $\mu\text{s/cm}$ .

D'autre part, les valeurs de CEs des sols éloignés du rejet sont moins élevées. Elles varient entre 609  $\mu\text{s/cm}$  et 721  $\mu\text{s/cm}$ , avec une moyenne de 665  $\mu\text{s/cm}$  pour la 1<sup>ère</sup> couche et entre 709  $\mu\text{s/cm}$  et 853  $\mu\text{s/cm}$  pour la 2<sup>ème</sup> couche, avec une moyenne de 675  $\mu\text{s/cm}$ .

L'élévation de la conductivité électrique des sols près du rejet est due à l'accumulation des sels, évaporation des eaux et la dégradation des matières organiques et l'augmentation du débit des eaux épurées qui stagnent.

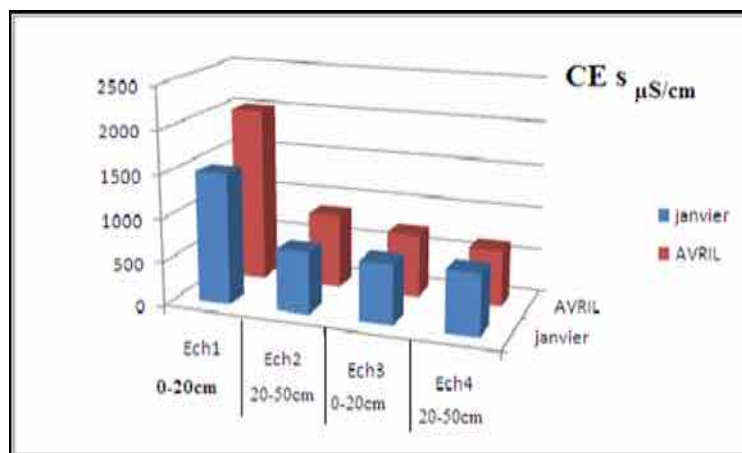


Figure 8. Variations des valeurs de la CEs des sols

## 4. CONCLUSION

Nous avons tenté à travers ce travail d'étudier la performance épuratoire de la station

d'épuration des eaux usées par lagunage naturel à Oued M'Zab, par l'analyse des paramètres globaux d'estimation de la pollution ainsi leur impact sur l'environnement par une analyse du sol du milieu récepteur.

Au terme de notre étude, et selon les résultats obtenus, nous distinguons la différence entre les valeurs de pollution des eaux traitées et celles des eaux brutes, ceci dénote que le procédé de lagunage aéré est utile pour l'épuration des eaux usées, dont l'abattement de la charge organique s'effectue avec des rendements de 62.01% pour DBO<sub>5</sub> et 62.43% pour DCO, et de 7.10% pour les MES, ce problème de réduction est causé par le développement rapide des algues pendant la période estivale. L'analyse du sol près et loin du rejet final indique une acidité et une salinité du sol. Cependant, nous avons signalé que le rejet des eaux usées épurées a engendré des effets avantageux du point de vue environnemental, par la création d'une zone humide agglomérée où des oiseaux migrateurs, comportant plusieurs espèces viennent s'installer au niveau des bassins du lagunage et du milieu récepteur; Ainsi que l'apparition de plusieurs plantes spontanées.

Nos résultats expérimentaux obtenus lors de cette étude montrent que les eaux usées de la station d'épuration de Ghardaïa dont le traitement se fait par lagunage naturel sont considérées comme des eaux de qualité moyenne pour l'irrigation, présentant des risques de salinisation des sols, et nécessitant des traitements complémentaires et d'autres aménagements dans une perspective de sauvegarder notre écosystème au service d'un développement durable dans la vallée du M'Zab.

## REFERENCES

- [1] MAHAMAT A.B., ARNAUD F.P., KHOMH F., 2004.-Modélisation d'écoulement et de transport de polluants dans les nappes phréatiques. Universiade académiques. Université de Yaoundé I, Cameroun, 41p.
- [2] BENHDID H. et HARROUZ N., 2011.- Contribution à l'étude de la performance d'une station d'épuration des eaux usées par lagunage (Ouargla). Mémoire Ing, Université Ouargla, 124 p.
- [3] NADER A., 2015.- Eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla Gestion et risqué environnementaux. Mémoire de Magister, Université Ouargla, 169p.
- [4] RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., 2009. Analyse de l'eau. 9ème édition. Ed. Dunod, Paris, 1526 p.
- [5] MONELLO D., 2009.- Étude de performances épuratoires d'un lagunage à macrophytes, 54 p.
- [6] JORA, 2006.- Décret exécutif n°06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. Journal officiel de la république algérienne N° 26. 23p.
- [7] JORA, 2012.- Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012, fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. Journal N°41(15 juillet, 2012).
- [8] DURAND J.H., 1983.- Les sols irrigables : Étude pédologique. Presse Universitaire de France. Collection. Ed. ACCT et CILF. Paris, 339 p.
- [9] BAUMONT S., CAMARD J.P., LEFRANC A et FRANCONI A., 2004.- Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS (Observatoire régional de santé d'Ile-de-France), France,176 p.
- [10] RODIER J., BAZIN C., CHAMBON P., BROUTIN J.-P., CHAMPSAUD H., RODIL., 2005.- Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème édition. Ed Dunod, Paris, 1350 p.

# ÉFFICACITÉ DE PRÉLÈVEMENT DU PHOSPHORE PAR UNE CULTURE DE BLÉ DUR *TRITICUM DURUM* DESF. SOUS L'EFFET DE DIFFÉRENTES SOURCES ET DOSES DE PHOSPHORE EN CONDITIONS IRRIGUÉES SAHARIENNES

**BOUKHALFA-DERAOUIN<sup>1</sup>, SALHI N.<sup>1</sup>, HANIFI-MEKLICHE L.<sup>2</sup>, MEKLICHE A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Bio ressources Sahariennes : Préservation et Valorisation, UKM Ouargla

<sup>2</sup>Laboratoire de production végétale(ENSA)

[Boukhalfan2005@yahoo.fr](mailto:Boukhalfan2005@yahoo.fr)

**Résumé :** L'objectif de notre travail est d'étudier en plein champ l'effet de trois sources de phosphore (Fosfactyl NP 3 :22, Superphosphate triple P 46 et NPKs 8 :36 :13,5+15) apportés à quatre doses (80, 120, 160 et 200 kg.ha<sup>-1</sup>) sur l'efficacité d'utilisation du phosphore (EUP) par le blé dur (*Triticum durum* Desf.) et l'évolution du phosphore assimilable et total du sol au cours du cycle de la culture conduite en conditions irriguées sahariennes (El-Menia, Ghardaia). Les résultats obtenus ont montré que l'EUP, le phosphore assimilable et le phosphore total sont fortement affectés ( $P < 0,001$ ) par les doses d'engrais. La teneur en phosphore assimilable augmente avec l'accroissement des doses quel que soit le stade de la culture : deux nœuds, floraison et maturité. Les meilleures teneurs en P assimilable sont présentées par la dose 200 kg P.ha<sup>-1</sup>. L'efficacité d'utilisation du phosphore (EUP) est étroitement liée aux teneurs du phosphore assimilable et total dans le sol. Les relations sont négatives et significatives avec le phosphore assimilable, et elles sont positives et significatives avec le phosphore total.

**Mots clés :** Fertilisation minérale - Blé dur - Efficacité d'utilisation P - Phosphore assimilable - El-Menia - Sahara.

## كفاءة استخدام الفسفور من طرف نبات القمح الصلب تحت تأثير مختلف مصادر وكميات الأسمدة الفسفورية في ظروف السقي بالمناطق الصحراوية

**ملخص:** هدفنا من هذا العمل، هو دراسة بالحقل أثر مختلف أنواع الأسمدة الفسفورية (TSP، NPKs و Fosfactyl)، المطبقة بمختلف الكميات (80, 120, 160, 200 كغ/هـ) على كفاءة استخدام الفسفور لنبات القمح الصلب، من جهة ودراسة حركية العنصر الفسفور القابل للاستيعاب و الكلي في التربة خلال 2006/2007 بالمنطقة الصحراوية المنيعية. ظهر النتائج المتحصل عليها أن كفاءة استخدام الفسفور، الفسفور القابل للاستيعاب و الكلي في التربة قد تأثر بشدة بكميات الأسمدة. يزداد تركيز الفسفور القابل للاستيعاب في التربة، كلما ازدادت كميات الأسمدة في كل مراحل نمو نبات القمح (عقدتين، الإزهار والنضج). أحسن تراكيز الفسفور القابل للاستيعاب في التربة تمّ التحصل عليها عند كمية الأسمدة 200 كغ/هـ. ترتبط كفاءة استخدام الفسفور بشدة مع تراكيز الفسفور القابل للاستيعاب و الكلي. بحيث كانت العلاقة سلبية مع الفسفور القابل للاستيعاب وإيجابية مع الفسفور الكلي.

**كلمات دالة:** التسميد المعدني – القمح الصلب – كفاءة استخدام الفسفور – الفسفور المتوافر – المنيعية – الصحراء.

## 1. INTRODUCTION

Le phosphore est considéré comme un facteur limitant dans de nombreux sols, en particulier dans les régions arides algériennes. Ces derniers sont caractérisés par des taux de calcaire élevés et une texture sableuse. Les sols sableux sont très pauvres en éléments nutritifs et sont caractérisés par une rétention de l'eau et une teneur en matière organique faibles [1]. Les ions phosphates sont soumis à de nombreuses interactions avec les constituants du sol et sont fortement retenus par la phase solide [2, 3]. En tant qu'élément peu mobile dans le sol [4], il est donc peu accessible pour les plantes, une fois apporté sous forme de fertilisant. Environ 80 % du phosphore apporté est immobilisé et devient donc indisponible, au moins à court terme pour les plantes à cause de l'adsorption, de la précipitation ou de la conversion sous forme organique [5].

Chez les céréales, la déficience phosphatée entraîne une diminution de la biomasse aérienne, en réduisant la surface foliaire qui se traduit par un retard dans le rythme



d'apparition des feuilles et la réduction de la vitesse de leur expansion entraînant la réduction de la taille finale des feuilles [6, 7].

L'efficacité d'utilisation des éléments nutritifs a longtemps intéressé plusieurs chercheurs. Ce paramètre est influencé par plusieurs facteurs liés à la plante, en particulier, l'enracinement (densité et longueur) [8], la colonisation par des mycorhizes [9, 6], et les exsudats racinaires [10].

Dans le but d'améliorer la productivité des céréales en général et du blé en particulier, nous nous sommes intéressés à l'étude des effets de la fertilisation phosphatée sur l'efficacité de prélèvement du P par une culture de blé dur et l'évolution du phosphore dans le sol d'El-Menia.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1 Site expérimental

Notre essai a été conduit durant la campagne 2006/2007, au niveau de l'exploitation agricole Hadjadj Mahmoud (latitude 30°57', longitude 2°87' et une altitude de 397 m) sur un sol sableux, non salin et à pH (eau) alcalin, faiblement pourvu en matière organique et en P (Olsen) (tableau 1).

**Tableau 1.** Caractéristiques physiques et chimiques du sol

Sable (%)	Limon +Argile(%)	Calcaire total (%)	Calcaire actif (%)	pH eau (1/5)	CE (dS/m)	MO (%)	P <sub>Olsen</sub> (mg/kg)	N (mg/kg)
93,3	7	5,93	3,1	7,8	2,9	0,06	6,52	0,054

Le climat de la région d'El-Menia est de type continental désertique, caractérisé par des températures hivernales faibles, températures estivales élevées, des vents de sable violents et une hygrométrie faible [11].

L'eau d'irrigation est pompée à partir de la nappe du continental intercalaire qui se trouve à une profondeur de 250 m. cette eau appartient à la classe C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> [12] caractérisée par un faible risque de salinité et de sodicité [13].

### 2.2 Protocole expérimental

Le dispositif expérimental est un modèle hiérarchisé à deux facteurs fixes. L'essai présente au total 24 parcelles élémentaires espacées de 1 m, chaque parcelle mesure 75 m de long sur 24 m de large, soit une superficie de 1800 m<sup>2</sup> au total 43 200 m<sup>2</sup>.

Les engrais solides testés sont le Fosfacyl NP 3 :22, Superphosphate triple P 46 et NPKs 8 :36 :13,5+15 sur la culture de blé dur. Les trois engrais sont apportés au semis à quatre doses (80, 120, 160 et 200 kg.ha<sup>-1</sup>).

Le matériel végétal utilisé est une variété de blé dur Carioca, caractérisé par une faculté germinative de 98% et un poids de 1000 grains de 54,8 g.

### 2.3 Conduite de la culture

L'essai au champ est conduit en irrigué par centre pivot. Le semis est réalisé le 03-12-2006 à une dose de 2q/ha. Du semis jusqu'à la maturité, la culture a reçu une pluviométrie d'environ 750 mm et 220 kg/ha d'azote sous forme d'UAN (32%). La récolte a eu lieu le 22-05-2007.

### 2.4 Paramètres étudiés

- **Efficienc e d'utilisation du phosphore** : A maturité du blé, des prélèvements de cinq échantillons par parcelle sont utilisés pour déterminer le rendement en grains.

D'après [14], l'efficienc e d'utilisation du phosphore (EUP) est calculée selon la formule suivante :

$$EUP = \frac{RDTGr}{P_{disponible}}$$

où  $P_{disponible} = P_{sol} + P_{apporté}$

$P_{sol}$  : L'estimation de la fourniture totale en phosphore par le sol.

RDTGr : rendement en grain de la culture.

- **Phosphore total et assimilable** : Dans le but de suivre l'évolution du phosphore total et assimilable dans le temps, cinq (5) échantillons du sol par parcelle sont prélevés à une profondeur de 0-20 cm aux stades deux nœuds, floraison et maturité. Après séchage et homogénéisation (2 mm), nous avons déterminé le phosphore assimilable [15] et total à différents stades.

- **Analyse statistique** : L'analyse de la variance à deux critères de classification (engrais solide, doses d'engrais) a été effectuée à l'aide du logiciel STATISTICA N°10. La comparaison des moyennes a été faite selon le test de Newman-keuls au seuil de probabilité de 5 %.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Efficienc e d'utilisation du phosphore

Les résultats portés sur le tableau 2 montrent que l'efficienc e d'utilisation du phosphore (EUP) est fortement affectée ( $P < 0,001$ ) par les doses de phosphore. Les meilleures valeurs sont obtenues par la dose 80 kg P.ha<sup>-1</sup> (82,31 kg grains/kg P sol), en dépassant de 16,13%, 28,86% et 41,7% respectivement les doses 120, 180 et 200 kg P.ha<sup>-1</sup>.

Bien que l'effet type d'engrais soit statistiquement non significatif, les meilleures valeurs d'efficienc e d'utilisation du phosphore sont obtenues par l'engrais NPKs (72,82 kg de grain/kg P sol), alors que les plus faibles valeurs sont enregistrées par l'engrais TSP (56,33 kg grains/kg P sol).

**Tableau 2. Effet des engrais solides et des doses sur les EUP (kg de grains/kg Psol)**

Effet engrais solides	Valeurs d'EUP
Fosfacyl	61,27
TSP	56,33
NPKs	72,82
Signification	ns
<b>Effet doses d'engrais (kg/ha)</b>	
80	82,31 a
120	69,04 b
160	58,56 b
200	47,99 c
Signification	***
Ppds	12,54
Moyenne générale	64,47

**Légende** : EUP : efficienc e d'utilisation P, Gr : grains, Psol : P disponible (sol + apport). (\*, \*\*, \*\*\*) : Significatif à  $P < 0,05$ ,  $P < 0,01$ ,  $P < 0,001$  respectivement ; ns : non significatif, C.V. : coefficient de variation, ppds : plus petite différence significative (5%).

La figure 1 montre que l'efficacité d'utilisation du phosphore (EUP) est corrélée négativement avec les doses de phosphore, quel que soit l'engrais utilisé. L'engrais NPKs présente les meilleures valeurs quel que soit le stade de la culture.

L'augmentation de l'efficacité d'utilisation des engrais peut être atteinte par l'amélioration des pratiques de gestion des engrais par un meilleur approvisionnement en éléments nutritifs temporelle et spatiale correspondant à la demande de la plante et/ou en cultivant des cultures caractérisées par une utilisation efficace de ces éléments minéraux [16, 17, 18, 19]. Ce paramètre est influencé par plusieurs facteurs liés à la plante, et qui sont surtout liés à l'enracinement (densité et longueur) [8], la colonisation par des mycorhizes [6, 9], et les exsudats racinaires [10]. En raison de la faible mobilité du phosphore dans le sol, la croissance des racines est très importante pour l'acquisition de phosphore [20,21]. Gahoonia *et al.* [22] ont trouvé que la longueur des poils racinaires était corrélée positivement avec l'acquisition de phosphore chez l'orge.

Sandaña et Pinochet [8], étudiant l'efficacité d'utilisation du phosphore (EUP) de deux espèces végétales, blé tendre (*Triticum aestivum*) et pois (*Pisum sp*), ont conclu qu'en conditions de déficience phosphatée, le blé a montré une EUP supérieure à celle du pois. Alors qu'à l'échelle intra spécifique, White et Brown [23] explique la réponse à la fertilisation phosphatée des différents génotypes du blé étudié par les corrélations qui existent souvent entre les rendements en grain et l'efficacité d'absorption du phosphore.

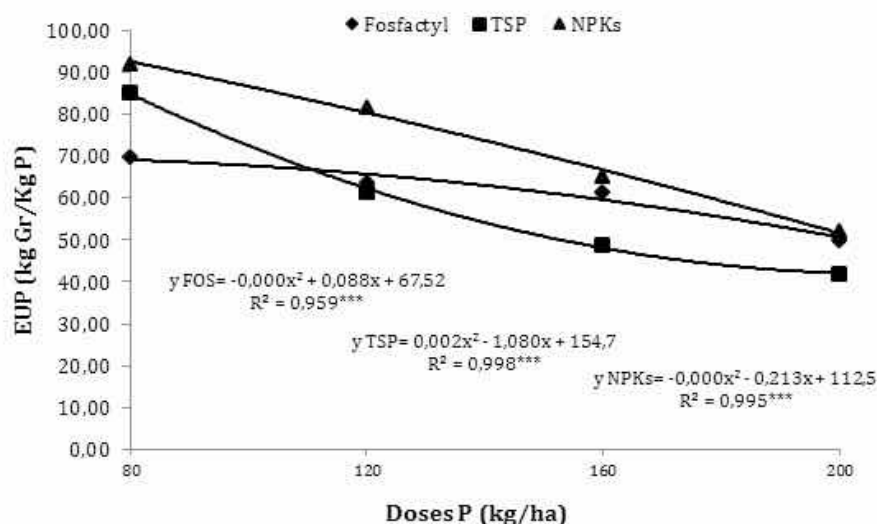


Figure 1. Effet des engrais NPKs, TSP et Fosfactyl sur l'EUP

### 3.2. Phosphore assimilable et phosphore total

Les teneurs en phosphore assimilable et total dans le sol à différents stades (deux nœuds, floraison et maturité) sont significativement ( $p < 0,001$ ) affectés par les doses d'engrais. L'effet type d'engrais (solide) est significatif ( $p < 0,05$ ) sur les teneurs en P total du sol aux stades floraison et maturité seulement.

#### Effet du type d'engrais

Les résultats du tableau 3 montrent que les teneurs de phosphore assimilable les plus élevées ( $15,82 \text{ mg.kg}^{-1}$ ,  $16,21 \text{ mg.kg}^{-1}$  et  $16,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) sont obtenues par le TSP, et celles du phosphore total ( $48,80 \text{ mg.kg}^{-1}$ ,  $50,14 \text{ mg.kg}^{-1}$  et  $48,81 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) sont obtenues par l'engrais NPKs pour les trois stades deux nœuds, floraison et maturité. Par contre les plus faibles valeurs sont obtenues par l'engrais fosfactyl quel que soit le paramètre étudié et le stade de prélèvement.

### Effet des doses d'engrais

La teneur en phosphore assimilable augmente avec l'accroissement des doses d'engrais phosphatés à différents stades : deux nœuds, floraison et maturité de la culture. Les meilleures teneurs en P assimilable sont réalisées par la dose 200 kg.ha<sup>-1</sup>. Alors que cette même dose, 200 kg.ha<sup>-1</sup> a enregistré les plus faibles valeurs de phosphore total à trois stades de prélèvement du sol (tableau 3).

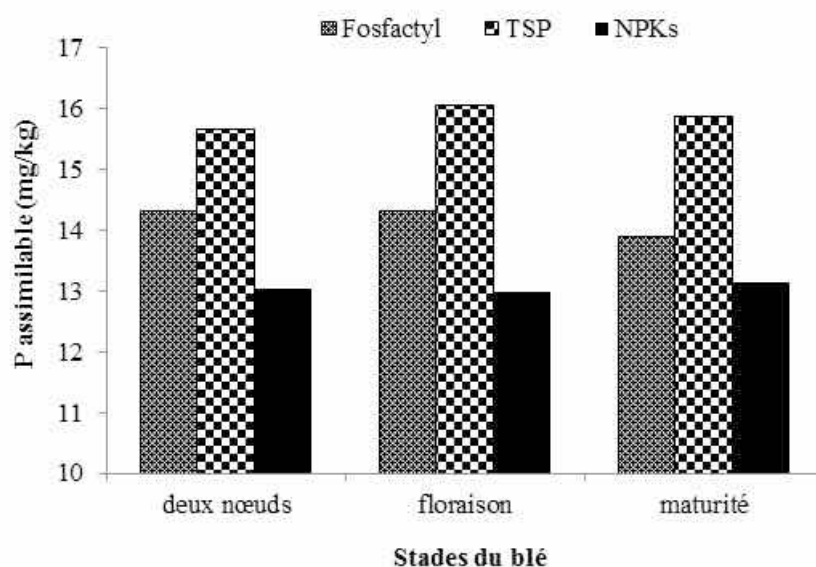
L'évolution du phosphore assimilable en fonction des stades du blé a été illustrée par la figure 2, montrant que les concentrations de cet élément sont élevées chez les parcelles traitées au TSP, contrairement au NPKs, où les concentrations en phosphore assimilable sont plus faibles quel que soit le stade de la culture.

La figure 3 indique que la diminution des teneurs du phosphore assimilable dans le sol est très marquée au début du cycle du blé (stade deux nœuds), puis une stabilité des teneurs est observée au niveau des différentes doses.

**Tableau 3. Effet des engrais solides et des doses sur les différents caractères**

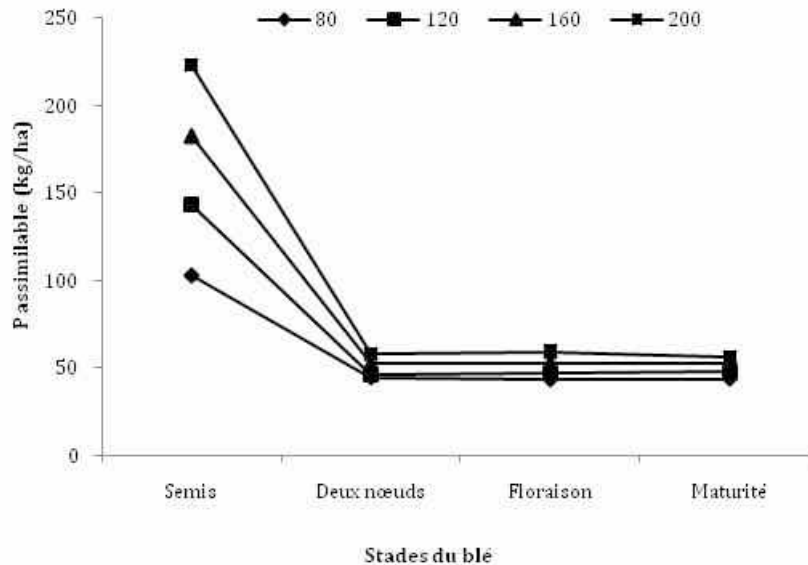
	Pass S1	Pass S2	Pass S3	Ptot S1	Ptot S2	Ptot S3
<b>Effet solides</b>						
Fosfacyl	14,31	14,32	13,90	37,01	36,28 b	36,77 b
TSP	15,67	16,06	15,87	43,36	43,17 ab	43,7 ab
NPKs	13,03	13,00	13,13	48,56	49,56 a	49,10 a
Signification	ns	ns	ns	ns	*	*
Ppds	-	-	-	-	12,88	12,28
<b>Effet doses</b>						
80	12,76 c	12,4 d	12,53 c	43,23 b	42,78 b	43,47 b
120	13,09 c	13,32 c	13,55 b	45,23 a	45,33 a	45,51 a
160	15,07 b	15,16 b	15,12 a	43,66 ab	43,52 ab	43,84 a
200	16,42 a	16,85 a	15,99 a	39,79 c	40,38 c	39,95 c
Signification	***	***	***	***	***	***
Ppds	0,763	0,873	1,087	1,998	1,846	1,639
Moyennes générales	14,34	14,46	14,30	42,98	43,00	43,19

**Légende :** Pass= P assimilable (ppm), Ptot= Ptotal (ppm), S1= stade deux nœuds, S2= floraison, S3= maturité, (\*, \*\*, \*\*\*) : Significatif à P<0.05, P<0.01, P<0.001 respectivement ; ns : non significatif, plds= petite différence significative, C.V. = coefficient de variation.



**Figure 2.** Evolution du phosphore assimilable en fonction des stades du blé

Les taux de réduction entre le stade semis et deux nœuds du blé pour les doses étudiées ( $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  et  $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) sont respectivement de 56,57 %, 67,93 %, 71,16 % et 74,21 %. On note également que les taux de diminution augmentent avec les doses croissantes de P ajouté.



**Figure 3.** Evolution du phosphore assimilable en fonction des stades du blé

Le changement dans la composition de la solution du sol suite à un apport peut affecter la dynamique du phosphore [24].

Bulut et Askoy [25] ont mis en évidence une relation linéaire entre les pertes en phosphore et les niveaux d'engrais phosphatés appliqués. Ces résultats sont confirmés par Rubaek *et al.* [26] qui ont trouvé dans leur étude que les pertes en phosphore par ruissellement ou lixiviation augmentent avec l'accroissement des concentrations de phosphore du sol. Ce qui explique qu'une partie importante des éléments nutritifs issus des engrais apportés au champ n'est pas prise par les plantes, et est perdue par différents processus [27].

Storia *et al.* [28] ajoutent que même si les niveaux de phosphore dans le sol augmentent avec la fertilisation phosphatée, la teneur en phosphore disponible reste faible dans la solution du sol, d'où l'importance de raisonner les apports de phosphore pour satisfaire les besoins des plantes.

La disponibilité du phosphore dans le sol provient de la dissolution (ou mobilisation) de phosphore sous forme d'orthophosphates et sa diffusion dans la solution du sol, qui représente la principale limite à l'approvisionnement de phosphore adéquat pour la croissance des plantes [29]. Des travaux antérieurs ont montré que la carence en phosphore est très répandue dans les sols calcaires, il est le principal facteur limitant des rendements des cultures annuelles [30, 31, 32].

D'autres recherches ont montré que les apports élevés d'engrais phosphatés diminuent la disponibilité des micro-éléments essentiels pour les plantes [33,34], parmi eux le zinc est considéré comme un composant essentiel dans la synthèse des protéines. Des apports excessifs de phosphore diminuent sa biodisponibilité dans le sol [35] et l'efficacité des mycorhizes associées aux racines [36], ainsi que sa teneur dans les organes végétaux, suite à une diminution de sa translocation vers les parties aériennes [34, 35, 37, 38].

### 3.3. Etude des corrélations

L'efficacité d'utilisation (EUP) est étroitement liée aux teneurs du phosphore assimilable et total dans le sol. Les relations sont négatives et significatives avec le phosphore assimilable, les coefficients sont de  $-0,544^{***}$ ,  $-0,514^{**}$  et  $-0,506^{**}$  aux stades deux nœuds, floraison et maturité du blé. Par contre elles sont positives et significatives avec le phosphore total ( $0,392^*$ ,  $0,377^*$  et  $0,409^*$ ) successivement pour les trois stades de la culture.

En ce qui concerne l'évolution du phosphore, la teneur en P assimilable est corrélée positivement et significativement avec les doses d'engrais phosphatés quels que soient les stades, deux nœuds ( $0,585^{***}$ ), floraison ( $0,593^{***}$ ) et maturité ( $0,593^{***}$ ) du blé. Des corrélations significatives sont aussi observées entre les teneurs en phosphore total dans le sol et les sources d'engrais phosphatés apportées. Les coefficients de corrélation enregistrés sont de  $0,617^{***}$  à deux nœuds,  $0,652^{***}$  à la floraison et  $0,649^{***}$  à maturité.

Des liaisons négatives sont notées entre le phosphore total et phosphore assimilable dans le sol quel que soient le stade, deux nœuds ( $-0,418^*$ ), floraison ( $-0,425^*$ ) et maturité ( $-0,377^*$ ) du blé.

La relation inverse entre le phosphore total et le phosphore assimilable pourrait être expliqué en partie par le transfert du phosphore vers des formes non assimilables quand le temps de contact entre l'engrais apporté et les particules du sol augmentent dans les conditions de l'intervalle expérimental [39].

## 4. CONCLUSION

Dans les régions sahariennes algériennes, l'aridité du climat, la nature squelettique des sols, l'alcalinité du pH de la solution du sol et la présence de calcaire semblent constituer de véritables contraintes pour la croissance et le développement des cultures. Le recours à la fertilisation phosphatée pour corriger la déficience en cet élément en plus d'être coûteux et nuisible pour l'environnement, ne bénéficie pas totalement à la plante. Les apports de phosphore doivent donc tenir compte de la nature chimique des engrais et des doses appliquées d'une part, et de l'efficacité de son utilisation par la culture à mettre en place, d'autre part.

## REFERENCES

- [1] Ghoname A., Shafeek M.R., 2005. - Growth and Productivity of Sweet Pepper (*Capsicum annum* L.) Grown in Plastic House as Affected by Organic, Mineral and Bio-N-Fertilisers. *J. Agro.* 4(4): 369-372.
- [2] Ragothama K.G., 1999. - Phosphate acquisition. *Annu. Rev. plant physiol. plant mol. Biol.*, 50: 665-693.
- [3] Hinsinger P., 2001. - Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. *Plant and Soil*, 237: 173-195.
- [4] Munns D.N., Mosse B., 1980. - Mineral nutrition of legume crops. In *Advances in legume Science* (Summerfield, R.J. and Bunting, A.H., eds). HMSO. London, UK. pp: 115-125.
- [5] Holford I.C.R., 1997. - Soil phosphorus: its measurement and its uptake by plants. *Aust. J. Soil Res.*, 35 : 227-240.
- [6] Djadjaglo D., Richter C., 2008. - Efficacité de prélèvement du phosphore par les plantes *Sorghum bicolor* (L.) Moench et *Phaseolus vulgaris* L. *Agro solutions*, 19 : 45-50.
- [7] Basirat M., Malboodi M.A., Mousavi A., Asgharzadeh A., Samavat S., 2011. - Effects of phosphorus supply on growth, phosphate distribution and expression of transporter genes in tomato plants. *Australian journal of crop science*, 5(5): 537-543.
- [8] Sandaña P., Pinochet D., 2014. - Grain yield and phosphorus use efficiency of wheat and pea in a high yielding environment. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 14 (4): 973-986.

- [9] Li H., Smith S.E., Holloway R.E., Zhu Y., Smith F.A., 2006. - Arbuscular mycorrhizal fungi contribute to phosphorus uptake by wheat grown in phosphorus-fixing soil even in the absence of positive growth responses. *New phytologist*, 172: 536-543.
- [10] Dakora F.D., Philips D.A., 2002. - Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. *Plant and soil*, 254 : 35-47.
- [11] Office national de météorologie (ONM), 2011. - Données climatiques de la région d'El-Goléa.
- [12] USDA, 1954. Diagnosis and Improvement of saline and alkaline soils. Agri. Hand b. n°60. United states salinity laboratory, Riverside, C.A. 160p.
- [13] Boukhalfa-Deraoui N., Hanifi-Mekliche L., Mekliche A., 2015. - Effet de la nutrition phosphatée sur le rendement en grain et la concentration des grains en P, Mg<sup>2+</sup> et K<sup>+</sup> du blé. *Revue BioRessources*, 5 (1): 10-17.
- [14] Moll, R.H., Kamprath E.J., Jackson W.A., 1982. - Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization utilization. *Agronomy journal*, 74: 562-564.
- [15] Olsen S.R., Cole C.V., Watanab F.S. et Dean L.A., 1954. - Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA circular N°939, United States Department of Agriculture. Washington, DC., USA., 5-16.
- [16] Tilman D., Kenneth G., Cassman K.G., Pamela A., Matson P.A., Naylor R., Polasky S., 2002. - Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418: 671-677.
- [17] Vance C.P., Uhde-Stone C., Allan D.L., 2003. - Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New physiologist*, 157: 423-447.
- [18] Hirel B., Le Goulis J., Ney B., Gallais A., 2007. - The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of Experimental Botany*, 58: 2369-2387.
- [19] Fageria, V.D., Filho M.P.B., Moreira A., Guimarães C.M., 2009. - Foliar fertilization of crop plants. *J. Plant Nutr.*, 32: 1044-1064.
- [20] Watt M., Evans J.R., 2003. - Phosphorus acquisition from soil by white lupin (*Lupinus albus* L.) and soybean (*Glycine max* L.), species with contrasting root development. *Plant Soil*, 248: 271-283
- [21] Lynch J.P., 2007. - Roots of the second green revolution. *Australian Journal of Botany*, 55: 493-512.
- [22] Gahoonia T.S., Care D., Nielsen N.E., 1997. - Root hairs and phosphorus acquisition of wheat and barley cultivars. *Plant and Soil*, 191: 181-188.
- [23] White P.J., Brown P.H., 2010. - Plant nutrition for sustainable development and global health. *Annals of botany*, 105: 1073-1080.
- [24] Delgado A., Madrid A., Kassem S., Andreu L., del Campillo M.C., 2002. - Phosphorus fertilizer recovery from calcareous soils amended with humic and fulvic acids. *Plant Soil*, 245: 277-286.
- [25] Bulut E., Aksoy A., 2008. - Impact of fertilizer usage on phosphorus loads to lake Uluabat. *Desalination*, 226 (3): 289-297.
- [26] Rubaek GH, Kjaergaard C., Glaesner N., Heckrath G., Magid J., 2010. - Adapting agricultural practice to minimize P leaching. In: International phosphorus workshop 6, 27 Sep-1 Oct 2010. Seville, Spain, p 176.
- [27] Timilsena Y.P., Adhikari R., Casey P., Muster T., Gill H., Adhikari B., 2015. - Enhanced efficiency fertilizers: a review of formulation and nutrient release patterns. *Journal of the science of food and agriculture*, 95 (6): 1131-1142.
- [28] Storia C., Berbecea A., Baghina N., Gaica I., Storia M., Radulov I., 2013. - Phosphorus dynamics on acidic grassland soil. *Res. J. Agr. Sci.*, 45(1) : 78-83.

- [29] Richardson A.E., Simpson R.J., 2011. Soil microorganisms mediating phosphorus availability update on microbial phosphorus. *Plant physiology*, 156 (3): 989-996.
- [30] Fageria V.D., 2001. - Nutrient interactions in crop plants. *J. Plant Nutr.*, 24(8): 1269-1290.
- [31] Shenoy V.V., Kalagudi G.M., 2005. - Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. *Biotechnology advances*, 23: 501-513.
- [32] Naseri A.A., Hosseini Y., Moazed H., Abbasi F., Samani H.M.V., 2010. - Determining of soil phosphorus requirement with application of freundlich adsorption isotherm. *Asian J. Agri. Res.* 4 (4): 226-231.
- [33] Mousavi S.R. 2011. - Zinc in crop production an interaction with phosphorus. *Aust. J. Basic & Appl. Sci.*, 5(9): 1503-1509.
- [34] Gao X., Grant C.A., 2012. - Cadmium and Zinc Concentration in Grain of Durum wheat in Relation to Phosphorus Fertilization, Crop Sequence and Tillage Management. *Applied and environmental soil scienc*, 10 pages.
- [35] Mousavi S.R., Galavi M., Rezaei M., 2012. - The interaction of zinc with other elements in plants: a review. *Int. J. Agri. Crop Sci.*, 4 (24): 1881-1884.
- [36] Monreal M.A., Grant C.A., Irvine R.B., Mohr R.M., McLaren D.L., Khakabazan M., 2011. - Crop management effect on arbuscular mycorrhize and root growth of flax. *Can. J. Plant Sci.*, 91 (2): 315-324.
- [37] Kaya C., Higgs D., 2001. - Growth enhancement by supplementary phosphorus and iron in tomato cultivars grown hydroponically at high zinc. *J. Plant Nutr.*, 24(2): 1861-1870.
- [38] Li H., Yang X., Luo A., 2001. - Ameliorating effect of potassium on iron toxicity in hybrid rice. *J. Plant Nutr.* 24 (12) : 1849-1860.
- [39] Fardeau J. C., 1993. Le devenir du phosphore dans le sol et dans les systèmes sol plante. *Perspectives agricoles*, 181 : 17-22.



# QUALITE GEOCHIMIQUE DES EAUX DE LA NAPPE PHREATIQUE ET SON IMPACT SUR LES SOLS NUS (LE CAS DE L'OASIS DE OUARGLA)

**IDDER A., IDDER T., NEZLI I-E., BOUKHRIS K., HADDOU M.**

*Laboratoire de Recherche sur la Phœniciculture, Université Kasdi Merbah Ouargla (Algérie)*  
[idder\\_haki@yahoo.fr](mailto:idder_haki@yahoo.fr)

**Résumé :** L'étude présentée s'intéresse à la caractérisation géochimique de la nappe superficielle et à l'examen des processus de précipitation des sels dans une parcelle non cultivée située dans l'oasis de Ouargla. Les résultats obtenus montrent que les eaux de cette nappe possèdent une salinité extrêmement élevée attestée par des valeurs de conductivités électrolytiques qui varient, d'amont en aval du sens d'écoulement des eaux, de 25.7 dS/m à 171.9 dS/m. Par ailleurs, les résultats des analyses ioniques mettent en évidence une supériorité remarquable du sodium parmi les cations (sa teneur augmente de 168, 48 méq/l en amont à 978,26 méq en aval) et du chlore parmi les anions (sa teneur augmente de 218,31 méq/l à 1225,35 méq), ce qui confère à ces eaux un faciès chimique dominant chloruré-Sodique. L'étude de l'indice de saturation des composantes halites, anhydrites et aragonites montre que la dissolution des formations gypseuses est due à l'augmentation de l'alcalinisation des eaux d'une part et à la précipitation de l'aragonite, de la calcite et de la dolomite d'autre part, ce qui conduit à la formation de dalles calcaïques au niveau des horizons profonds du sol. La sensibilité des minéraux carbonatés à la précipitation est en effet commandée par cet indice.

**Mots clés :** Nappe superficielle, caractérisation géochimie, Oasis de Ouargla.

## النوعية الجيوكيميائية للمياه السطحية وآثارها على الأتربة الطبيعية (حالة واحة ورقلة)

**ملخص :** وتركز الدراسة الحالية على التوصيف الجيوكيميائي لجدول المياه السطحية وفحص عمليات هطول الأمطار في قطعة أرض غير مزروعة تقع في واحة ورقلة. وتبين النتائج أن مياه هذه الطبقة الجوفية لها ملوحة عالية جدا تشهد عليها قيم التوصيلية الانتقائية التي تختلف من المنبع إلى اتجاه تدفق المياه من 25.7 دس / م إلى 171.9 دس / م. وبالإضافة إلى ذلك، فإن نتائج التحليلات الأيونية تظهر تفوق ملحوظ من الصوديوم بين الكاتيونات (يزيد المحتوى من 168، 48 ميق / لتر المنبع إلى 978.26 ميق المصب) والكلور بين الأنيونات (يزيد المحتوى من 218.31 ميق / لتر إلى 1225.35 ميق)، مما يعطي هذه المياه سمية كلوريك الصوديوم الكيميائية. وأظهرت دراسة مؤشر التشبع لمكونات الهاليت والانهيدريت والأراغونيت أن تفكك تشكيلات الجبس ترجع إلى زيادة ألكانيساتيون للمياه من جهة وهطول الأراغونيت، الكالسيت والدولوميت من ناحية أخرى، مما يؤدي إلى تشكيل ألواح الكالسسيوم في أفانق عميقة من التربة. إن حساسية المعادن الكربونية للهطول هي في الواقع تسيطر عليها هذا المؤشر.

**كلمات دالة:** مفرش سطحي، توصيف جيوكيميائي، واحة ورقلة

## 1. INTRODUCTION

Différents processus peuvent contribuer à la dégradation des sols (l'érosion, la salinisation, la contamination, le drainage, l'acidification, l'atérisation et la disparition de la structure du sol, ou encore la combinaison de ces facteurs).

La salinisation, l'un des plus importants phénomènes qui causent la dégradation du sol, c'est la concentration du taux de sels de sodium par exemple, anormalement élevé dans les sols en raison de l'évaporation.

Ouargla est l'une des principales oasis du Sahara Algérien. Elle est comme de nombreuses autres agglomérations du Sahara algérien actuellement affectée par une forte salinisation de ses sols. Cette salinisation est due aux remontées des eaux de la nappe superficielle, des rejets d'eaux de drainage et des eaux résiduaires urbaines. Ces fléaux ont fait l'objet d'un bon nombre de travaux antérieurs (SERVANT, 1978; GUENDOUZ *et al.*, 1992; DAOUD et HALITIM, 1994 ; NEZLI *et al.*, 2007; IDDER, 2006). [1, 2, 3, 4, 5]

La nappe phréatique qui se situe à faible profondeur sous la surface du sol, joue par son caractère fortement salin un rôle très important dans l'accentuation du phénomène de la

salinisation du sol (IDDER *et al.*, 2014) [6]. Pour cela, ce travail sera consacré à l'interprétation et la discussion des résultats obtenus en utilisant le modèle géochimique (PHREEQC) et à la définition de l'ordre de précipitation des minéraux.

## 2. MATERIEL ET METHODES

Le but de ce travail consiste à la détermination de l'influence des précipitations salines, issues de la nappe phréatique, sur la dégradation des sols de l'oasis de Ouargla, ainsi qu'à la mise en évidence de l'ordre de précipitation des sels formés en utilisant les indices de saturation IS du modèle thermodynamique PHREEQC à 25 °C, tel que  $IS = \log(IAP/K)$  [1], où IAP est le produit d'activité ionique et K est la constante d'équilibre.

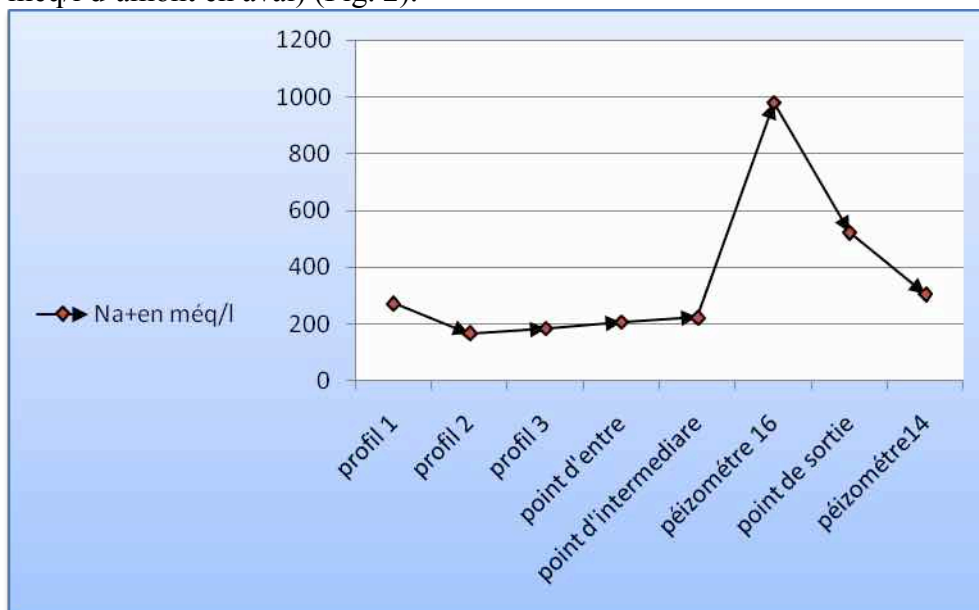
Ce travail a été réalisé dans un secteur non cultivé de l'exploitation de l'ITAS (l'université de Ouargla), ainsi qu'au niveau de la Sebkhia de Oumraneb, située au Nord-est de la ville de Ouargla. Les sols de ces deux sites sont des sols nus soumis uniquement à l'influence des facteurs climatiques et à la remontée de la nappe phréatique. Cette nappe phréatique suit un écoulement orienté sud-nord.

Huit échantillons de la nappe phréatique ont été prélevés pour la détermination de la qualité physico-chimique des eaux de cette nappe. Les points de prélèvement sont répartis comme suit :

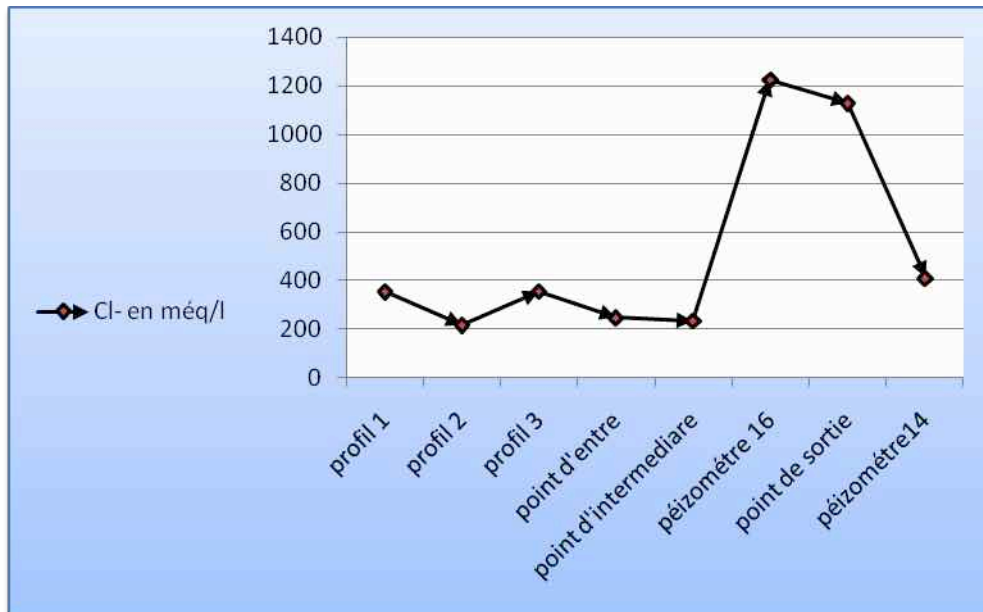
- Trois au niveau de l'exploitation de l'ITAS (Pro 1, 2 et 3) ;
- Deux au niveau de deux piézomètres situés à proximité de la Sebkhia Oumraneb (pzo 16 et 14) ;
- Trois situés le long d'un drain qui relie une station de pompage (SPED) à la Sebkhia Oumraneb (entrée, sortie et point intermédiaire).

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

La caractérisation ionique des eaux phréatiques menée sur le site d'étude selon une toposéquence orientée Sud/Nord montre que dans tous les points de prélèvement le sodium parmi les tous les cations majeurs ( $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ) a affiché les concentrations les plus importantes (168,48 meq/l en amont à 978 meq/l en aval) (Fig.1). Parmi les anions majeurs ( $SO_4^{2-}$ ,  $HCO_3^-$ ), c'est le chlore que a enregistré les concentrations les plus élevées (218,31 à 1225,35 meq/l d'amont en aval) (Fig. 2).

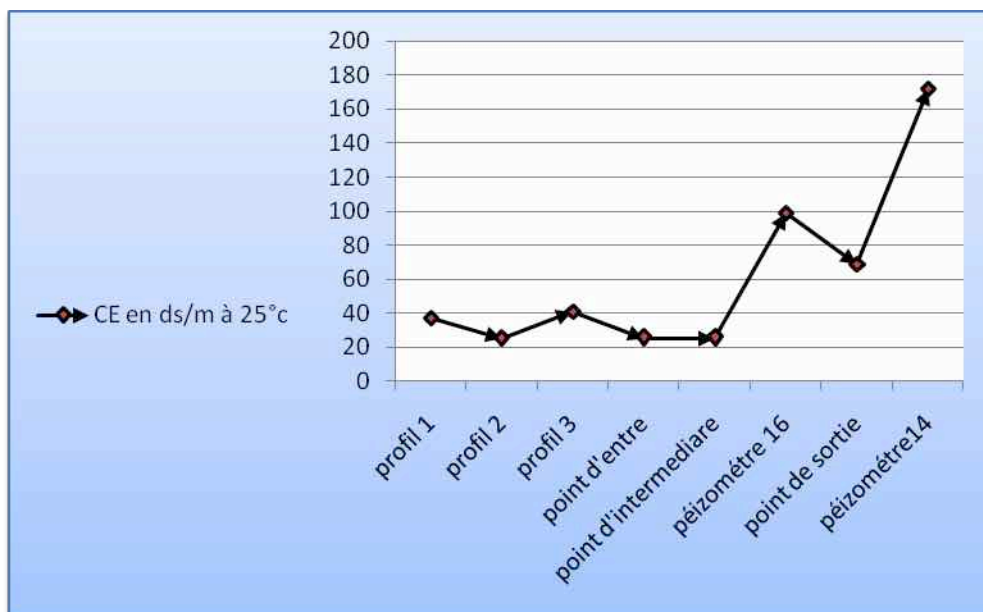


**Figure 1** : Profil ionique de l'évolution des concentrations en sodium dans la nappe phréatique



**Figure 2** : Profil ionique de l'évolution des concentrations en chlore dans la nappe phréatique

Le profil salin des huit points d'eau analysés dans la toposéquence étudiée atteste de la très mauvaise qualité de ces eaux pour l'irrigation. Les valeurs de la conductivité électrique varient entre un minimum 25,7 dS/m et un maximum de 171,9 dS/m (Fig. 3). Ces valeurs placent ces eaux dans la classe C4S5 (Très mauvaise qualité, selon DURAND, 1958) [7].



**Figure 3** : Profil salin des eaux de la nappe phréatique

Les indices de saturation des principales phases (Anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ), Aragonite ( $\text{CaCO}_3$ ), Calcite ( $\text{CaCO}_3$ ), Dolomite ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , Halite ( $\text{NaCl}$ ), Gypse ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), ( $\text{CO}_2$ ) et ( $\text{H}_2\text{O}$ ) des eaux échantillonnées sont présentés dans la figure 4. Ces indices de saturation des minéraux dissous dans les eaux de la nappe phréatique sont calculés à partir de la formule [1] Ils montrent la sensibilité des minéraux carbonatés en l'occurrence la dolomite,

la calcite et l'aragonite à la précipitation. Ceci est également le cas pour les minéraux évaporitiques, notamment le gypse et l'anhydrite.

Les minéraux carbonatés présentent des indices de saturation différents. Celui de la calcite varie de 0,37 à 2,12, suivi de celui de l'aragonite, qui varie de 0,18 à 1,94, et enfin de celui de la dolomite qui évolue de 1,44 à 4,53.

Si l'on admet que l'état d'équilibre se fait dans l'intervalle de - 0,5 à + 0,5 (DROUBI *et al.*, 1976) [8], on peut dire que les trois éléments ont atteint leur état de saturation ou sursaturation dans la plupart des eaux analysées.

Les minéraux évaporitiques en référence aux gypsites subissent des précipitations après les carbonates moins solubles. Le gypse et l'anhydrite issus des minéraux évaporitiques enregistrent des indices de saturation entre - 0,2 et + 0,58, favorisant ainsi le déclenchement de la précipitation. Enfin, l'halite dont les indices de saturation varient de - 3,34 à - 1,76 reste par conséquent sous-saturé, malgré la dominance de ses composants chimiques ( $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ ) en concentration. Cette sous-saturation expliquée par sa grande solubilité s'exprime par l'action conjuguée de la remontée capillaire de la nappe dans les tranches du sol et les intenses évaporations saisonnières. La manifestation la plus apparente est celle des efflorescences blanchâtres et parfois de croûtes à la surface du sol (Fig. 5).

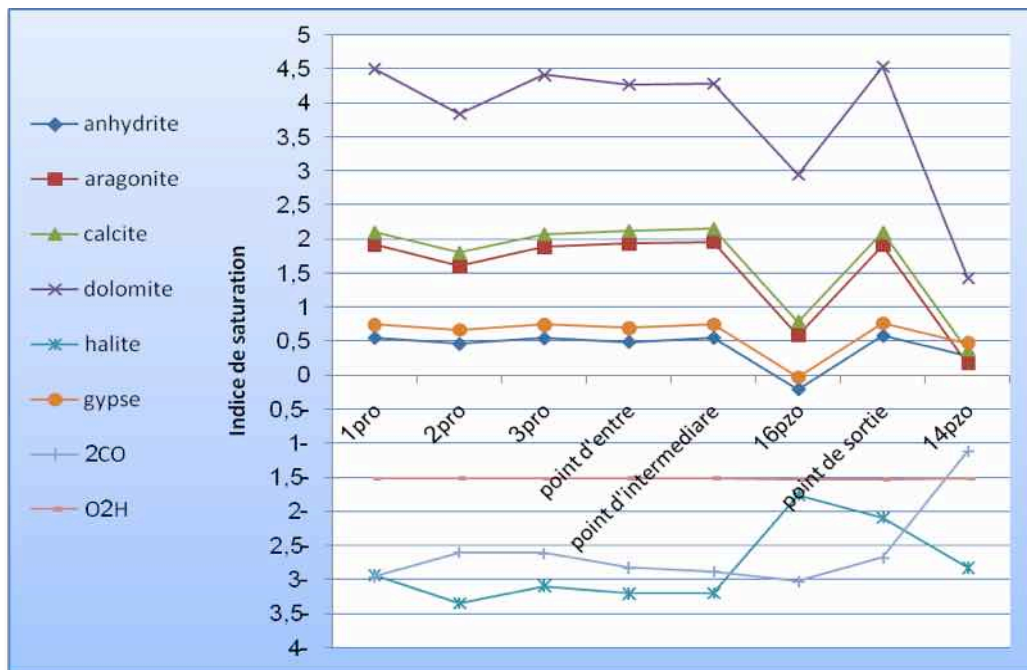


Figure 4 : Evolution des l'indice de saturation des sels de la nappe phréatique



**Figure 5** : Manifestations salines observées sur les sites d'étude

#### 4. CONCLUSION

Ce travail consiste à mesurer la salinité des eaux de la nappe phréatique ainsi que le comportement des éléments chimiques, à travers la caractérisation géochimique et le processus d'accumulation des sels et leurs influences sur le sol.

Les résultats obtenus montrent que les eaux de la nappe phréatique sont extrêmement salées et leurs conductivités électriques sont très élevées pouvant atteindre 171.9 dS/m. L'application de l'indice de saturation à travers le logiciel PHREEQC pour les différents minéraux présents dans l'eau phréatique montre un ordre précis de précipitation de ces minéraux. Les carbonates précipitent en premier, suivis des gypsites et enfin de l'halite.

#### REFERENCES

- [1] Servant J.M., 1978 - La salinité dans le sol et les eaux : caractérisation et problèmes d'irrigation drainage. Bull. B.R.G.M., Sect. 2 :123-142.
- [2] Guendouz.A., Reghis. Z., Et Moulla.A.S., 1992 - Etude hydrochimique et isotopique des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla. Rapport N° 1, 65p. Rapport N°2, 30p.
- [3] Daoud Y., Halitim A., 1994 - Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. Sécheresse vol 5 (N°03) :151-160.
- [4] Nezli.I E., Achour.S., Djabri.L., 2007 - Approche géochimique des processus d'acquisition de la salinité des eaux de la nappe phréatique de la basse vallée de l'oued M'ya (Ouargla). Larhyss Journal, N° 06 : 121-134p.
- [5] Idder A H., 2006 - Mode de fixation et de cristallisation des sels dans un sol nu non irrigué dans la région de Ouargla . Thèse.,Mag., I.N.A, El-Harrach,100p.
- [6] Idder T., Idder A, Tankari Dan-Badjo A., Benzida A., Merabet, Negais H, Serraye A., 2014 - Les oasis du Sahara algérien, entre excédents hydriques et salinité. : L'exemple de l'oasis de Ouargla. Revue des Sciences de l'Eau 27(2) (2014) 155-164
- [7] Durand J.H., 1958. Les sols irrigables - étude pédologique. Alger, 190 p.
- [8] Droubi A., Fritz B., Tardy Y., 1976 - Equilibres entre minéraux et solutions. Programmes de calculs appliqués à la prédiction de la salure des sols et des dos optimaux d'irrigation. Cahiers O.R.S.T.O.M., série pédologie ; VOL.XIV, : 13-38.

# IMPACTS DE LA CONCENTRATION ET DU TYPE DE SEL SUR LE COMPORTEMENT GERMINATIF DE *CYNANCHUM ACUTUM* L.

**KACI S.<sup>1</sup>, BISSATI S.<sup>2</sup>, MESSAHEL F.<sup>2</sup>, GHILANI M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Département des Sciences Agronomiques, Univ Ouargla

<sup>2</sup>Département de Biologie, Univ de Ouargla

[Kaci\\_safia09@yahoo.fr](mailto:Kaci_safia09@yahoo.fr)

**Résumé:** La salinité du sol et de l'eau constitue le problème majeur dans beaucoup de pays du monde. Les sols salés sont caractérisés généralement par des propriétés physiques, chimiques, et biologiques défavorables à la croissance des végétaux. La germination des semences est le principal facteur limitant la vie des plantes sous les conditions salines. L'augmentation de la salinité a un effet négatif sur le taux de germination. Parmi les espèces introduites dans l'agrosystème de la région de Ouargla, nous nous sommes intéressées par une espèce de la famille de Asclepiadaceae: *Cynanchum acutum* L. L'objectif de notre travail est de déterminer l'effet de la concentration, du type de sels sur le comportement germinatif. Le protocole expérimental adopté consiste à ensemercer une quantité de 10 graines avec 05 répétitions dans des boîtes de Pétri contenant un disque de papier filtre. Toutes les boîtes ont été installées dans un phytotron de germination à 30°C, les papiers filtres ont été humidifiés régulièrement avant leur dessèchement. Nous avons utilisé pour l'imbibition des graines 05 concentrations à base de 04 sels différents avec un témoin sous l'effet de 4 types de sel : NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub> et MgCl<sub>2</sub> à 6 doses : 40; 80; 160; 200 et 240 mmol/l. L'état des graines a été suivi quotidiennement pendant une période de 08 jours, une quantité de solution d'imbibition est ajoutée si nécessaire. La germination des graines est relevée quotidiennement pour chaque boîte pour établir : Le taux de germination, La vitesse de germination et la cinétique de germination. Il ressort que les graines de *Cynanchum acutum*, tolèrent les concentrations salines modérées 80 mmol/l. Les fortes concentrations salines baissent énormément la capacité germinative. Par ailleurs, il semble que les sels : NaCl, CaCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, sont les sels les plus nocifs à la germination. Donc il ressort que, notre espèce est moyennement tolérante à la salinité. Cette caractéristique est une stratégie d'adaptation de *Cynanchum acutum* L., pour se reproduire dans des conditions environnementales difficiles.

**Mots clés :** Salinité, germination, *Cynanchum acutum* L., type de sel, dose de sel.

## أثر نسبة الملوحة ونوع الملح على السلوك الانتاشي لبذور *CYNANCHUM ACUTUM* L.

**ملخص:** تشكل ملوحة التربة والمياه المشكل الرئيسي في العديد من بلدان العالم. وتتميز التربة المالحة عموماً بالخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التي تضر بالنمو النباتي، إنتاش البذور هو العامل الرئيسي الذي يحد من حياة النباتات تحت ظروف ملحية. وتؤثر الزيادة في الملوحة تأثيراً سلبياً على معدل الإنتاش. من بين الأنواع التي أدخلت على النظام الإيكولوجي الزراعي في منطقة ورقلة، إنصب اهتمامنا بأنواع من الأسرة: *Asclepiadaceae: Cynanchum acutum* L. الهدف من عملنا هو تحديد تأثير التركيز، ونوع الأملاح على السلوك الإنتاشي. الدراسة التجريبية المعتمدة تتمثل في وضع كمية من 10 بذور في علب بيترى زجاجية تحتوي على قرص ورقة ترشيح مع تكرار قدره خمس مرات لكل علبة، تم وضع جميع العلب في جهاز الإنبات في 30 درجة مئوية، يتم إضافة كمية من المحاليل المستعملة إلى علب الإنتاش قبل جفاف أوراق الترشيح بانتظام. استخدمنا 05 تركيزات على أساس 04 أملاح مختلفة مع عنصر تحكم تحت تأثير 4 أنواع من الملح: NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub> et MgCl<sub>2</sub>. يتم رصد حالة البذور يومياً لمدة 08 أيام، يتم تسجيل إنتاش البذور يومياً لكل العلب وذلك لحساب: معدل الإنتاش، سرعة وحركية الإنتاش. من خلال النتائج المتحصلة عليها يبدو أن بذور *Cynanchum acutum*، تقاوم التراكيز العالية للملوحة 80 ملليمول / لتر. تركيزات المياه المالحة عالية تقلل بشكل كبير من قدرة الإنبات. وعلاوة على ذلك، يبدو أن الأملاح: NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub> هي الأملاح الأكثر ضرراً للإنبات. هذه الخاصية هي استراتيجية التكيف لإعادة إنتاج في ظل الظروف البيئية الصعبة.

**كلمات دالة:** الملوحة، الإنتاش، *Cynanchum acutum*، نوع الملح، تركيز الملوحة.

## 1. INTRODUCTION

La salinisation des sols et de l'eau, est l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale [1], et le rendement agricole [2]. Dans les écosystèmes arides et semi arides, elle résulte des fortes évaporations d'eau à partir du sol [3] et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie [4]. Elle provient également de l'irrigation le plus souvent mal contrôlée [5].

Les plantes répondent aux contraintes de l'environnement par de nombreux changements, révèlent le caractère multifactoriel des mécanismes de tolérance et d'adaptation aux stress abiotiques. La réponse au sel des espèces végétales, dépend de l'espèce même, de sa variété, de la concentration en sel et du stade de développement de la plante [5]. En conditions stressantes, les plantes peuvent réagir en mettant en œuvre des mécanismes, entre autres, physiologiques [6] et biochimiques [7] impliquant une activité enzymatique [8]. Ainsi, par la synthèse de composés organiques ayant un rôle d'osmoprotecteurs [9] ou de régulateurs osmotiques [10, 11]. L'étude de la germination, sous contrainte saline, est révélatrice d'un potentiel génétique de tolérance des espèces et des variétés, au moins à ce stade physiologique.

Dans l'agrosystème de la région de Ouargla plusieurs travaux ont été effectués sur la flore des périmètres agricoles. [12,13,14] ont montré l'apparition d'une flore adventices étrangère dite introduite. Parmi les espèces introduites dans l'agrosystème de la région de Ouargla, nous nous sommes intéressées par une espèce de la famille de Asclepiadaceae (Apocynaceae): *Cynanchum acutum* L, est une herbacée vivace, originaires d'Europe du Sud [15,16]. Compte tenu de l'importance de la phase germinative des semences dans le déroulement des stades ultérieurs du développement de toute espèce végétale notamment, il s'avère indispensable d'étudier le comportement germinatif et d'évaluer la tolérance des espèces en phase germinative [17]. L'objectif de notre travail est de déterminer l'effet de la concentration, du type de sels sur la germination des graines de *Cynanchum acutum* L.

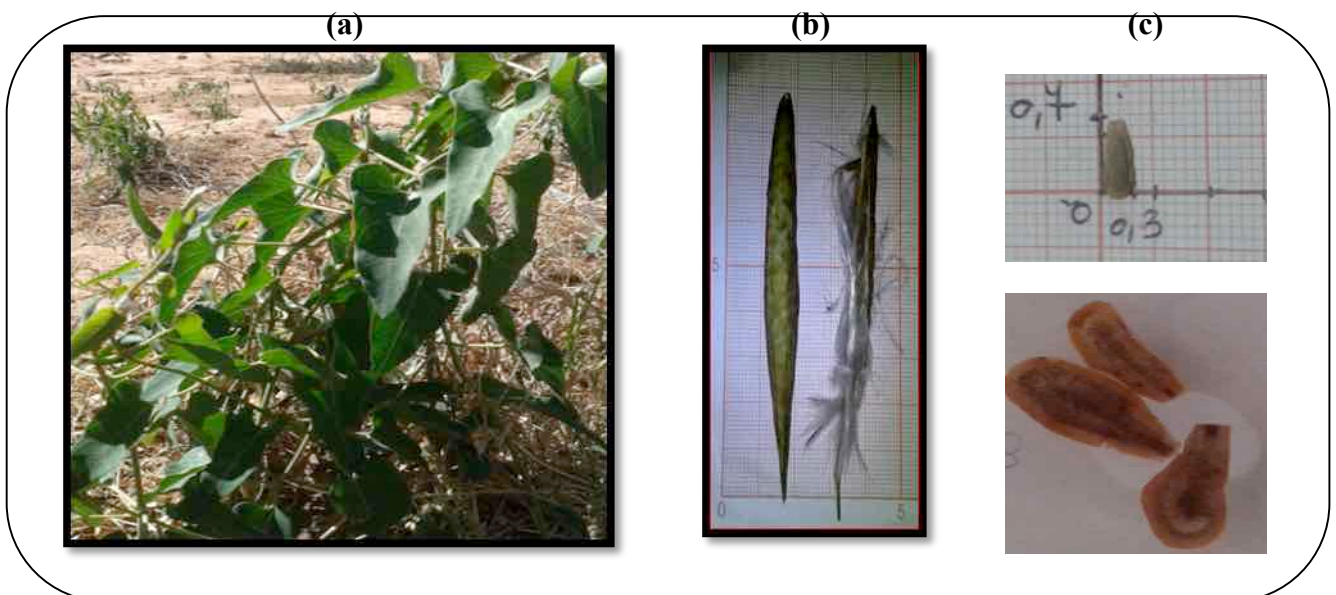
## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Objectif

Le but de ce travail est la connaissance de la réponse germinative des graines de *Cynanchum acutum* L, vis-à-vis de la salinité induite par différents types de sel.

### 2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour la réalisation de notre travail repose sur les graines de *Cynanchum acutum* L, récoltées de la palmeraie de l'ex-ITAS, Université de Ouargla (Fig. 1).



**Figure 1.** a : Plante, b : follicule, c : graines de *Cynanchum acutum* L.

Les graines collectées ont subi un triage des follicules et des cheveux blancs soyeux (Pappus), conservés dans de sac en papier à l'air libre jusqu'à son utilisation.

## 2.3. Méthodes

### 2.3.1. Test de germination

Avant la mise à germination, les graines sont désinfectées à l'eau de Javel 20% pendant 30 min. En suite elles sont rincées à l'eau distillée et mise à germer dans des boîtes de Pétri tapissées de papier filtre à raison de 25 graines et 5 répétitions par boîte de Pétri. Le papier filtre a été imbibé avec 4 ml d'eau distillée (témoin) ou des différentes solutions testées.

Les boîtes sont mises à l'obscurité dans un phytotron. Les graines germées sont quotidiennement comptées. On considère qu'elles ont germé lorsque la radicule perce le tégument.

### 2.3.2. Effet du type et dose du sel

Le stress salin est dû à la présence de quantité importante des sels. L'étude de l'effet du stress salin a été réalisée à la température 25°C. Nous avons utilisé pour l'imbibition des graines 05 concentrations à base de 04 sels différents avec un témoin.

Les sels utilisés sont :  $MgCl_2$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $CaCl_2$ ,  $NaCl$  avec les concentration : 0, 40, 80, 160, 200, 240 mmol/l pour chaque sel.

### 2.3.3. Paramètres étudiés

L'état de graine a été suivi quotidiennement et les graines qui germent dans les différentes boîtes ont été comptées [18].

La germination des graines est relevée quotidiennement pour chaque boîte pour établir:

- **Taux de germination**

C'est le pourcentage de germination maximale ou taux de germination maximale, obtenu dans les conditions choisies par l'expérimentateur, il dépend des conditions de germination et des traitements subis par les semences [19].

$$\text{Taux de germination} = \frac{\text{nombre des graines germées}}{\text{nombre total mis en germination}} \times 100.$$

- **Vitesse de germination**

La vitesse de germination peut s'exprimer par la durée médiane de germination (Scott et al, 1984) ou par le temps moyen de germination (le temps au bout duquel on atteint 50% des graines germées) [20].

Le temps moyen de germination (TMG) correspond à l'inverse X 100 du coefficient de KOTOWSKI (CV).

$$\text{TMG} = \Sigma n / \Sigma (n \cdot j_n) \times 100$$

Avec : n le nombre des semences germées le jour j et j<sub>n</sub> le nombre de jour après l'ensemencement.

- **Cinétique de germination**

C'est le taux quotidien de germination obtenu dans les conditions choisies par l'expérimentateur ; il dépend des conditions de germination [19].

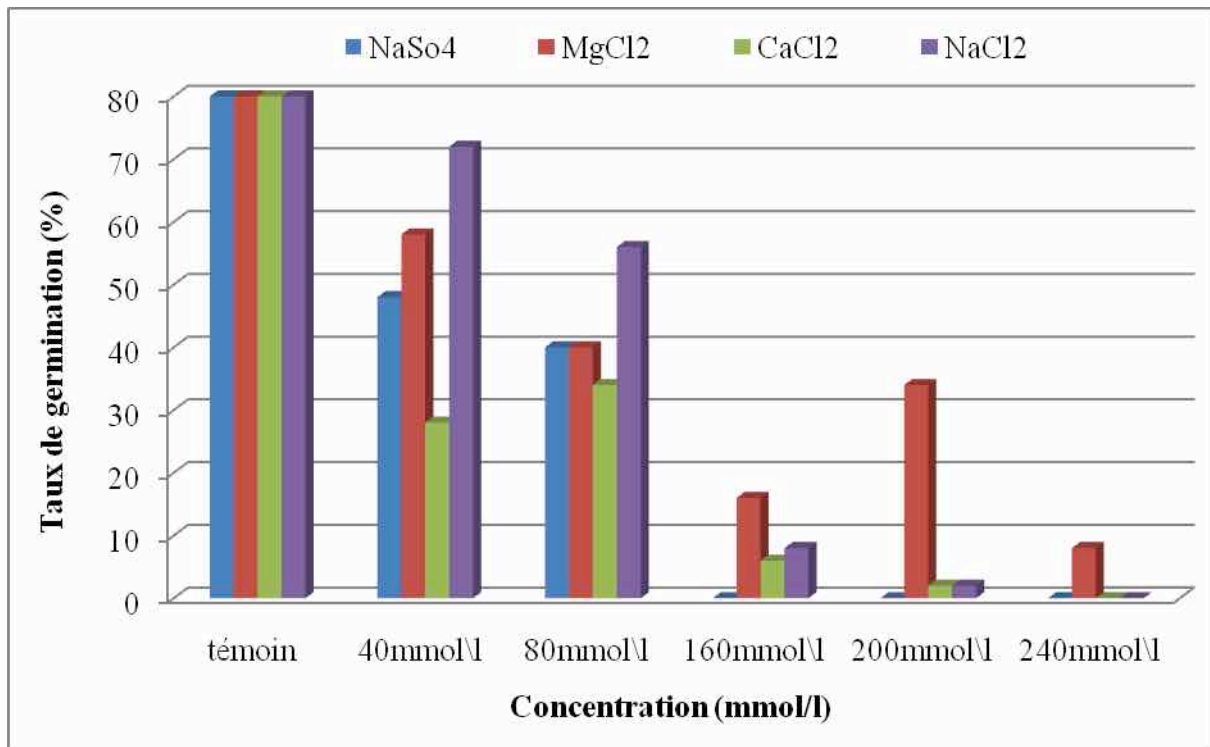
$$\text{Cinétique de germination} = \frac{\text{nombre des graines germées quotidiennement}}{\text{nombre total mis en germination}} \times 100$$

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

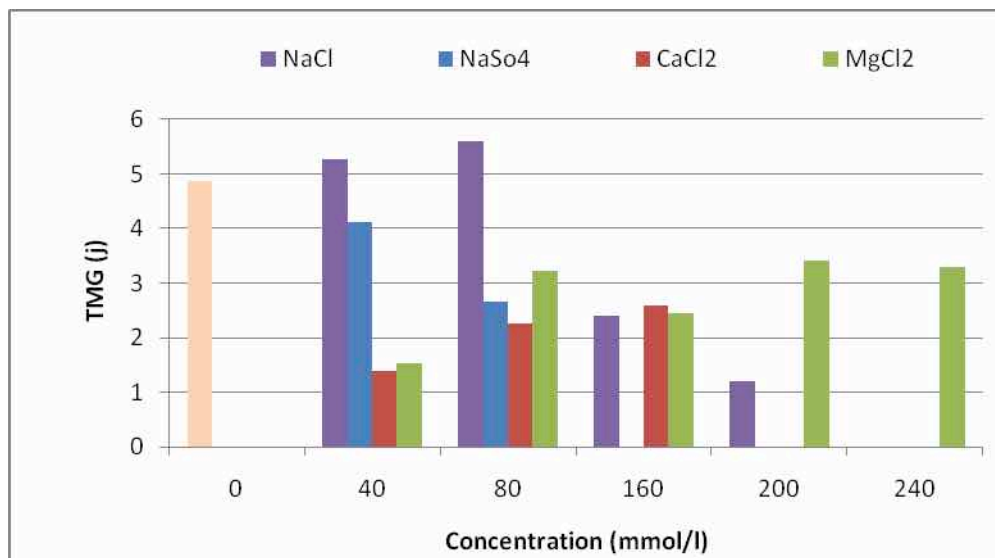
### 3.1. Effet de la salinité sur le taux de germination



Les résultats de l'effet de la variation du type et la dose du sel sur le taux et le temps moyen de germination sont mentionnés dans Fig. (2 et 3).



**Figure 2.** Taux de germination en fonction de type et dose de sel.



**Figure 3.** Temps moyen de germination en fonction de type et dose de sel.

Les résultats mentionnés dans Fig. (2), montrent que le taux de germination des graines varie en fonction de type du sel et leur dose.

Les taux de germination diminuent en fonction de l'augmentation des doses des sels. Leur maximum enregistré est de 76 %, 58 %, 48 % et 34% à la concentration 40 mmol/l pour le NaCl, MgCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et CaCl<sub>2</sub> respectivement.

A partir de la concentration 160 mmol/l de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , la germination est complètement inhibée. A 200 et 240 mmol/l de  $\text{CaCl}_2$  et  $\text{NaCl}$ , la germination est nulle. Le seul sel qui donne de résultat bien qu'il est faible (environ 10 %) est le  $\text{MgCl}_2$  à 240 mmol/l.

Les résultats des temps moyen de germination en fonction de type de sel et les dose testées sont représentés dans la figure 3.

D'après ces résultats nous constatons qu'il y a une variation de la vitesse de germination vis-à-vis le type du sel et leur dose.

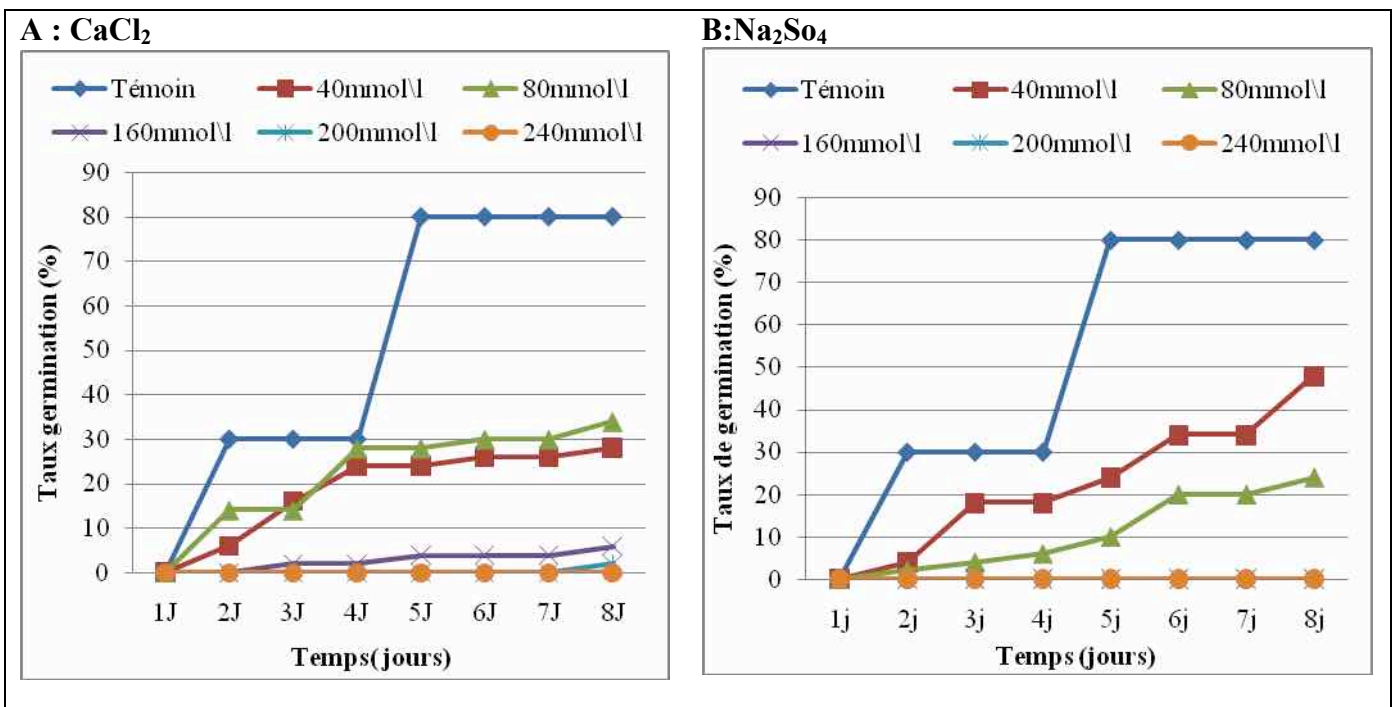
La vitesse la plus lente par rapport au témoin enregistrée à la dose 20 mmol/l de  $\text{MgCl}_2$  pour les graines de la station (2) et à 120 mmol/l de  $\text{NaCl}$  où le TMG est entre 8 et 6 Jours. Les vitesses les plus rapides sont signalées pour la dose 20mmol/l de  $\text{NaCl}$  et  $\text{MgCl}_2$ .

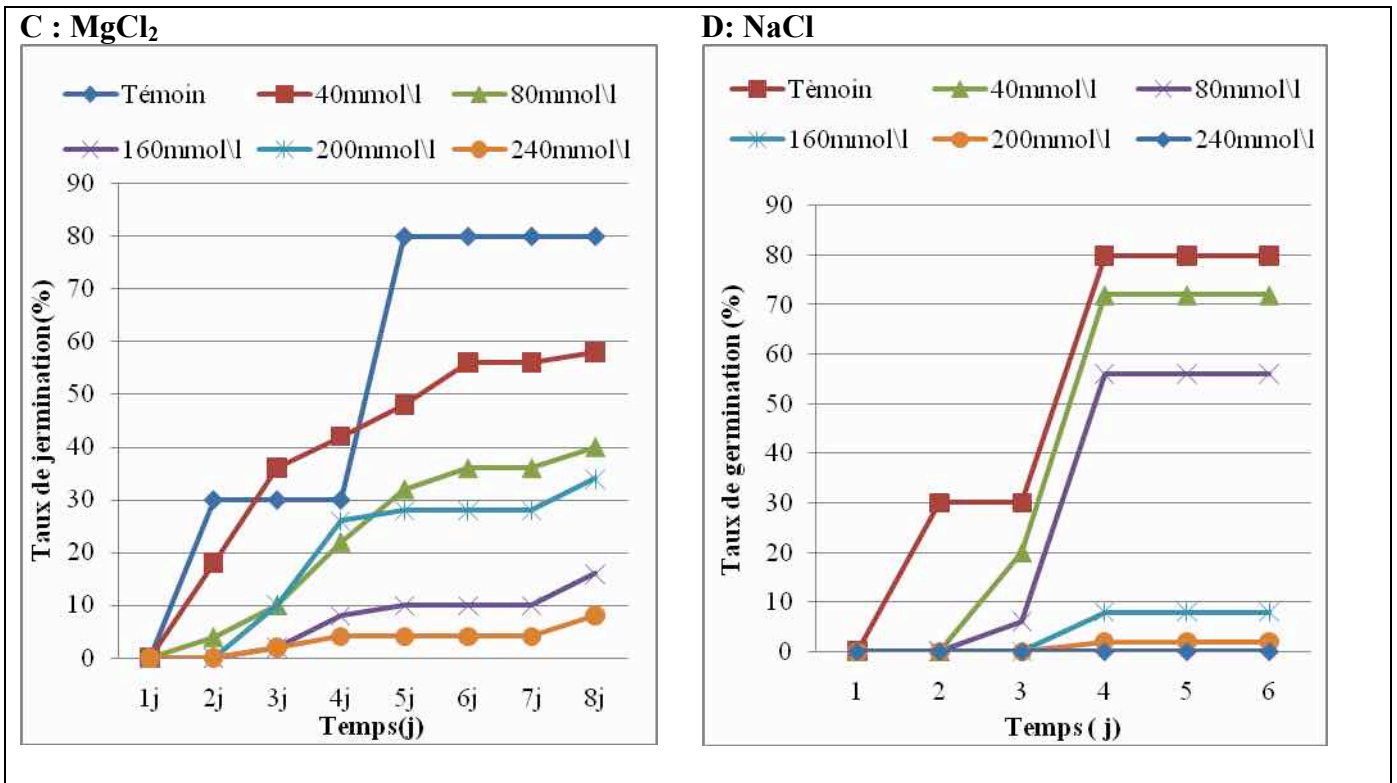
## 2.2. Effet de types et doses du sel sur la cinétique de germination

Les allures de la germination des graines des deux provenances en fonction de type et de doses de sels sont rapportées dans Fig. (4).

Selon les résultats présentés dans Fig. (4) qui exprime l'évolution de la germination dans le temps des graines de *Cynanchum acutum* traitées par solution  $\text{CaCl}_2$ , la germination est commencée le deuxième jour pour le 40 mmol/l et 80 mmol/l avec un taux de 6% et 14% respectivement, pour 160 mmol/l la germination est déclenchée au 3<sup>ème</sup> jours, le taux de germination augmente et atteint 6%. Mais pour les 200 mmol/l et 240 mmol/l aucune graine n'est germée.

D'après les résultats présentés dans la figure 04, ils révèlent que la dynamique de germination des graines *Cynanchum acutum* traitées par solution  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sous différentes concentration est lente.





**Figure 4.** Cinétique de germination de *Cynanchum acutum* en fonction des sels

Le taux de germination augmente dans le deuxième jour pour 40 mmol/l et 80 mmol/l avec un taux est de l'ordre de 49%, 25% respectivement.

Les résultats mentionnés dans la figure 04, montrent que la dynamique de germination des graines *Cynanchum acutum* traitées par les solutions de MgCl<sub>2</sub> diffère d'une concentration à l'autre. La germination commence le 1<sup>er</sup> jour pour 40mmol/l qui passe à 59% pendant le 8<sup>ème</sup> jour. Pour les graines imbibées par les solutions de 80 mmol/l et 200 mmol/l, rentrent en germination le deuxième jour. Après 3 jours commence la germination des graines pour 160 mmol/l et 240 mmol/l.

D'après les résultats de la figure 04, il révèle que la de germination des graines *Cynanchum acutum* traitées par la solution NaCl sous différentes concentrations, accusent un retard et une diminution de taux de germination par rapport au témoin.

Nous avons constaté que la germination des graines commence en le troisième jour avec les concentrations de 40 et 80 mmol/l par des taux de l'ordre de 6% et 20% respectivement. Tandis que, c'est en quatrième jour que la germination de graines s'effectue pour les concentrations 160 et 200 mmol/l.

Nos résultats de l'effet de la salinité à savoir l'effet des différents sels sur le taux de germination et la vitesse de germination montrent un effet dépressif de la présence de sel dans le milieu sur la réponse germinative de *Cynanchum acutum* L.

Pahlevani *et al*, (2008) [21] rapportent que, le taux de germination des graines de *Cynanchum acutum* L., diminue en fonction de l'augmentation de la concentration en sel, à 200 mmol/l le taux de germination est de l'ordre de 12%, un arrêt de germination est signalé à 300 mmol/l.

Par ailleurs Coudret (1971) [22] rapporte que, pour un sel donné, l'augmentation de la concentration saline va de pair avec une diminution de la vitesse et de l'importance de la germination dans le cas des sels sodiques. Il n'en est pas de même avec les sels de magnésium surtout dans le cas du sulfate. En présence d'ions Cl<sup>-</sup> comme en présence d'ions SO<sub>4</sub><sup>2+</sup>, si on

tient compte des concentrations ioniques et des pressions osmotiques, il apparaît que les ions  $Mg^{2+}$  sont moins inhibiteurs que les ions  $Na^+$ . Cette action spécifique des cations se retrouve dans le déroulement morphologique de la germination.

De ce fait, nos résultats sont en accord avec plusieurs études ont indiqué que les semences des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination [23].

La salinité peut affecter le taux germinatif des graines et accuse un retard dans l'initiation du processus de la germination des plantes qu'elles soient des glycophytes ou des halophytes [24].

Le retard de la germination des graines ainsi que la diminution du taux de germination, lorsque la concentration saline augmente, sont appréciés par le temps nécessaire à la graine à mettre en place des mécanismes lui permettant d'ajuster sa pression osmotique interne.

#### 4. CONCLUSION

L'étude de l'effet du stress salin à révèle que l'évolution de la concentration des sels provoque une diminution de taux de germination à des fortes doses accompagné avec un ralentissement de la vitesse de germination. La salinité a un effet hautement significatif sur la germination. Il ressort que les graines de *Cynanchum acutum*, tolèrent les concentrations salines modérés 80 mmol/l. Les fortes concentrations salines baissent énormément la capacité germinative. Par ailleurs, il semble que les sels : NaCl,  $CaCl_2$ ,  $Na_2SO_4$ , sont les sels les plus nocifs à la germination.

Donc il ressort que, notre espèce est moyennement tolérante à la salinité. Cette caractéristique est une stratégie d'adaptation de *Cynanchum acutum* L., pour se reproduire dans des conditions environnementales difficiles. En effet, pour certaines espèces, les graines présentant une aptitude à germer sous des conditions de salinité, auraient des prédispositions à continuer à tolérer ce stress, au cours de leur croissance ultérieure.

#### RÉFÉRENCES

- [1] Al-Karaki G.N., 2000.-Growth, water use efficiency, and sodium and potassium acquisition by tomato cultivars grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, Vol. 23, No. 1: 1- 8.
- [2] Zid E., Grignon C., 1991.-Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides, AUPELF-UREF. Jon Libbey Eurotext, Paris: 91-108.
- [3] Munns R., James R.A., Lauchli R., 2005.-Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 57, N°. 5: 1025-1043.
- [4] Mezni M., Albouchi A., Bizid E., Hamza M., 2002.-Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa*). *Agronomie*, 22: 283-291.
- [5] Ben Naceur M., Rahmone C., Sdiri H., Meddahi M.L., Selmi M., 2001.- Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Secheresse*, Vol. 3, 167-174.
- [6] Parida A.K., Das A.B., 2005.- Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 60: 324-349.
- [7] Brugnoli E., Lauteri M., 1991.-Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity and carbon isotope discrimination of salt tolerant (*Gossypium hirsutum* L) and salt sensitive (*Phaseolus vulgaris* L) C3 non halophytes. *Plant physiol*, 95: 628-635.

- [8] Chaffei C., Pageau K., Suzuki A., Gouia H., Ghorbel MH., Masclaux-Daubresse C., 2004.- Cadmium toxicity induced changes in nitrogen management in *Lycopersicon esculentum* leading to a metabolic safeguard through an amino acid storage strategy. *Plant Cell Physiol*, 45:1681–1693.
- [9] Rathinasabapathi B., Sigua C., Ho J., Gage DA., 2000.- Osmoprotectant  $\beta$ -alanine betaine synthesis in the Plumbaginaceae: S-adenosyl-L-methionine dependent N-methylation of  $\beta$ -alanine to its betaine is via N-methyl and N,N-dimethyl  $\beta$ -alanines. *Physiologia Plantarum* 109: 225-231.
- [10] Huang J., Hirji R., Adam L., Rozwadowski K.L., Hammerlindl J.K, Keller WA., Selvaraj G., 2000.- Genetic engineering of glycine betaine production toward enhancing stress tolerance in plants: metabolic limitations. *Plant Physiol*. 122: 747-756.
- [11] El-Shintinawy F., Hassanein RA., 2001.- Changes in growth, protein patterns and DNA fingerprints of NaCl stressed treated with arginine, putrescine or phenylenediamine. *Egyptian J. Biotechnol*, 10: 405-415.
- [12] Achour L, 2005.- Contribution à la caractérisation de la flore adventice dans les périmètre agricole, cas de Hassi Ben Abdallah, Ouargla. *Mémoire Ing.Agro.Sah*. pp :15-16.
- [13] Guediri K, 2007.- Biodiversité des messicoles dans la région de Ouargla : Inventaire et caractéristiques. *Mémoire Ing.Agro.Sah.Univ Ouargla*. 117p.
- [14] Sayed I., 2014.- Contribution à l'étude quantitative des messicoles associées aux céréales conduits sous centre pivots dans la région de ouargla( Cas des périmètres céréaliers de Hassi Ben Abdallah). *Revue Agriculture*, 8, 04-09.
- [15] Davis P ;H., 1984.-Flora of Turkey. Edinburgh University Press, Edingurgh, United Kingdom, pp: 581.
- [16] Tewksbury L., Casagrande G., Gassmann A., 2002.- Swallow-Worts. Retrieved from: [phttp://invasplants.net/biologicalcontrol/16swallow worts.html](http://invasplants.net/biologicalcontrol/16swallow%20worts.html), (Accessed on: Decembre 20, 2007).
- [17] Lachiheb K., Neffati M., Zid E., 2004.- Aptitudes germinatives des certaines graminées halophytes spontanées de la Tunisie méridionale. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 62 : 89-93.
- [18] Come D., 1968.- Problèmes de terminologie posés par la germination et ses obstacles. *Bull. Scie. France. Végét*, 14 : 3-6.
- [19] Mazliak., 1982.- Physiologie végétale, croissance et développement tome III. Ed. Hermann éditeurs des sciences et des arts, collecte méthodes, paris. 575 p.
- [20] Come D., 1970.- Les obstacles à la germination. Ed. Masson et Cie, Paris, P 162.
- [21] Pahlevani A.H., Rashed M.H., Ghorbani., 2008.- Effects of environmental factors on germination and emergence of Swallowwort. *Weed Technologie*, 22: 303-308.
- [22] Coudret A., 1971.- Action de différents sels sur le déroulement de la germination et sur l'évolution de phénomène respiratoire chez les graines de *Zygophyllum album* L. *bull, Soc, Bot, Fr*, 118 : 471-480.
- [23] Ungar I. A., 1978.- Halophyte seed germination. *The botanical review*, vol.44, N 2, 223-264.

# EFFETS DE LA SALINITE DES EAUX ET DU SOL SUR LES CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES DATTES DANS LA REGION DE OUARGLA

**LIMAM A.<sup>1</sup>, BELAROUSSI M. E.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides, Université Kasdi Merbah Ouargla

<sup>2</sup>Université Kasdi Merbah Ouargla Laboratoire de Recherche sur la Phoeniciculture «Phoenix», Université Kasdi Merbah Ouargla  
[limam.amina07@gmail.com](mailto:limam.amina07@gmail.com)

**Résumé :** La dégradation de la qualité des dattes dans la région de Ouargla (surtout le cultivar Deglet Nour) est due probablement à la qualité des eaux et du sol qui est affectée par la salinité. Ce travail a pour objectif d'étudier les effets de la salinité des eaux d'irrigation et du sol sur les caractéristiques morphologiques et quelques caractéristiques analytiques des dattes de la variété Deglet Nour dans la région de Ouargla. L'étude est réalisée dans deux régions différentes géomorphologiquement (Hassi Ben Abdellah et Chott) et six (06) systèmes de culture. Les résultats obtenus à l'issue de cette étude concernant la salinité des eaux d'irrigation et du sol montrent que les sols des palmeraies se caractérisent par une salinité plus ou moins élevée (une sorte de chute du rendement) qui varie entre 0.488 et 11.478dS/m, les eaux dans tous les systèmes de culture étudiés dans ce travail sont très fortement salées et qui peuvent présenter une salinité excessive (2,39 dS/m  $\leq$  C.E.  $\leq$  14,84 dS/m). Les résultats des mesures morphologiques des dattiers et des dattes et les caractéristiques physico-chimiques des dattes font ressortir une légère différence entre les différents systèmes de culture et entre les deux régions d'étude. Les dattes à travers la région présente une faible qualité.

**Mots clés :** Sol, eau, salinité, Deglet Nour, Ouargla.

## تأثير ملوحة المياه والتربة على الخصائص المورفولوجية للتمور في منطقة ورقلة

**ملخص :** إن تدهور جودة التمور في منطقة ورقلة (وخاصة صنف دقلة نور) ربما يعود إلى نوعية المياه والتربة المتأثرة بالملوحة. يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير ملوحة مياه الري والتربة على الخصائص المورفولوجية وبعض الخصائص التحليلية لتمور صنف دقلة نور في منطقة ورقلة. أجريت الدراسة في منطقتين مختلفتين جيومورفولوجيا (حاسي بن عبد الله والشط) وستة (06) نظم زراعة. أظهرت النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة فيما يتعلق بملوحة مياه الري والتربة أن تربة بساتين النخيل تتميز بملحة مرتفعة نوعا ما (مما يسبب نقصا في المردودية) والتي تتراوح ما بين 0.488 و 11.478 (dS/m)، المياه في جميع نظم الزراعة المدروسة في هذا العمل مالحة جدا وقد تكون ملوحة مفرطة (من 2.39 إلى 14.84 dS/m). أظهرت نتائج القياسات المورفولوجية لنخيل التمر والتمور والخصائص الفيزيوكيميائية للتمور وجود اختلاف طفيف بين نظم الزراعة المختلفة وبين منطقتي الدراسة. التمور في جميع أنحاء المنطقة منخفضة الجودة.

**كلمات دالة :** تربة، ماء، ملوحة، دقلة نور، ورقلة.

## 1. INTRODUCTION

La production dattière en Algérie a évolué de 5528 (2007/08) à 7249 milliers de quintaux (2010/11) selon MADR (2014). De ce fait, elle occupe une place importante parmi les productions arboricoles et participe avec une proportion de 25,54% en 2011. Le palmier dattier dans le Sahara algérien présente une diversité et un potentiel variétal inestimable. Il a été recensé plus de 750 variétés (le terme scientifique le plus exact est cultivar) parmi lesquelles la variété la plus connue est la Deglet Nour qui présente la meilleure valeur marchande [1]. Parmi les problèmes de dégradation de l'environnement hydro édaphique de certaines régions sahariennes, la salinité des eaux et des sols, et le niveau élevé de la nappe phréatique, en conditions de mauvaise gestion de l'irrigation-drainage. Il faut assurer un développement durable des ressources naturelles de l'écosystème oasien fragile [2]. La dégradation de la qualité des dattes dans la région de Ouargla (surtout le cultivar Deglet Nour) est due probablement à la qualité des eaux et du sol qui est affectée par la salinité. Cette étude a pour objectifs : d'évaluer la qualité des eaux et du sol à travers la région de Ouargla à partir

de leurs caractéristiques physico-chimiques essentiellement et d'apprécier l'influence de la qualité des eaux et du sol sur les caractéristiques morphologiques de la datte Deglet Nour.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

Notre étude expérimentale concerne la région de Ouargla. Elle est située au Nord-Est du Sahara occupant une superficie de 163323 Km<sup>2</sup> [3]. Elle est limitée au Nord par les wilayas de Djelfa et d'El-Oued, à l'Est par la Tunisie, au Sud par les wilayas de Tamanrasset et d'Illizi et à l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa.

### 2.2. Approche méthodologique

L'approche méthodologique choisie se base sur l'échantillonnage du sol, de l'eau et des dattes. Nous avons adopté, pour l'échantillonnage, la méthode de l'échantillonnage stratifié. Pour cela, nous avons choisi les stations en fonction de la géomorphologie et en fonction des systèmes de culture (Tab. 1). Deux types de morphologie sont choisis à savoir le Reg présenté par la région de Hassi Ben Abdellah et la dépression présentée par la région du Chott. Le système de culture est aussi important et peut influencer la production dattière en quantité et en qualité.

**Tableau 1.** Méthode d'échantillonnage adoptée

Géomorphologie	Reg		Dépression (Sols salés ou Sebka)			
	Mise en valeur non entretenue	Mise en valeur entretenue	Mise en valeur non entretenue	Mise en valeur entretenue	Oasis non entretenue	Oasis entretenue
Système de culture						
Nombre de stations	3	3	3	3	3	3
Nombre de palmiers	30	30	30	30	30	30

Des mesures biométriques sont réalisées sur le palmier dattier, sur la datte et la graine. Des analyses chimiques sont réalisées sur le sol, l'eau et les dattes. La superficie totale de la commune de Hassi Ben Abdallah (Fig. 1) est estimée à 3 060 kilomètres carrés. Sa superficie agricole est estimée 30 606 hectares dont 13 936 destinés à la mise en valeur agricole. La superficie attribuée dans le cadre de la mise en valeur était estimée par la Direction des services agricoles de Ouargla à 2 963 hectares en 1996 et à 3 601 hectares en 1998 et 3658 en 2006 [1]. La localité du Chott couvre une superficie totale de 68530 Km<sup>2</sup> (Fig. 2). Sa surface agricole totale est de l'ordre de 859.61ha dont plus de la moitié est une superficie agricole utile soit 64%. Elle est partagée entre l'ancien système (60%) et les terres de mise en valeur avec un taux considérable de 40% [4].



**Figure 1.** Les palmeraies de Hassi Ben Abdellah (en rouge, l'ancienne palmeraie et en bleu El-Khalidj) [5]



**Figure 2.** Les palmeraies de la région du Chott [5]

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1. Comparaison des résultats des différents systèmes de culture

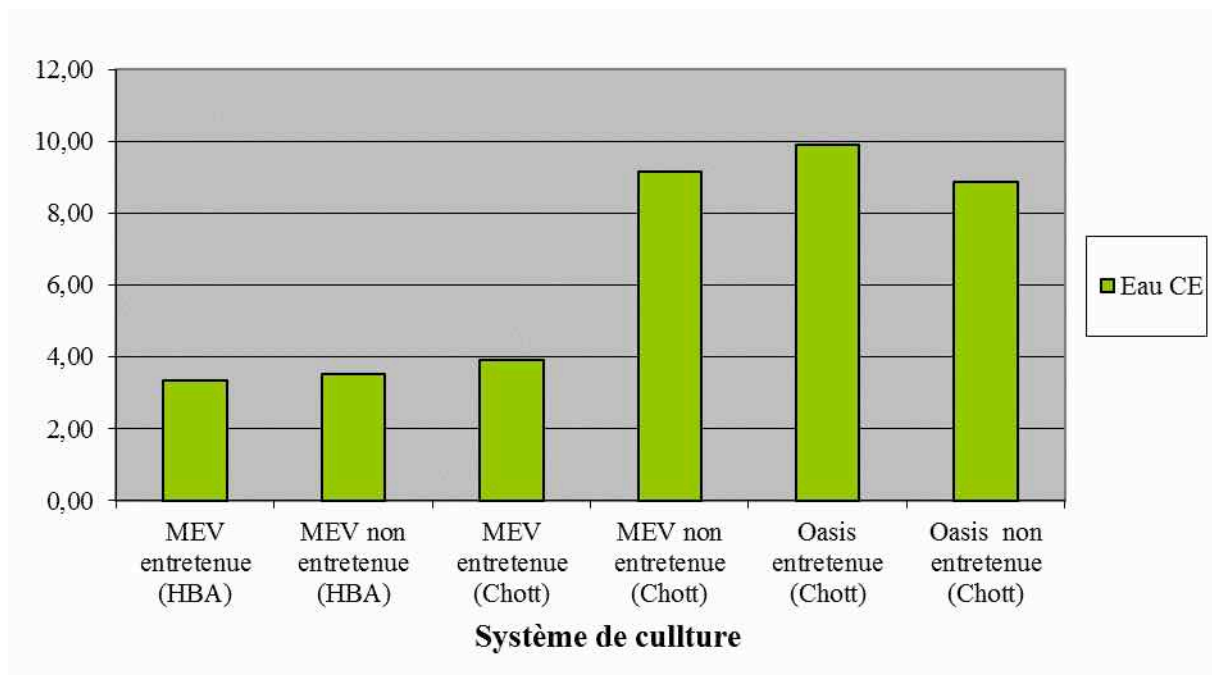
##### 3.1.1. Salinité des eaux d'irrigation

La salinité des eaux d'irrigation dans les différents systèmes de cultures est présentée par la figure 3. Le Laboratoire de Riverside a classé les eaux en fonction de leurs salinités et le danger d'alcalinisation qui peut se produire dans le sol [6]. Ce classement a été modifié par DURAND (1983) [7], en ajoutant une cinquième classe de salinité C5, correspondant à des salinités supérieures à celles des eaux utilisées aux Etats-Unis. Les eaux dans tous les systèmes de culture étudiés dans ce travail sont très fortement salées et qui peuvent présenter une salinité excessive ( $2,39 \text{ dS/m} \leq \text{C.E. à } 25^\circ\text{C} \leq 14,84 \text{ dS/m}$ ), qui appartient aux classes 4 et 5 [7] (Figure 3). Donc, selon le même auteur, ces eaux sont inutilisables normalement pour l'irrigation sauf dans des conditions particulières (sols perméables, bon drainage, un fort lessivage, plantes très tolérantes aux sels). La caractérisation de la salinité de ces eaux selon la classification FAO [8], permet de ressortir deux (02) catégories :



- Une salinité forte des eaux (de 3 à 5dS/m) : à Hassi Ben Abdellah (les deux systèmes de culture) et au niveau de la mise en valeur entretenue au Chott.
- Une salinité très forte des eaux (> 5dS/m): on la constate dans la mise en valeur non-entretenu et à l'oasis entretenue et non entretenue au Chott.

L'accroissement des débits fournis et la forte minéralisation des eaux ont eu des conséquences directes et à plusieurs niveaux, une baisse du niveau piézométrique de la nappe du Complexe Terminal (CT) et la disparition de l'artésianisme, la remontée des nappes phréatiques, le drainage déficient et la salinisation des sols, limitation des espèces cultivées sous palmiers et réduction des rendements en dattes [9]. Les palmeraies irriguées avec des eaux présentant une salinité élevée doivent être nécessairement drainées, afin que l'accumulation du sel dans le sol ne rende celui-ci à la longue, stérile. En effet, l'eau au cours d'irrigation se concentre par l'évaporation solaire et le vent ; le dattier, en raison de son pouvoir osmotique élevé, n'absorbe que l'eau pure ; par remontée capillaire, elle s'évapore en déposant en surface une couche saline [10].

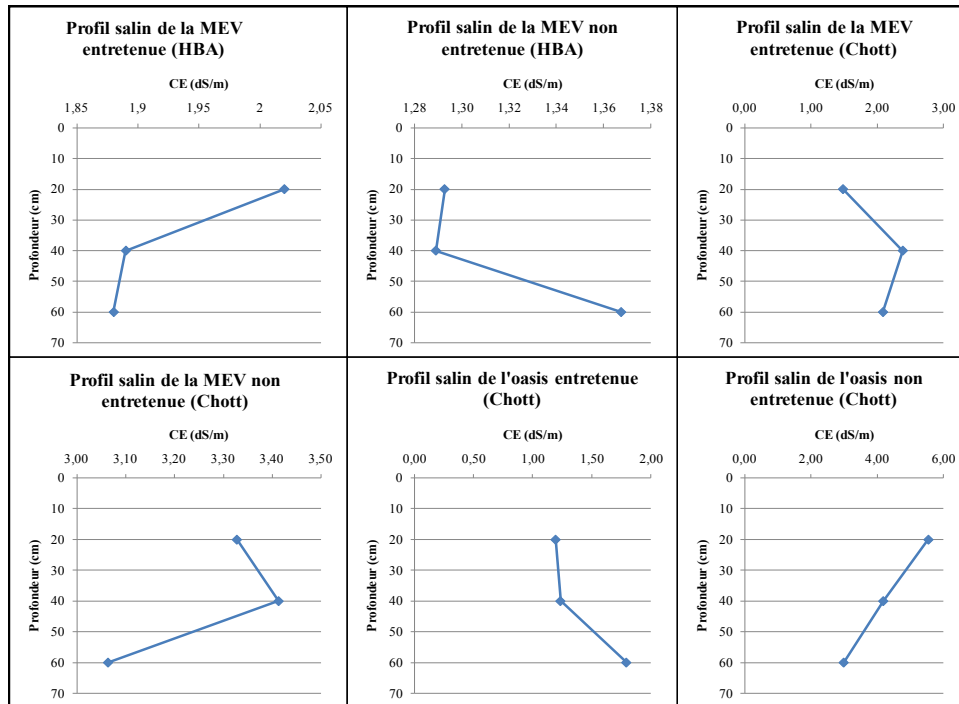


**Figure 3.** La qualité des eaux dans les différents systèmes de culture dans la région de Ouargla

### 3.1.2. Salinité du sol

Les sols à travers les différents systèmes de cultures étudiées sont des sols salins (Fig. 4). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires [11]. La salinité varie d'un système à un autre et elle se présente comme suit : on constate une répartition homogène des sels dans tout le profil caractérisant les deux (02) systèmes de mise en valeur au Chott. Cependant, les sols de la mise en valeur entretenue sont salés alors que les sols de la mise en valeur non entretenue sont des sols très salés et cela peut apparaître évident, un sol non travaillé et non irrigué avec une remontée des sels ne peut présenter qu'un sol très salé. Un profil salin descendant caractérisant l'oasis entretenue au Chott (sols salés) dû à l'entretien du sol par la pratique de l'ensablement, une appellation locale de l'amendement sableux. De point de vue économique c'est une opération très coûteuse, cette technique est pratiquée pour 58% des exploitants, pour élever le

niveau du sol par rapport à la nappe et atténuer la salinité, et surtout renouveler le sol dégradé. Le coût de l'amendement est assez élevé [4]. Un profil salin ascendant (Sols très salés) caractérise l'oasis non entretenue au Chott dû à l'utilisation des eaux de mauvaise qualité, le dysfonctionnement du système de drainage et le délaissement du sol. Un profil salin plus ou moins homogène caractérisant les sols salés des systèmes de mise en valeur à Hassi Ben Abdellah dû au bon drainage du sol et à la qualité des eaux utilisées pour l'irrigation.



**Figure 4.** La conductivité électrique dans les différentes couches du sol à travers les systèmes de culture étudiés

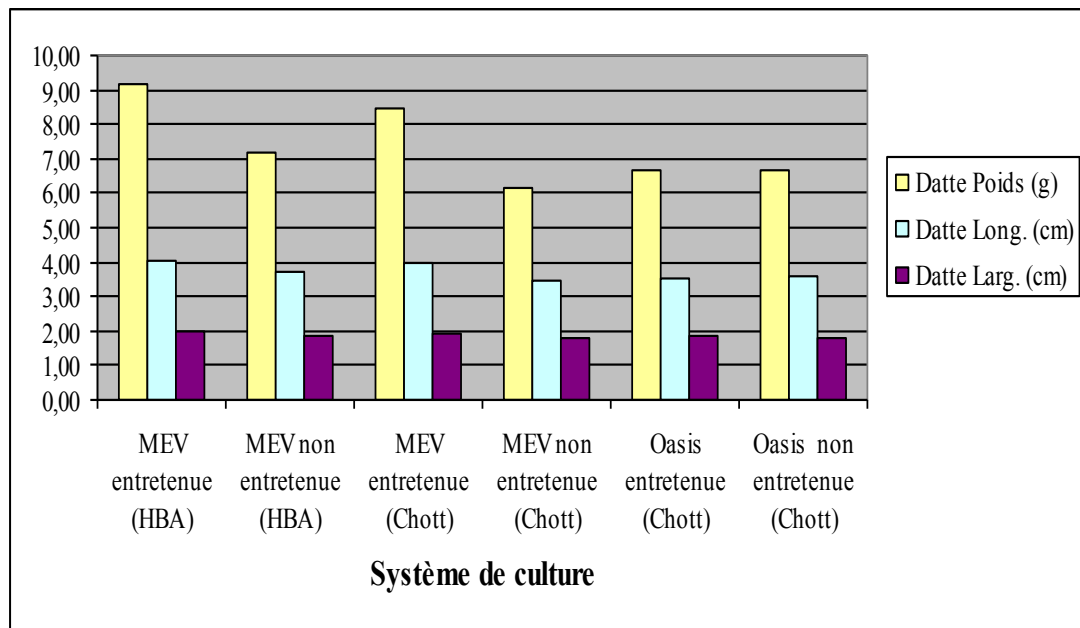
Le palmier préfère des sols neutres. L'impact de la salinisation débute par la baisse des rendements et la dépréciation de la qualité organoleptique des dattes, pour atteindre dans certain cas atteint le flétrissement et le dépérissement des palmeraies entières, engendre des pertes en sols par la stérilisation comme stade ultime [12]. En définitif, la salinité des sols peut mettre en péril une économie durable et des équilibres ancestraux. Un abandon des terres et une désertion des populations s'en suivent [13].

### 3.1.3. Qualité des dattes

#### 3.1.3.1. Mesures biométriques

##### a. Mesures biométriques sur la datte

Le poids des dattes le plus élevé se trouve au niveau de la mise en valeur à Hassi Ben Abdellah avec une moyenne de 9.19g (Max 6,13, Min 13,26g). La mise en valeur entretenue au Chott présente une moyenne de 8.46g (Max 6,01, Min 10,57g) suivi par la mise en valeur non entretenue à Hassi Ben Abdellah avec une moyenne de 8.46g (de 5.21 à 10.31g). L'Oasis au Chott présente une légère différence entre les deux (02) systèmes, entretenue (avec une moyenne de 6.69 allant de 4.86 à 8.98g) et non entretenue (avec une moyenne de 6.65g allant de 5.37 à 9.18g). Le poids des dattes le plus bas se trouve au niveau de la mise en valeur non entretenue au Chott avec une moyenne de 6.12g (de 4.99 à 7.47g) (Fig. 5). On constate une variabilité qui est due à l'influence du système de culture. Le poids des dattes dans les différents systèmes de culture étudiés n'atteint pas les normes. Le poids d'une datte est de 12,8g [14], le poids de 20 dattes est de 82 à 230g [15].



**Figure 5.** La morphologie de la datte dans les différents systèmes de culture à Ouargla

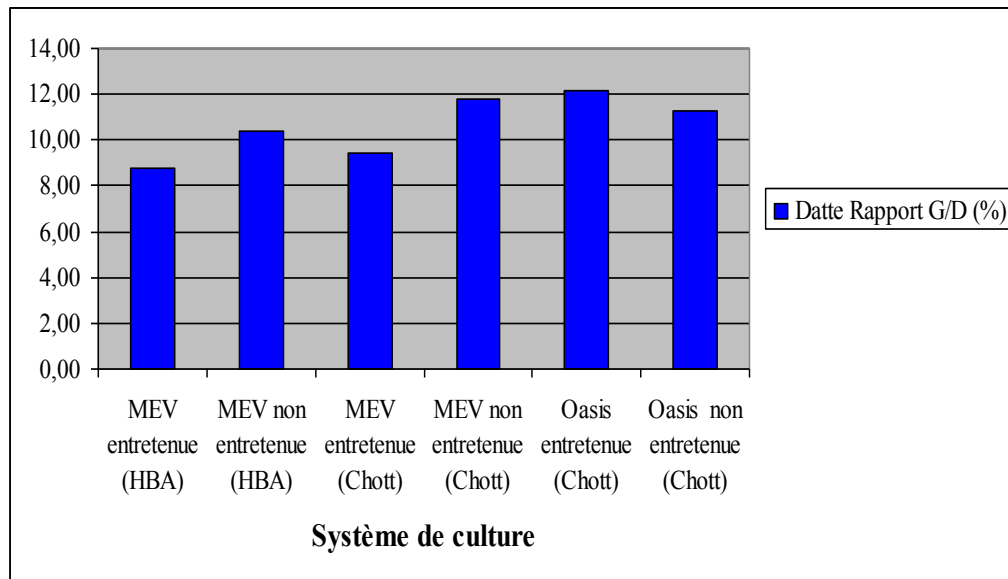
Pour la longueur des dattes, on constate que la plus longue datte se trouve au niveau de Hassi Ben Abdellah à la mise en valeur entretenue avec une moyenne de 4,05cm. La mise en valeur entretenue au Chott présente une largeur moyenne de 3,96cm. La mise en valeur non entretenue à Hassi Ben Abdellah présente une longueur moyenne de 3,73cm. La longueur des dattes à l'oasis au Chott présente une moyenne de 3,56 cm. Enfin, on trouve la mise en valeur non entretenue au Chott avec une moyenne de 3,47cm. La longueur des dattes est de 4,5cm [14]. Les dattes dans les différents systèmes étudiés n'atteignent pas cette longueur. La largeur des dattes à travers les systèmes de culture se présente en moyenne comme suit :

- 1,98cm à la mise en valeur entretenue à Hassi Ben Abdellah.
- 1,94cm à la mise en valeur entretenue au Chott.
- 1,84cm à la mise en valeur non-entretenu à Hassi Ben Abdellah.
- 1,83cm à l'oasis entretenue au Chott.
- 1,77cm à la mise en valeur et l'oasis non-entretenu au Chott.

Cette largeur des dattes n'atteint pas la norme, la largeur d'une datte est de 2.5cm [14].

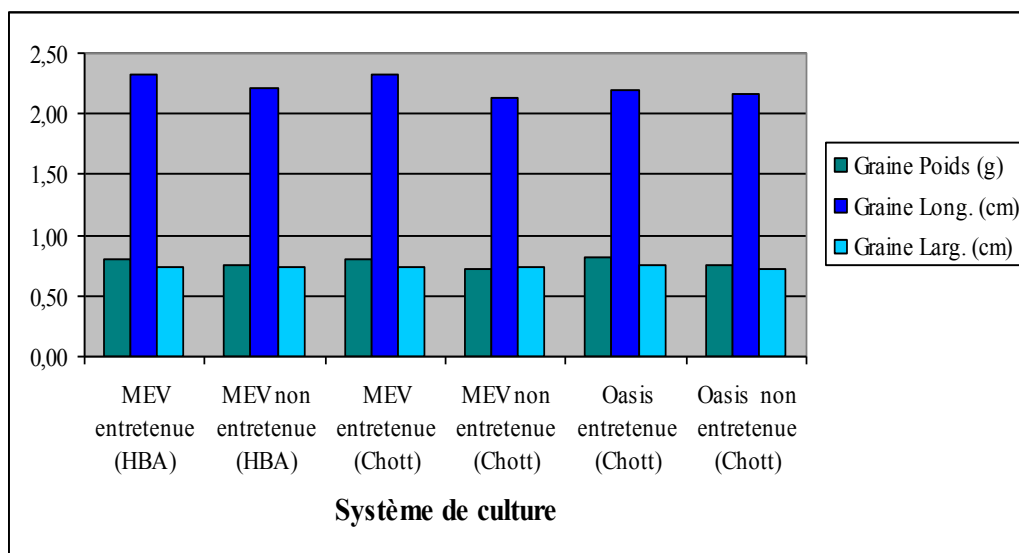
### **b. Mesures biométriques sur la graine**

La proportion de la graine par rapport à la datte entière est utilisée par les prospecteurs pour évaluer ses qualités commerciales [10, 12, 16]. Ce taux est exprimé par le rapport en poids : (noyau/datte entière)\*100. Pour le cultivar Deglet Nour, il est entre 8 et 12%. Ce rapport dépend du cultivar, des facteurs écologiques et des conditions de culture comme ils montrent nos résultats illustrés dans la figure 6.



**Figure 6.** L'influence du système de culture sur le rapport graine/datte

On constate une variabilité de ce rapport entre les différents systèmes de culture. La valeur maximale est de 12,17% au niveau de l'oasis entretenue au Chott et la plus faible 8,76% au niveau de la mise en valeur entretenue à Hassi Ben Abdellah. Pour le poids de la graine (Fig. 7) dans les différents systèmes, il est presque le même. Il n'atteint pas la norme (poids moyen d'une graine est de 1,1g [14]). Même remarque constatée pour la longueur des graines. La plus longue graine se trouve au niveau de la mise en valeur à Hassi Ben Abdellah, les valeurs sont supérieures à celle de la norme et qui est de 2cm [14]. Pour la largeur de la graine, on ne constate pas une grande différence entre les systèmes de culture. La largeur de la datte selon la norme est de 0,7cm [14].

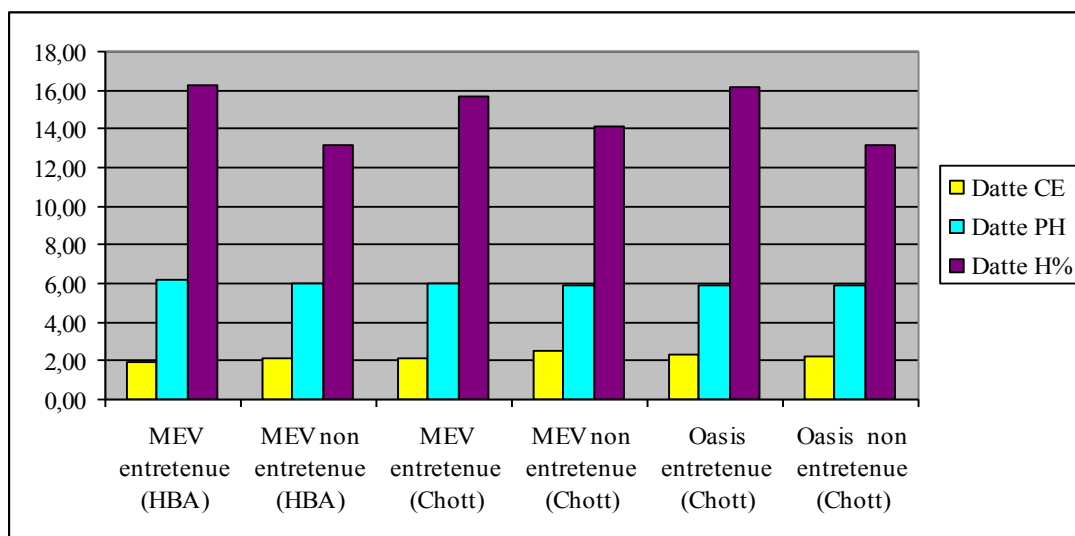


**Figure 7.** Effet du système de culture sur la morphologie de la graine

### 3.1.3.2. Analyses physico-chimiques

La qualité des dattes de point de vue physico-chimiques est illustrée dans la figure 8, on constate ce qui suit : une légère différence de la conductivité électrique (CE) entre les différents systèmes de culture, néanmoins la CE la plus élevée enregistrée à la mise en valeur non entretenue au Chott et la plus faible enregistrée à la mise en valeur à Hassi Ben Abdellah.

On constate aussi une légère différence du pH de la datte d'un système à un autre. La valeur maximale du pH (vers la neutralité) enregistrée se trouve à la mise en valeur entretenue à Hassi Ben Abdellah. Le taux élevé de la teneur en eau est enregistré au niveau de la mise en valeur à Hassi Ben Abdellah avec un moyen de 16,22% (compris entre 3,5 et 27,58%) suivi par l'oasis entretenue au Chott avec un moyen de 16.13% (de 10.66 à 20,49%). La mise en valeur entretenue au Chott présente un taux moyen de 15,66% (de 10,06 à 22,78%) suivi par la mise en valeur non entretenue avec une humidité moyenne de 14,09% (compris entre 9,92 et 17,70%). Les moyennes de l'humidité les plus faibles se trouvent à l'oasis non entretenue (la moyenne est de 13,20% allant de 10,20 à 18,80%) et à la mise en valeur non entretenue à Hassi Ben Abdellah 13,15 % (de 7,09 à 17,11%). En général, les moyennes de l'humidité de la datte à travers les différents systèmes présentent une variation très importante. Le cultivar Deglet Nour est considéré comme un cultivar demi-molle c'est-à-dire sa teneur en eau se situe entre 20 et 30 % [10, 17].

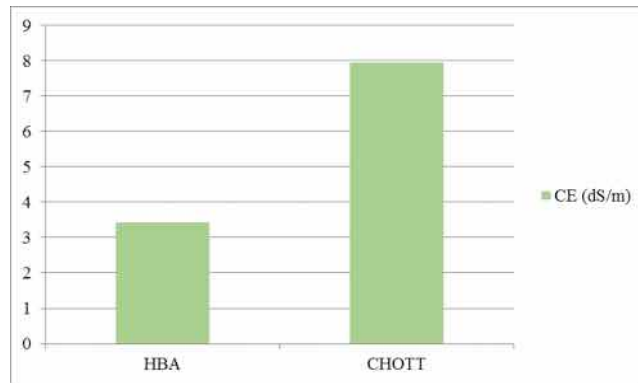


**Figure 8.** Les caractéristiques physico-chimiques des dattes dans les différents systèmes de culture

### 3.2. Comparaison entre les deux (02) régions d'étude

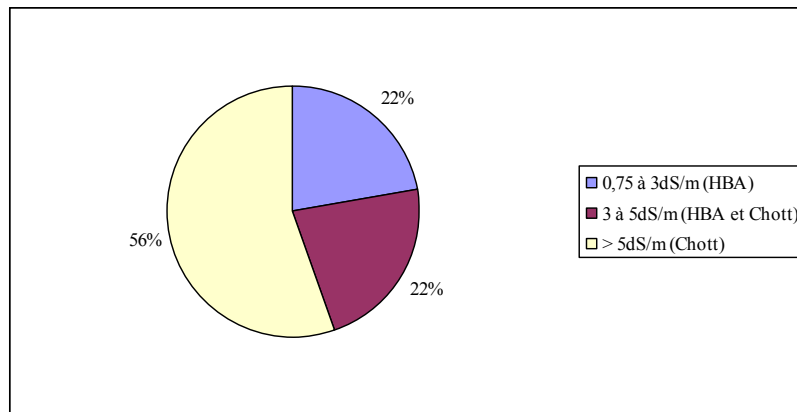
#### 3.2.1. Salinité des eaux d'irrigation

Les principaux résultats de notre étude concernant la salinité des eaux d'irrigation à travers les deux régions étudiées (Fig. 9) se résument comme suit : la CE présente des variations importantes d'un forage à un autre surtout dans la région du Chott. Elle varie de 2,39 à 14,84dS/m avec une moyenne de 6,45dS/m. La CE de l'eau à Hassi Ben Abdellah est de 3,43dS/m (allant de 2,39 à 5,76dS/m). Celle du Chott est de 7,96dS/m (allant de 3,36 à 14,84dS/m).



**Figure 9.** La qualité des eaux dans les deux régions d'étude

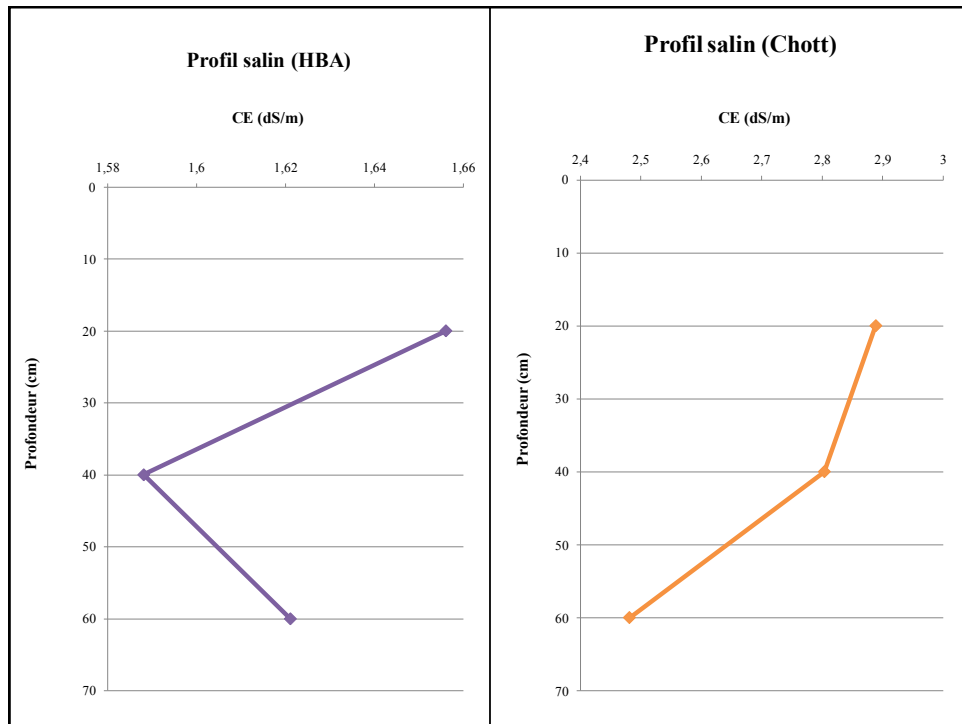
La caractérisation de la salinité de ces eaux selon la classification FAO [8] (Fig. 10), permet de ressortir les catégories suivantes : une salinité moyenne des eaux (de 0,75 à 3dS/m) : 22% des cas (à El-Khalidj à Hassi Ben Abdellah), une salinité forte des eaux (de 3 à 5dS/m) : 22% des cas (entre Hassi Ben Abdellah et Chott), une salinité très forte des eaux (> 5dS/m) : 56% des cas (au Chott).



**Figure 10.** Classification FAO des eaux d'irrigation dans les deux régions d'étude

### 3.2.2. Salinité du sol

Concernant la salinité du sol dans les deux (02) régions d'étude, on remarque que : les sols étudiés sont des sols salins [18]. Cependant, ils présentent un profil salin homogène dans la région de Hassi Ben Abdellah alors qu'ils ont un profil ascendant au Chott dû essentiellement à la mauvaise qualité des eaux d'irrigation accompagnée d'un mal drainage dans cette région (Fig. 11).



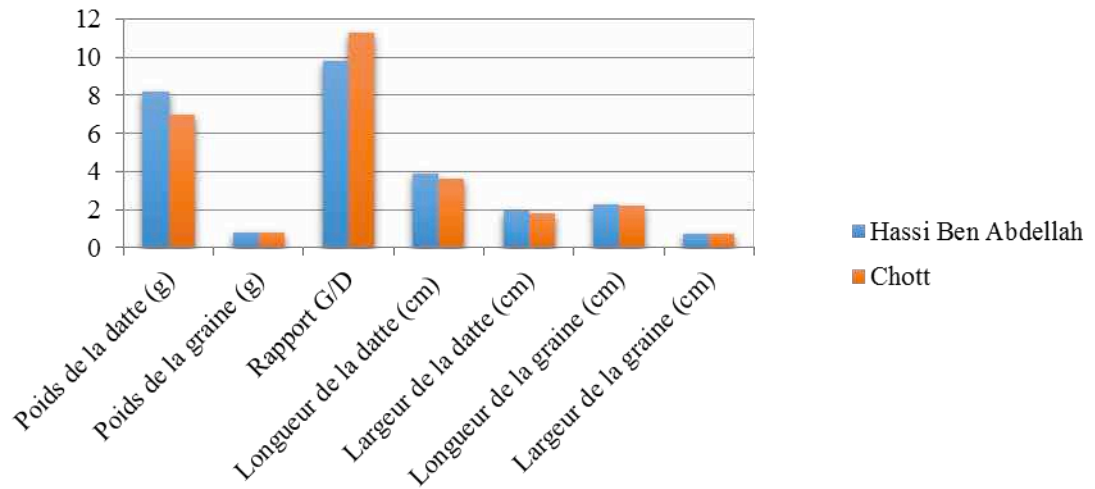
**Figure 11.** Le profil salin dans les deux régions d'étude

La croissance du palmier est normale à une teneur en sels de la solution du sol de 10‰, il peut tolérer une concentration de 15‰. Au-delà de cette dernière valeur, le pied commence à flétrir. A 30‰, il n'y aurait pas de production, le flétrissement continue et à 40‰ le dattier meurt [10]. Il est vrai que le palmier dattier s'accommode de terrains médiocres, mais au détriment de la qualité et de la quantité de production. Le choix des variétés à cultiver est également lié à la valeur agricole du terrain [16]. Pour maintenir une agriculture prospère, l'impact de ce phénomène sur l'environnement et le développement des espèces végétales doit être analysé [9].

### 3.2.3 Qualité des dattes

#### 3.2.3.1. Les mesures biométriques des dattes et des graines

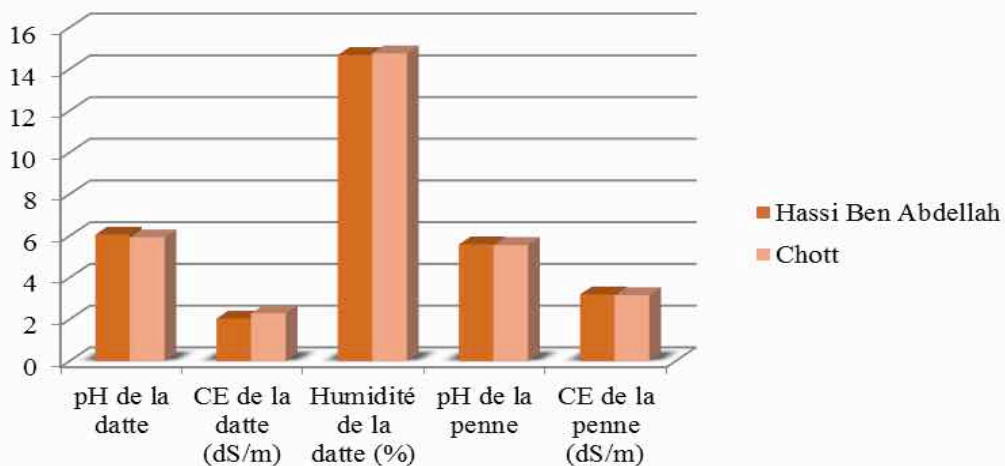
Les mesures biométriques des dattes et des graines sont présentées par la figure 12. Le poids de la datte de la région de Hassi Ben Abdellah est plus élevé (8,18g) que la région du Chott (6,97g). Le poids de la graine dans les deux régions est comparable avec une moyenne de 0,77g. Le rapport G/D est moins élevé à Hassi Ben Abdellah avec un taux moyen de 9,8% qu'au Chott avec un taux moyen de 11,3%. La longueur de la datte avec une moyenne de 3,89cm dans la région de Hassi Ben Abdellah. Au Chott, la datte est plus courte par rapport Hassi Ben Abdellah avec une moyenne de 3,63cm. Le diamètre de la datte à Hassi Ben Abdellah est supérieur à celui du Chott, ils sont respectivement 1,91 et 1,83cm en moyenne. La longueur de la graine est de 2,27 et 2,20cm à Hassi Ben Abdellah et au Chott respectivement. La largeur du noyau est de 0,73cm en moyenne dans les deux régions.



**Figure 12.** Les caractéristiques morphologiques des dattes dans les deux régions d'étude

### 3.2.3.2. Les caractéristiques analytiques des dattes et des pennes

Les résultats des caractéristiques analytiques des dattes et des pennes sont représentés dans la figure suivante :



**Figure 13.** Les caractéristiques physico-chimiques des dattes dans les 2 régions d'étude

Les deux régions présentent un pH légèrement acide (6.07 à Hassi Ben Abdellah et 5.94 au Chott en moyenne). Autant le pH des dattes va vers la neutralité, autant les dattes ont de meilleure qualité [17] donc de point de vue acidité les dattes de Hassi Ben Abdellah sont mieux que Chott. La salinité des dattes exprimée par la conductivité électrique est supérieure au Chott (la moyenne est de 2,297dS/m) par rapport à Hassi Ben Abdellah (la moyenne est de 2,048dS/m). On constate une légère différence entre les deux régions de point de vue humidité de la datte. Les dattes du Chott sont plus humides (avec une moyenne de 14.76%) que les dattes de Hassi Ben Abdellah (avec une moyenne de 14.68%) et ça est due probablement aux conditions pédoclimatiques (la région du Chott se caractérise par un microclimat plus doux). En général, les dattes dans les deux régions sont sèches.

## 4. CONCLUSION

Notre étude a porté sur l'influence de la salinité des eaux et du sol sur la morphologie des palmiers dattiers et quelques aspects de qualité des dattes Deglet Nour à travers la région de Ouargla plus précisément à Hassi Ben Abdellah et au Chott. Les résultats des analyses



concernant la qualité des eaux d'irrigation et du sol montrent que les sols des palmeraies se caractérisent par une salinité plus ou moins élevée qui varie entre 0.488 et 11.478dS/m. Les résultats des mesures morphologiques des dattiers et des dattes et les caractéristiques physico-chimiques des dattes font ressortir une légère différence entre les différents systèmes de culture et entre les deux régions d'étude. Les dattes à travers la région présente une faible qualité. A partir ces résultats, on peut dire que la région de Ouargla, connaissant une dégradation hydro-édaphique importante, n'est pas un terroir d'excellence du cultivar Deglet Nour. Donc, il faut éloigner de la monoculture dorénavant n'est pas rentable et il faut encourager les agriculteurs de planter d'autres cultivars convenables aux conditions climatiques et hydro-édaphiques de la région.

## REFERENCES

- [1] Bouammar B., 2010.- Le développement agricole dans les régions sahariennes : Etude de cas de la région de Ouargla et de la région de Biskra. Thèse Doc., Université Kasdi Merbah Ouargla, 290p.
- [2] Daddi Bouhoun M., 2010.- Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (Sud Est algérien). Thèse Doc., Univ. BADJI Mokhtar, Annaba, 365 p.
- [3] D.P.A.T, 2010.- Annuaire statistique 2009 de la wilaya de Ouargla. Ouargla, 163p.
- [4] Limam A., 2011.- Situation de l'agriculture dans la localité du Chott : analyse socio-économique et écologique. Mémoire d'Ingénieur, INFS/AS, Ouargla, 85p.
- [5] Google maps, 2015.
- [6] Richards L.A., 1954.- Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. United States Salinity Laboratory Staff, Agricultural handbook N° 60, United States Department of Agriculture, 160p.
- [7] Durand J., 1983.- Les sols irrigables : Etude pédologique. Presses universitaires de France, Paris, 339p.
- [8] Gana L., 2002.- Qualité des eaux et des sols du périmètre des Doukkala. H.T.E., 123: 31-35.
- [9] Merrouki K, Cherfouh R, Derridj A, 2011.- Eaux d'irrigation et comportement des cultures sous palmier dattier dans l'oued righ (Sud-Est algérien). Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie, 10p.
- [10] Munier P., 1973.- Le palmier dattier. G-P.Maisonneuve et Larose, Paris, 221p.
- [11] Couture I., 2004. Analyse d'eau pour fin d'irrigation. MAPAQ Montérégie-Est, 8p.
- [12] Djirbi, M, 1994.- Précis de phoeniciculture. FAO, 192p.
- [13] Nezzar Kebaili N., 2006.- Menaces de la salinité des sols : Constats dans la région des Ziban. CRSTRA, Biskra.
- [14] Rhouma A., 1994.- Le palmier dattier en Tunisie : Le patrimoine génétique. Volume 1, INRA de Tunisie, GRIDAO France, PNUD/FAO/RAB/88/024.
- [15] Hannachi S., Khitri D., Benkhalifa A., Brac DE LA Perriere R.A., 1998.- Inventaire variétal de la palmeraie algérienne. C.D.A.R.S., U.R.Z.A., 225p.
- [16] Peyron G., 2000.- Cultiver le palmier-dattier. GRIDAO, MADR de Djibouti, Cirad, Montpellier, 110p.
- [17] د. عاطف محمد إبراهيم، د. محمد نظيف حجاج خليف، 1998.- نخلة التمر زراعتها، رعايتها وإنتاجها في الوطن العربي. منشأة المعارف بالإسكندرية الطبعة الثانية.
- [18] Aubert G., 1978.- Méthodes d'analyses des sols. Cent. Nat. Doc. Pédag., Marseille, 191 p.

# STRATEGIE POUR L'AMELIORATION DE LA FERTILISATION PHOSPHATEE DANS LES SOLS CALCAIRES

**MIHOUB A.<sup>1,2</sup> DADDI BOUHOUN M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA), Touggourt 30200, Algérie

<sup>2</sup> Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi Arides (ECO-SYS), Ouargla 30000, Algérie

[adilmihoub15@yahoo.com](mailto:adilmihoub15@yahoo.com)

**Résumé :** L'étude réalisée sur la biodisponibilité du phosphore (P) dans les sols calcaires et son amélioration a pour objectif de mieux pratiquer la fertilisation phosphatée et de prédire l'exigence phosphatée des cultures. Une évaluation fiable de la biodisponibilité du phosphore passe en premier lieu par la quantification des différents paramètres régissant la sorption du phosphore. Dans ce contexte, notre objectif général, est de faire une analyse de l'effet de la présence du calcaire sur la limitation en phosphore, et cela afin d'augmenter la productivité des sols cultivés et de gérer la fertilité des sols en diminuant l'utilisation des intrants très coûteux en engrais P.

Les résultats ont montrés que la fertilisation phosphatée de ces sols pourrait mieux être rationalisée selon leurs teneurs en calcaire, et à travers les isothermes de sorption employés (Langmuir et Freundlich). La sorption de phosphore et ses indices descriptifs ainsi que les exigences phosphoriques des sols ont été déterminées. Les résultats de ce travail serviront à limiter l'action du calcaire sur la rétrogradation du phosphore et d'optimiser l'assimilation de ce dernier dans les sols calcaires cultivés. Tous cela, dans le but d'assurer la rentabilité des cultures par une meilleure conduite culturale permettant une valorisation optimale des ressources hydro-édaphiques et des apports fertilisants de type phosphaté.

**Mots clés :** Phosphore, dynamique, fertilisation, sol calcaire, Algérie.

## إستراتيجية لمراجعة وتحسين التسميد الفوسفوري في الترب الكلسية

**ملخص :** تهدف الدراسة التي أجريت بشأن توافر وجاهزية الفوسفور في التربة الكلسية لهدف تحسين ممارسة التسميد الفوسفوري والتنبؤ بالاحتياجات الفوسفورية للمحاصيل . وفي هذا السياق، يتمثل هدفنا العام في دراسة تأثير وجود كربونات الكالسيوم بكميات مرتفعة في التربة على الحد من توافر وجاهزية عنصر الفوسفور ، وذلك من أجل زيادة إنتاجية الترب الكلسية المزروعة وإدارة خصوبة التربة عن طريق ترشيد إستخدام الأسمدة المكلفة للغاية منها الفوسفورية. وأظهرت النتائج أن التسميد الفوسفوري لهذه الأنواع من الترب يمكن أن يركز بشكل أفضل على محتواها من مادة كربونات الكالسيوم، و من خلال دراسة إمتزاز الفوسفور عن طريق معادلات كل من لانكماير و فرندلج تمكنا من وصف عملية الإمتزاز الفوسفوري مع تحديد خصائصها و كذلك تحديد المتطلبات الفوسفورية للتربة. تستخدم نتائج هذا البحث للحد من تأثير كربونات الكالسيوم على توافر الفوسفور ولتحسين إمتصاص هذا الأخير في التربة الكلسية المزروعة. كل ذلك، بهدف ضمان مردودية جيدة للأراضي المزروعة من خلال إدارة مزرعية أفضل مما تسمح بالإستغلال الأمثل للموارد المائية و التربة بالإضافة إلى حوكمة إستعمال الأسمدة الفوسفورية.

**كلمات دالة :** فسفور، حركية، تسميد، تربة كلسية، الجزائر

## 1. INTRODUCTION

Dans beaucoup de systèmes agricoles, le phosphore est un aliment minéral le plus limitant pour les plantes [1]. Le fait que le P soit un élément limitant et lié d'une part, à sa faible teneur dans les sols et, d'autre part, à sa très forte rétention par les constituants du sol. Ainsi, les ressources minérales en P peuvent être importantes mais peu biodisponibles dans les sols présentant des pouvoirs fixateurs très élevés. L'utilisation de fertilisants phosphatés permet d'augmenter les stocks de P dans les sols notamment les fractions biodisponibles et de faire face aux problèmes de carence des plantes.

En effet, le calcaire est considéré parmi les principaux facteurs impliqués dans la dynamique des éléments nutritifs essentiels pour les plantes, dont notamment le phosphore. La dynamique du phosphore dans les sols met en jeu les réactions d'adsorption, désorption, fixation, précipitation et dissolution.

Dans certaines régions arides, les sols sont généralement riches en calcaire. Les sols calcaires couvrent plus de 30 % de la terre, leurs teneurs en CaCO<sub>3</sub> peuvent atteindre jusqu'à

95 % [2]. Un sol calcaire peut être défini comme étant un sol contenant du  $\text{CaCO}_3$  libre en quantité suffisante, existant en carbonate de calcium ou de magnésium [3]. Ces types de sol sont très fréquents dans les régions méditerranéennes et désertiques. Notamment en Algérie, où on les rencontre aussi bien dans les régions semi-aride et arides [4]. La présence du calcaire en quantités importantes, dans le sol, a une influence défavorable sur les propriétés physicochimiques, notamment sur la disponibilité et l'absorption des éléments minéraux nécessaires pour la vie végétale y compris le phosphore [5].

Les pratiques de la fertilisation phosphatée ainsi que l'évaluation des besoins en P dans les sols riches en calcaire restent évaluées exclusivement via l'utilisation de méthodes chimiques conventionnelles. La gestion de la fertilité phosphatée des sols calcaires doivent-elles s'orienter à des pratiques agricoles permettant de limiter au maximum la forte adsorption du phosphore et optimiser l'acquisition de phosphore à partir du sol.

Le présent travail, est une partie d'un programme de recherche sur la fertilisation phosphatée du blé dur en zones sahariennes mené sur plusieurs campagnes agricoles [6,5,7,8,9,10 et 11]. L'objectif général de ce travail a alors été de proposer une telle stratégie afin de revisiter les pratiques de la fertilisation phosphatée pratiquée dans les sols riches en calcaires.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Sol étudié

En général, le sol saharien ne constitue qu'un simple support à toute activité agricole. Un agriculteur au Sahara est appelé à utiliser beaucoup plus d'engrais qu'un agriculteur dans les régions du Nord du pays. Les sols calcaires au sud algérien sont concentrés surtout dans les sols alluvionnaires [12].

Des échantillons de sol ont été prélevés sur la couche superficielle (à 0-30 cm de profondeur), appartenant à un type de sol Psamment à Oued Righ (sud de l'Algérie) avec une classe de texture loamy-sand (Tableau 1), le site se localise à 33°29'47" N, 5°39'39" E (à droite de la route qui mène Djamaa à M'Rara).

**Tableau 1.** Caractéristiques physico-chimique du sol étudié

<i>Propriétés</i>	<i>Unité</i>	<i>Valeurs</i>
Sable	%	81.3
Limon	%	13.3
Argile	%	5.4
U.S.D.A texture	—	Loamy sand
U.S.D.A soil taxonomy (Suborder)	—	Psamment
pH <sub>water (1:2.5)</sub>	—	7.88
E.C <sub>(1:5)</sub>	dS m <sup>-1</sup>	1.63
CaCO <sub>3</sub> totale	%	4
M.O	%	0.87
P-assimilable	mg kg <sup>-1</sup>	1.48

### 2.2. Matériel d'essai utilisé

Le sol étudié est le sol issu de site choisi évoqué précédemment. Le sol est amendé en calcaire et en phosphore :

- D'une manière générale, la majorité des sols cultivés en Algérie ont une teneur en calcaire plus ou moins appréciable. De ce fait, afin de ressentir le comportement du phosphore dans le sol en fonction de sa teneur en calcaire, des apports en calcaire ont été employés. Le calcaire apporté est à l'origine d'un minéral de calcaire. Trois

niveaux de doses du calcaire ont été employés à savoir : Traitements sans apport (témoin), des traitements à 25 % de  $\text{CaCO}_3$  (traitements modérément calcaires) et 50% de  $\text{CaCO}_3$  (traitements fortement calcaires).

- Pour cette expérimentation le  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (Hydrogéo-phosphate de potassium) est pris comme source de phosphore.

### 2.3. Approche méthodologique

A l'heure actuelle, les pratiques de la fertilisation phosphatée ainsi que l'évaluation de la biodisponibilité du P dans les sols riches en calcaire restent évaluées exclusivement via l'utilisation de méthodes chimiques dont il n'y a aucune information sur les différents paramètres régissant la sorption (adsorption et précipitation) des ions phosphates, ainsi que sur les besoins en phosphore pour un rendement optimal des cultures. Or, nous venons de voir que ces méthodes sont approximatives et qu'une approche mécaniste serait plus appropriée intégrant mieux les processus écologiques, et favorisant à la fois une production de qualité et le maintien de la productivité des sols sur le long terme. Cela implique notamment de développer les solutions pour avoir une meilleure fertilisation de productions agricoles. Ce constat soulève l'objectif de l'étude qui vise à trouver les relations qui peuvent exister entre le niveau de calcaire et la capacité d'adsorption du phosphore dans les sols de l'Oued Righ et leurs effets sur le phosphore disponible. Des expérimentations au laboratoire étaient conduites sur les deux types de sol sélectionnés pour atteindre les objectifs suivants :

- Modélisation de la sorption du phosphore dans les sols calcaires et ses indices descriptifs ;
- Caractérisation des indices de la sorption du phosphore : une approche pour prédire les besoins en phosphore des sols calcaires ;
- Développer des relations entre les niveaux de calcaire des sols et les besoins en phosphore calculées afin de pouvoir calculer les apports phosphatés à n'importe quel niveau de calcaire dans le sol.

L'expérimentation a nécessité deux étapes. La première est l'incubation des échantillons des sols et la deuxième consiste à étudier la sorption de phosphore :

- *Expérimentation d'incubation* : les échantillons des sols, séchés à l'air libre sont bien mélangés avec le calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ) ; trois traitements y compris les témoins (sol sans amendement de  $\text{CaCO}_3$ ), S-25 (sol avec 25 % de  $\text{CaCO}_3$ ) et S-50, (sol avec 50 % de  $\text{CaCO}_3$ ) ont été développés. Un kilo de chaque traitement a été pris dans des pots en plastique et mouillé avec de l'eau distillée pour atteindre la capacité au champ et équilibré pendant 15 jours dans l'obscurité à 25°C. Tous les traitements sont maintenus à 80 % de leurs capacités au champ tout au long de l'expérimentation par des apports d'eau. À la fin de l'incubation, les traitements ont été mélangés, séchés et passés à travers un tamis de 2 mm et stockés dans des bouteilles en plastique pour l'utilisation dans les études d'adsorption.
- *Etude de la sorption de phosphore* : L'adsorption du phosphore dans le sol est assez complexe et ne peut pas s'expliquer par une simple et unique réaction. L'adsorption du phosphore aux sols étudiés est mieux décrite par l'isotherme de sorption. Pour établir ces isothermes d'adsorption, le sol (1 mm) est mis en suspension dans une solution de  $\text{CaCl}_2$  0.01M contenant du phosphore sous forme de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  à des concentrations variant entre 0 et 100  $\mu\text{g P mL}^{-1}$ . après une semaine d'incubation, les suspensions sont filtrées et dosées en phosphore par colorimétrie en présence du mélange sulfo-molybdique. Les quantités de phosphore retenues par les sols correspondent à la différence des concentrations en P des solutions initiales et à l'équilibre. Un bon établissement des isothermes d'adsorption va nous permettre de (1) quantifier la capacité d'adsorption de phosphore par les sols, (2)

estimer les besoins phosphoriques des sols et des cultures, (3) quantifier l'effet résiduel des engrais phosphatés.

#### 2.4. Paramètres étudiés

A partir de l'étude de la sorption de phosphore, nous estimons la quantité de phosphore absorbée pour les différents traitements et modulée selon Langmuir et Freundlich, comme suit :

- La quantité de phosphore adsorbée (Q) a été calculée par l'équation suivante :

$$Q = (V \times \Delta C) / M \text{ ----- (1)}$$

Où : Q = Quantité adsorbée ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ),  $\Delta C$  = Différence entre la concentration initiale et finale (à l'équilibre) de phosphate dans le surnageant ( $\text{mg P L}^{-1}$ ), V = Volume de la solution d'équilibre (40 mL), M = Masse du sol (4 g). La mesure a été faite en quatre répétitions de mesure, dont les moyens ont été utilisés pour les calculs prochains. Les données obtenues par cette expérience ont été modulées en utilisant le formalisme de Freundlich.

- Modèle de Langmuir

$$C/X = C/X_{\text{max}} + 1/(k \times X_{\text{max}}) \text{ ----- (2)}$$

Où : C = Concentration de phosphore dans la solution à l'équilibre ( $\text{mg P L}^{-1}$ ), S = mg of P adsorbé ( $\text{mg P kg}^{-1}$ ), k = Constante reliée à l'énergie de liaison ( $\text{mL } \mu\text{g}^{-1}$  de phosphore), et où  $X_{\text{max}}$  = Capacité maximale d'adsorption de Langmuir ( $\mu\text{g g}^{-1}$  de phosphore). Les différentes constantes sont obtenues par le calcul de la pente de l'équation ( $1/X_{\text{max}}$ ) et de l'ordonnée à l'origine ( $1/kb$ ) dans la représentation C/X en fonction de C.

- Modèle de Freundlich

$$X = a \times C^n \text{ ----- (3)}$$

Où : X = Quantité de phosphore adsorbé par gramme de sol ( $\mu\text{g P g}^{-1}$  de sol), C = Concentration de P dans la solution de l'équilibre ( $\text{mg L}^{-1}$ ), (a) = Capacité de sorption ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), et n = Energie de sorption de phosphate ( $\text{mL g}^{-1}$ ). Les paramètres (a) et (n) ont été estimés par la régression de la forme logarithmique des données obtenues par l'isotherme de sorption. Le paramètre de Freundlich a été employé pour être un paramètre pratiquement utile en récapitulant les propriétés d'adsorption de sols par rapport à plusieurs concentrations d'équilibre. Le Langmuir a ses mérites à la basse concentration de P et il est justifiable pour employer le paramètre de Langmuir  $KX_{\text{max}}$  pour caractériser le sol seulement à de basses intensités de P. Puisque les sols dans cette étude étaient enclins à la fixation élevée de P, donc, les deux modèles de Freundlich et celle de Langmuir ont été employés pour calculer les exigences externes en phosphore (EPR). Plusieurs études ont prouvé que, la quantité de P en équilibre avec  $0,2 \text{ mg de P L}^{-1}$  ( $\text{EPR}_{0,2}$ ) a montré qu'est le seuil optimum pour le développement de la plupart des cultures [13,14 et 15].

Dans notre cas, le calcul des  $\text{EPR}_{0,2}$  pour atteindre le niveau de  $0,2 \text{ mg de P L}^{-1}$  dans la solution du sol est fait en utilisant dans le cas du modèle de Freundlich, la version linéaire comme suit :

$$\text{EPR}_{0,2} = 10^{\log X} \text{ ----- (4)}$$

Où :  $\log X = \log a + n \log C$  ; C = Concentration désirée en P dans la solution du sol ( $0,2 \text{ mg de P L}^{-1}$ ). Quant au deuxième modèle, le calcul des  $\text{EPR}_{0,2}$  ont été déterminés en substituant la concentration désirée ( $0,2 \text{ mg de P L}^{-1}$ ) dans les équations de Langmuir [16].

$$\text{EPR}_{0,2} = (X_{\text{max}} \times k \times C) / (1 + (k \times C)) \text{ ----- (5)}$$

Où : C = Concentration désirée en P dans la solution du sol ( $0,2 \text{ mg de P L}^{-1}$ ). k = Constante reliée à l'énergie de liaison ( $\text{mL } \mu\text{g}^{-1}$  de phosphore), et où  $X_{\text{max}}$  = Capacité maximale d'adsorption de Langmuir ( $\mu\text{g de P g}^{-1}$  sol).

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Modélisation de l'adsorption du phosphore dans le sol

Les quantités de phosphore retenues par les différents types de sols ( $X$  en  $\text{mg P kg}^{-1}$  de sol) correspondent aux différences des concentrations en P des solutions initiales ( $C_{pi}$  en  $\text{mg L}^{-1}$ ) et après une semaine avec une agitation quotidienne de 2 heures ( $C_{pe}$  en  $\text{mg L}^{-1}$ ). On a déterminé les isothermes d'adsorption de phosphate des sols étudiés (Fig. 1).

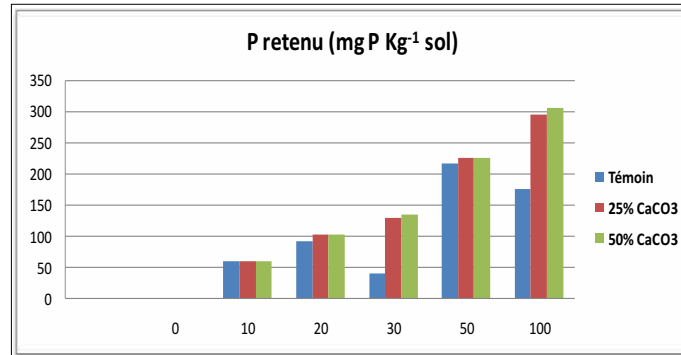
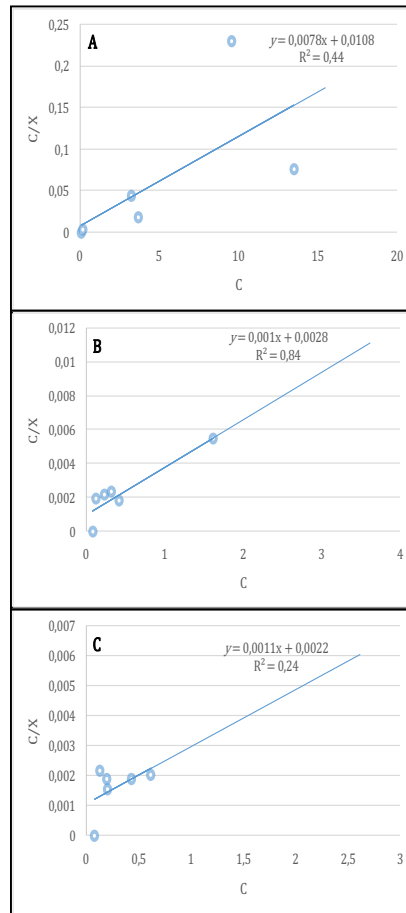


Figure 1. Rétention du phosphore par le sol.

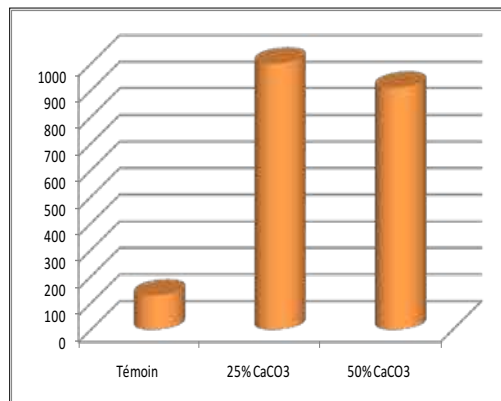
Les isothermes d'adsorption de phosphate de deux types de sols ont été réalisées le tracer des concentrations du phosphate à l'équilibre contre les quantités de phosphate adsorbé. D'après les données obtenues, la quantité du P retenu ainsi que la concentration du P dans la solution à l'équilibre ont été augmentés régulièrement avec l'accroissement de la dose du P qu'on a apportée. Les isothermes de rétention du P par les sols étudiés présentent un aspect hyperbolique, dont les quantités du P retenu augmentent avec la teneur des sols en  $\text{CaCO}_3$ . Cette tendance pourrait être expliquée par des réactions d'adsorption et de précipitation qui auront lieu suite à l'addition du calcaire aux sols. La rétention du P par les sols est dominée par le mécanisme d'adsorption pour les  $C_{pi}$  inférieures à  $10^{-3}$  M ( $31 \text{ mg P L}^{-1}$ ) et que pour des  $C_{pi}$  supérieures à cette valeur, il y a une précipitation [17]. L'affinité de rétention du P par les sols est très élevée pour les faibles  $C_{pi}$  dont plus de 90% de P en solution est retenu par les sols. En effet, la quantité du P restant en solution après l'équilibre a diminué sous l'effet du calcaire apporté. Cela signifie que les sols contenant plus de calcaire ont une grande affinité à retenir le phosphore apporté.

- **Modèle de Langmuir**

Quand les données de la sorption tracés dans l'isotherme d'adsorption de Langmuir en prenant  $C/X$  contre  $C$  (Fig. 2), a montré un bon ajustement. La pente des équations a été trouvée plus moins de 0,01. Les capacités maximales d'adsorption du P aux sols ont augmenté régulièrement avec la teneur des sols en calcaire total (Fig. 3).



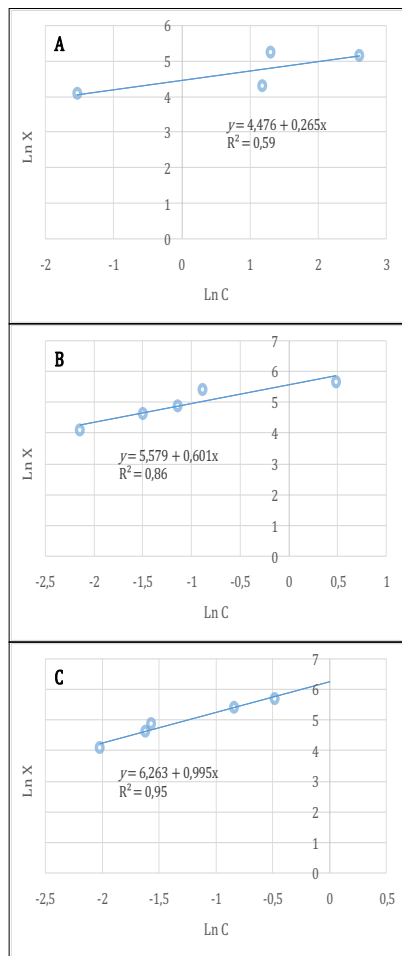
**Figure 2.** Isothermes de Langmuir pour le sol étudié. A, B et C représentent : Sol sans amendement calcique, sol avec 25% CaCO<sub>3</sub> et sol avec 50% CaCO<sub>3</sub>, respectivement.



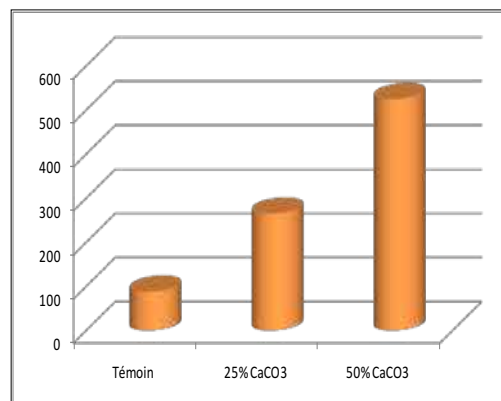
**Figure 3.** Capacité maximale d'adsorption.

- **Modèle de Freundlich**

Les tracés des isothermes d'adsorption du phosphore des sols étudiés sont présentés dans la figure 4.



**Figure 4.** Isothermes de Freundlich pour le sol étudié. A, B et C représentent : Sol sans amendement calcique, sol avec 25% CaCO<sub>3</sub> et sol avec 50% CaCO<sub>3</sub>, respectivement.



**Figure 5.** Capacité d'adsorption du phosphore par le sol.

Les capacités d'adsorption du P aux sols ont augmenté régulièrement avec l'accroissement de la teneur des sols en calcaire total, les valeurs obtenues oscillent entre 87 à 524 mg kg<sup>-1</sup> sol (Fig. 5). L'affinité de rétention du P par les sols a été proportionnelle aux teneurs des sols en CaCO<sub>3</sub>. Les valeurs obtenues varient de 0,265 à 0,995 L mg<sup>-1</sup>. La valeur la plus basse de la constante d'énergie de sorption était due à la nature alcaline du sol. Les valeurs de l'affinité

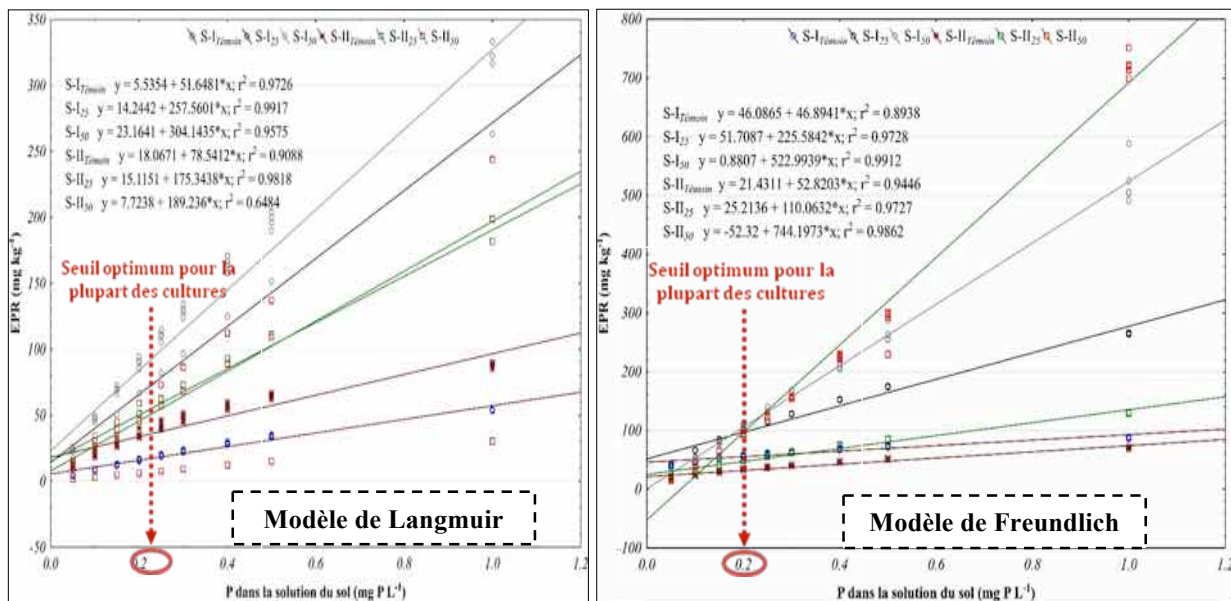


de rétention du P peuvent varier entre 0,92 et 4,39 L mg<sup>-1</sup> dans le sol alcalin et acide, respectivement [18]. L'adsorption de P dans les sols calcaires était liée à CaCO<sub>3</sub> [19,20]. Un bon ajustement de l'adsorption de P données pour le modèle d'adsorption de Freundlich, Langmuir et Tempkin [21]. Nos résultats rejoignent ceux obtenus par Hussain [22] qui ont déclaré que (a) valeur de l'isotherme de Freundlich est liée à la teneur en calcaire du sol, teneurs en argile et le pourcentage de saturation des sols. Sachant qu'une plus petite valeur de la capacité d'adsorption signifie des quantités plus élevées de phosphore biodisponible dans la solution du sol. Une augmentation dans l'adsorption de P avec l'augmentation des carbonates du sol et contribue à la précipitation des Ca-phosphate [23].

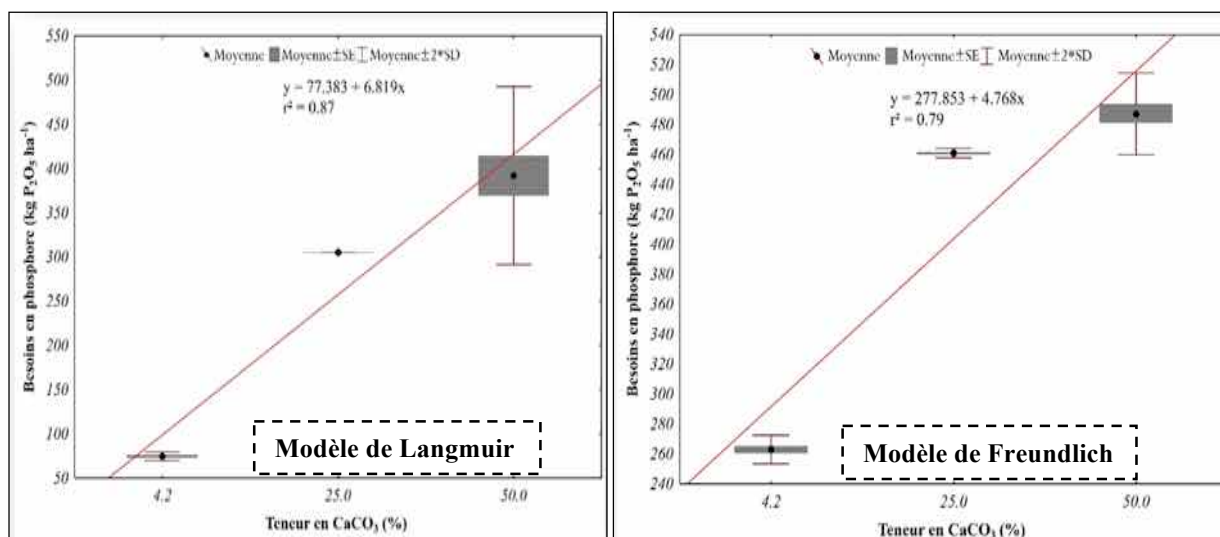
### 3.2. Exigences en phosphore des sols

L'évaluation de la capacité de fixation du phosphore représente un élément clé pour déterminer les besoins en engrais phosphatés dans les sols calcaires. Plusieurs études ont prouvé que, la quantité de P en équilibre avec 0,2 mg de P L<sup>-1</sup> (EPR<sub>0,2</sub>) a montré qu'est le seuil optimum pour le développement de la plupart des cultures. C'est pour cette raison on a opté pour l'estimation des exigences phosphoriques du sol (EPR) pour atteindre 0,2 mg de P L<sup>-1</sup> dans la solution du sol.

Après avoir déterminé la capacité de fixation du phosphore par les sols étudiés, les besoins externes en phosphore (EPR) du sol peuvent être calculés à partir de l'équation de Freundlich et celle de Langmuir (Fig. 6 et 7).



**Figure 6.** Exigences en phosphore des sols calculé à partir de la forme linéaire des isothermes de Freundlich et Langmuir afin d'établir une solution du sol avec 0,2 mg P L<sup>-1</sup>.



**Figure 7.** Apports recommandés en phosphore selon la teneur du sol en calcaire.

Il me semblait que dans le sol étudié, le CaCO<sub>3</sub> contrôle majoritairement la sorption de P ce qui affecte l'estimation des besoins phosphoriques du sol. Des relations entre le niveau souhaité du P dans la solution du sol et P requis (mg P kg<sup>-1</sup> de sol) sont présentées dans les Figures (6 et 7) à partir de lesquelles, les besoins externes en phosphore (EPR) du sol à n'importe quel niveau souhaité du P dans la solution du sol pourraient être calculés.

L'utilisation de l'isotherme de sorption de P, ce qui relie la concentration en P de la solution de sol avec la quantité de P adsorbée dans le sol, pour prévoir les besoins d'engrais P d'un sol spécifique est une meilleure approche plutôt que d'utiliser des analyses du sol. Mais en extrapolant les relations développées entre la teneur en calcaire des sols et la quantité d'engrais aux autres sols de texture similaires à besoin de confirmation. Si c'est vrai, alors il serait tout à fait une approche prometteuse, précise, avec un gain de temps pour prédire les besoins des sols en matière d'engrais phosphatés.

#### 4. CONCLUSION

Le carbonate de calcium est considéré parmi les principaux facteurs de l'indisponibilité de P aux plantes par des réactions d'adsorption et de précipitation. Afin de garantir une gestion durable de la fertilisation phosphatée de ces sols et pour gérer et économiser les apports en matière d'engrais phosphatés dans ces sols, seule la compréhension de la dynamique et des mécanismes d'approvisionnement en nutriments comme le phosphore dans ces sols à forte réactivité, permet d'appliquer le phosphore dans les manières les plus efficaces en complétant l'offre du sol en P dans des conditions économiquement rentables et respectueuses de l'environnement. L'application de l'isotherme d'adsorption du phosphore était efficace en déterminant les caractéristiques de l'adsorption de phosphore et les besoins en phosphore du sol.

#### RÉFÉRENCES

- [1] Ramaekers L., Remans R., Raoc I. M., Blair M., Vanderleydena J., 2010.- Strategies for improving phosphorus acquisition efficiency of crop plants. *Field Crops Research*, 117: 169-176.
- [2] Marschner H., 1995. - Mineral nutrition of higher plants; 2<sup>nd</sup> Ed. Academic press. London,

889p.

- [3] Hopkins B., Ellsworth J., 2005.- Phosphorus availability with alkaline/calcareous soil. Western Nutrient Management Conference. Vol. 6. Salt Lake City, UT.
- [4] HALITIM A., 1988.- Sol des régions arides d'Algérie. Ed. Office des Publications Universitaires., Alger, 384 p.
- [5] Mihoub A., Deraoui B. N., 2014.- Performance of Different Phosphorus Fertilizer Types on Wheat Grown in Calcareous Sandy Soil of El- Menia, Southern Algeria. *Asian Journal of Crop Science*, 6: 383-391.
- [6] Deraoui B. N., Halilat M. T., Mekliche A., 2011.- Effet d'un apport de phosphore sur une culture de blé tendre conduite en conditions irriguées. *Revue des Bioressources*, 1: 39-46.
- [7] Deraoui B. N., Hanifi-Mekliche L., Mekliche A., 2015a.- Effet de la nutrition phosphatée sur le rendement en grain et la concentration des grains en P,  $\text{mg}^{2+}$  et  $\text{K}^+$  du blé. *Revue des Bioressources*, 5: 10-17.
- [8] Deraoui B. N., Hanifi-Mekliche L., Mihoub A., 2015b.- Effect of incubation period of phosphorus fertilizer on some properties of sandy soil with low calcareous content, Southern Algeria. *Asian Journal of Agricultural Research*, 9: 123-131.
- [9] Deraoui B.N., Hanifi-Mekliche L., Mekliche A., Mihoub A., Daddi Bouhoun M., 2015c.- Effect of phosphorus application on durum wheat in alkaline sandy soil in arid condition of southern Algeria. *Asian Journal of Crop Science*, 7: 61-71.
- [10] Mihoub A., Daddi Bouhoun M., Saker M. L., 2016a.- Phosphorus adsorption isotherm: A key aspect for effective use and environmentally friendly management of phosphorus fertilizers in calcareous soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47: 1920-1929.
- [11] Mihoub A., Daddi Bouhoun M., Asif N., Saker M. L., 2016b.- Low-molecular weight organic acids improve plant availability of phosphorus in different textured calcareous soils, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63: 1023-1034.
- [12] Djili K., Daoud Y., Ayache N., 1999.- Analyse de la distribution verticale et spatiale du calcaire dans les sols de l'Algérie septentrionale. *Etudes et gestion des sols*, 6: 201-213.
- [13] Beckwith R. S., 1965.- Sorbed phosphate at standard supernatant concentration as an estimate of the phosphate needs of soils, *Australian journal of experimental agriculture and animal husbandry*, 5: 52-58.
- [14] Iyamuremye F., Dick R. P., Baham J., 1996.- Organic amendments and phosphorus dynamics: II. Distribution of soil phosphorus fractions. *Soil Science*, 161: 436-443.
- [15] Nziguheba G., Palm C. A., Buresh R. J., Smithson P.A.- 1998. Soil phosphorus fractions and adsorption as affected by organic and inorganic sources. *Plant and Soil*, 198: 159-168.
- [16] Dodor D. E., Oya K., 2000.- Phosphate sorption characteristics of major soils in Okinawa, Japan; *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31: 277-288.
- [17] Holfford I. C. R., Mattingly G. E. G. 1975.- The high and low energy phosphate adsorbing surfaces in calcareous soils. *Journal of Soil Science*, 26: 407-417.
- [18] Olsen S. R., Watanabe F. S. 1957.- A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. *Soil Science Society of America Journal*, 21: 144-418.
- [19] Samadi A., Gilkes R. J., 1999.- Phosphorus transformations and their relationships with calcareous soil properties of southern Western Australia. *Soil Science Society of America Journal*, 63: 809-815.
- [20] Samadi A., 2001. - Changes in added available phosphorus with time in contrasting calcareous soils with a Mediterranean type of climate, in *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Meeting on Soils with a Mediterranean Type of Climate*, Bari, Italy.
- [21] Khan M. A., Kim S. W, Rao R. A. K., 2010.- Adsorption studies of Dichloromethane on

some commercially available GACs: effect of kinetics, thermodynamics and competitive ions. *Journal of Hazardous Materials*, 178: 963-972.

[22] Hussain A., Abdul Ghafoor., Anwar-Ul-Haq M., Nawaz M., 2003.- Application of the Langmuir and Freundlich Equations for P Adsorption Phenomenon in Saline-Sodic Soils. *International journal of agriculture & biology*, 5: 1560-8530.

[24] Castro B., Torrent J., 1994.- Phosphate availability in calcareous Vertisols and Inceptisols in relation to fertilizer type and soil properties. *Fertilizer Research*, 40: 109-119.

# ETUDES DES CONTRAINTES HYDRO-HALOMORPHES DES SOLS D'UNE PALMERAIE DE LA CUVETTE DE OUARGLA (CAS DE L'EXPLOITATION AGRICOLE DE L'UNIVERSITE)

**REZAGUI D.<sup>1,2</sup>, DADDI BOUHOUN M.<sup>2</sup>, BOUTOUTAOU D.<sup>1</sup>, BELABBES A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Univ Ouargla, Laboratoire d'Exploitation et de Valorisation des Ressources Naturelles en Zones Arides. B.P. 511, Ouargla 30000, Algérie.

<sup>2</sup>Univ Ouargla, Laboratoire de protection des écosystèmes dans les zones arides et semi arides. B.P. 511 Ouargla 30 000, Algérie  
[rezagui\\_djihed19@yahoo.fr](mailto:rezagui_djihed19@yahoo.fr)

**Résumé :** Les sols sahariens sont les plus souvent confrontés à des problèmes de mise en valeur, compte-tenu des contraintes hydro-édaphiques, principalement de type hydrique de nappe phréatique, mécanique de croûtes gypso-calcaires et salines des eaux d'irrigation et de la remontée capillaire des eaux phréatiques. Notre travail consiste à faire une caractérisation des sols d'une palmeraie de Ouargla, pour étudier les contraintes hydro-halomorphes. Les résultats montrent que les eaux d'irrigation sont de nappe Sénonienne de salinités élevées de 3,58. La conduite de l'irrigation est traditionnelle aléatoire de type submersion. La palmeraie présente un mauvais drainage avec un niveau de nappe phréatique de 156,67±15,71 cm et une salinité de 16,56±5,17 dS.m<sup>-1</sup>. Les drains sont de type à ciel ouvert et leurs entretiens n'est pas régulé, présentant des mauvaises herbes. Cette situation de gestion d'irrigation-drainage favorise la remontée des eaux phréatiques et l'engorgement des sols en eaux. L'étude des profils des sols montrent l'existence d'obstacle mécanique de croûtes gypso-calcaire qui limite l'enracinement des palmiers dattiers ainsi que le lessivage des sels. La salinité des sols est excessive dans les profils, de 8,98 ± 4,58 dS.m<sup>-1</sup>. Cette accumulation de sels est due à la dynamique ascendante et descendante des sels respectivement sous l'effet de la remontée de la nappe phréatique et du lessivage par irrigation. La salinisation, la remontée des nappes phréatiques et la présence de croûtes gypso-calcaires enregistrées à Ouargla témoigne d'une dégradation hydro-halomorphe et mécanique des sols qui constituent des contraintes majeurs dans la gestion de l'irrigation-drainage et le développement agricole durable des palmeraies de la cuvette de Ouargla. Des aménagements hydro-agricoles sont nécessaires dans l'oasis pour améliorer les propriétés hydro-mécaniques des sols et réduire ainsi leur dégradation.

**Mots clés :** Contraintes, hydro-halomorphes, sol, palmeraie, Ouargla.

## دراسة العوائق المائية- الملحية لتربة بستان نخيل حوض ورقلة (حالة المستثمرة الفلاحية للجامعة)

**ملخص :** الأراضي الصحراوية هي الأكثر عرضة لمشاكل إعادة التهيئة، و هذا لوجود عوائق كثيرة من بينها العوائق المتعلقة بالتربة و الماء، و بالأخص صعود الطبقة المائية المالحة وتواجد الطبقة القشرية الجبسية غير النفوذة ومشكل ملوحة مياه السقي. عملنا يتمثل في دراسة خصائص التربة في مستثمرة فلاحية بورقلة لمعرفة كل العوائق المتعلقة بالملوحة. النتائج أكدت أن مياه السقي هي مياه جوفية من طبقتي سينونيان وميوليوسان تتميز بملوحة عالية و التي تصل إلى 2.83 و 5.10 dS.m<sup>-1</sup>. بالنسبة لطريقة السقي فهي تقليدية و عشوائية. يوجد بالمستثمرة خنادق لصرف مياه السقي و هي في حالة سيئة بحيث يصل متوسط عمق طبقة المياه الجوفية المالحة إلى 156.67 ± 15.71 سم بدرجة ملوحة 16.56 ± 5.17 dS.m<sup>-1</sup>. المصارف من النوع المفتوح وصيانتها ليست منتظمة، بحيث تحتوي على الكثير من الأعشاب الضارة. وضعية تسبير السقي و الصرف زادت من صعود مياه الطبقة الجوفية وانسداد التربة بالماء. وتظهر دراسة مقاطع من التربة وجود عقبة ميكانيكية من القشرة الجبسية- الكلسية التي تحد من تأصيل نخيل التمر وكذلك من غسل التربة من الأملاح. ملوحة التربة عالية جدا 8.98 ± 4.58 dS.m<sup>-1</sup>. ويرجع هذا التراكم في الأملاح إلى حركة صعودها و نزولها تحت تأثير ارتفاع منسوب المياه الجوفية و غسل التربة عن طريق السقي. التملح، ارتفاع منسوب المياه الجوفية ووجود القشرة الجبسية المسجلة في ورقلة أعربت عن تدهور حالة التربة و هي تعتبر من العوائق الرئيسية في تسبير السقي و المصارف و التنمية الزراعية المستدامة لواحات النخيل بورقلة. تهيئة السقي و الزراعة في الواحة ضرورية لتحسين الخصائص الميكانيكية و المائية للتربة و تحد من تدهورها.

**كلمات دالة :** عوائق، مائية-مالحة، تربة، بستان النخيل، ورقلة.

## 1. INTRODUCTION

Une grande partie des sols irrigués actuellement dans le monde sont affectés par la salinité à des degrés variables. La salinisation est la conséquence de divers processus complexe de redistribution de sel. Cela dépend des conditions naturels, des pratiques culturelles et du mode de gestion de l'irrigation-drainage [27]. La salinisation est l'un des

aspects de la dégradation des sols dans le monde [21]. L'excès d'eau est un problème qui contribue à la dégradation des sols. Il est produit par la gestion de l'irrigation, la nature des sols et la remontée des eaux phréatiques [23]. Le mauvais drainage des eaux conduit à la dégradation édaphique des agro-systèmes et limite les rendements et l'enracinement [17].

Les oasis du Sahara algérien souffrent de problèmes de gestion de ces ressources naturelles et hydriques qui entravent leur développement [22, 11, 15, 24, 26]. Parmi ces problèmes nous notons l'excédent hydrique et la salinisation des sols, observé à Ouargla, Oued Souf et Oued Righ, qui peuvent conduire à la désertification de l'environnement oasien [10, 25, 7].

L'étude des conditions hydro-édaphiques dans la cuvette de Ouargla montrent un pédo-paysage à prédominance de sols salins, gypso-calcaire liée à la gestion de la nappe phréatique et de l'irrigation-drainage [14, 3]. Le manque d'exutoire et les rejets en eaux de drainage et usées favorise la remontée des eaux phréatiques dans les palmeraies. Ces dernières ont subi une dégradation par salinisation et engorgement qui se traduit au début par des problèmes de croissance racinaire [4], de chute des rendements [5] et aboutissant à la fin au dépérissement des palmiers dattiers [8]. En outre, il est constaté que la remontée des eaux phréatiques a produit des problèmes d'insalubrité et de santé et enfin la destruction de bâtiments et d'ouvrages d'art [19]. Notre recherche consiste à étudier les caractéristiques des sols agricoles de la cuvette de Ouargla afin de déterminer le niveau des contraintes hydro-salines subis par les palmiers dattiers en palmeraie entretenu.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

La cuvette de Ouargla est située au Nord Est du Sahara algérien (Fig. 1). Elle présente une topographie favorable à la stagnation des eaux [18]. Le paysage pédologique de la cuvette est dominé principalement par le caractère salin. La manifestation saline la plus visible est celle de la sebkha. Les sols irrigués de la palmeraie sont le plus souvent très salés [16]. Les données piézométriques recueillis de la nappe phréatique montrent une variation de niveau passant de 2 m jusqu'à l'affleurement au centre de la cuvette de Ouargla où le niveau des eaux est monté d'environ 50 cm entre 1959 et 1996 [20, 15].

### 2.2. Site d'étude

Nous avons choisi l'exploitation de l'université de Ouargla pour effectuer cette étude parce que c'est une exploitation phoenicicole organisée, située au fond de la cuvette de Ouargla. Nous avons réalisé notre étude dans le demi-secteur A1, et le demi-secteur C1 de l'exploitation (Fig. 2).

L'exploitation a été créée en 1957 par le service colonial pour la mise en valeur. Elle est située à Mékhadma, six kilomètres au sud Ouest de la ville de Ouargla, à une altitude comprise entre 132,5 et 134 m, une latitude de 31°56' Nord et une longitude de 5°17' Est. (Fig. 2). L'exploitation couvre une superficie de 36 hectares, divisée en huit secteurs A, B, C, D, E, F, G et H. Seul les secteurs A, B, C et D sont aménagés et exploités, et chacun d'eux est divisé en deux demi-secteurs. Ils sont cultivés de palmier dattier avec un effectif de 1270 palmiers. La nappe phréatique est de profondeurs variables, pouvant atteindre 0,7 m de profondeur. L'irrigation de l'exploitation est assurée par deux forages du complexe terminal, chargée en sels, de type Sénonien et Miopliocène, avec un débit compris entre 0,98 et 1,2 l.s<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>. Le réseau d'irrigation est formé de conduite enterrée avec trois à quatre vannes par secteur. Le réseau de drainage est constitué de sous-drains à ciel ouvert tous les 100 m, débouchant sur un collecteur principal, qui évacue les eaux de drainage vers le chott de Mékhadma. L'ensemble des drains sont mal entretenus, ensablés et envahis principalement par les phragmites [9]. Les sols sont sableux à limono-sableux, salés, légèrement basiques et

pauvres en matière organique, avec des croûtes compactes et encroûtements gypseux. Ils sont classés comme solonchaks gypsiques [10].

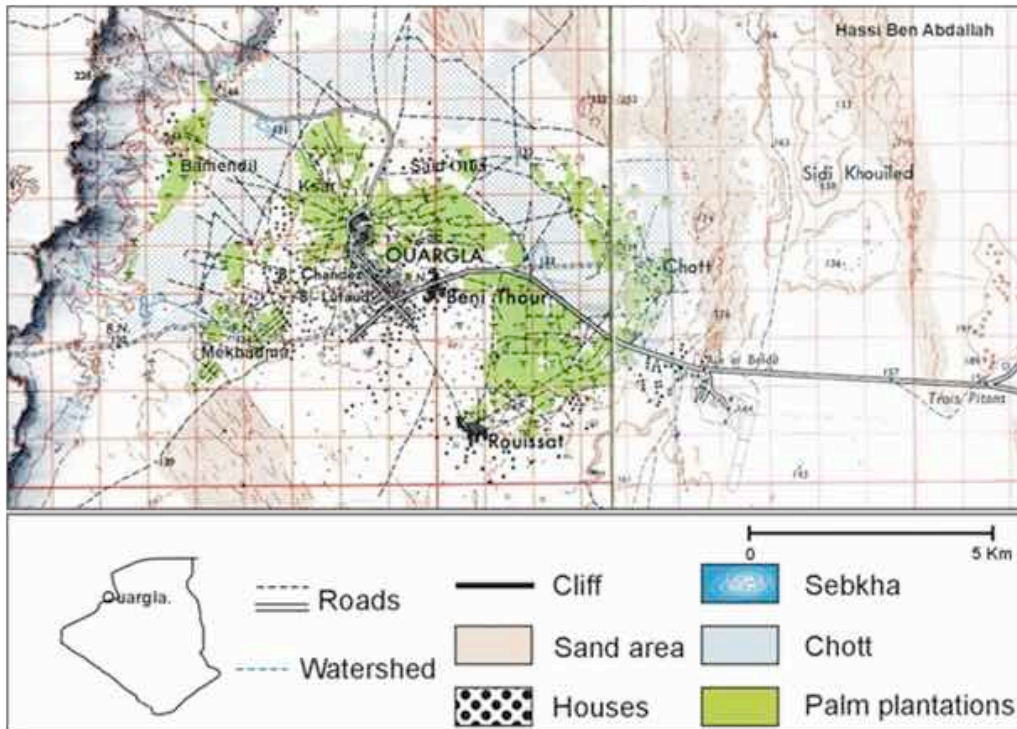


Figure 1. L'environnement du bassin de Ouargla [4]

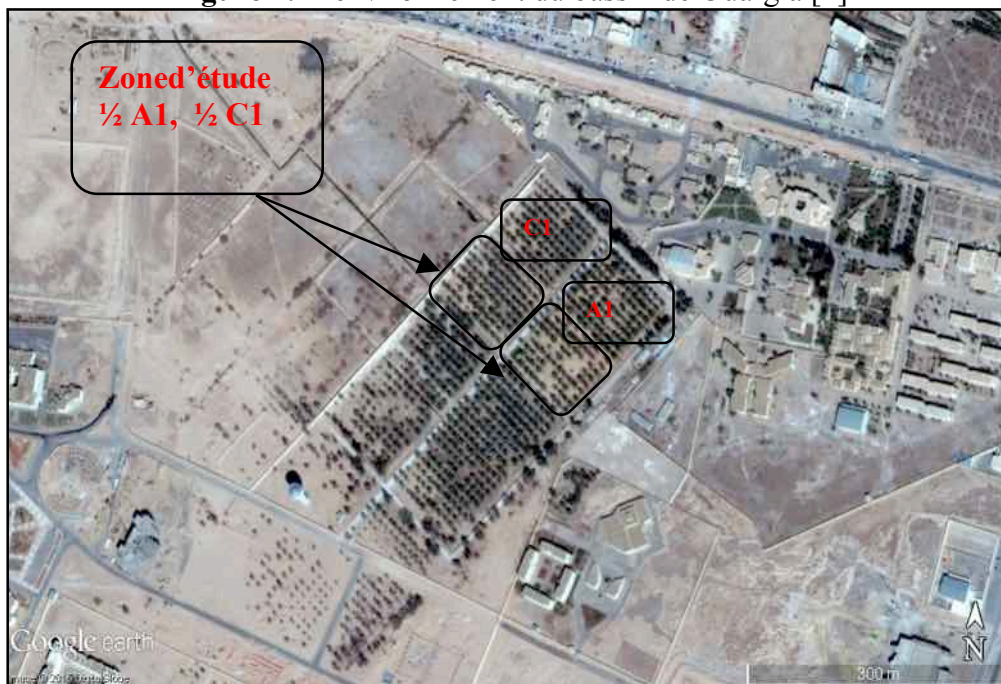


Figure 2. Vue satellitaire de l'exploitation de l'université de Ouargla [13]

## 2.2. Approche méthodologique

Notre approche méthodologique consiste à apprécier le niveau des contraintes hydro-salines dans les profils des sols du demi secteur A1 et C1. Nous avons étudié les caractéristiques morpho-analytiques de six profils culturaux, trois dans chaque demi secteur, de 1,5 m de profondeur. A l'intérieur des profils nous avons effectué un sondage à la tarière pour atteindre la nappe phréatique si elle dépasse la profondeur des profils. L'étude de la

nappe nous permet d'apprécier le niveau de la contrainte hydro-saline de celle-ci.

### 2.2.1. Caractéristiques morphologiques

L'étude morphologique consiste à faire une description des profils, pour déterminer le nombre et la profondeur des horizons, et apprécier leurs caractéristiques physiques et chimiques. On détermine particulièrement la couleur par la charte de Munsell, la texture, la structure, les éléments grossiers, la compaction, la cimentation, la matière organique, le gypse et le calcaire, par l'observation, le toucher et par le test d'effervescence à l'HCl. Nous avons déterminé dans les profils, le niveau des croûtes gypso-calcaire et des nappes phréatiques par sonde électrique. Ces paramètres ont été choisis en fonction de leur importance dans la description morphologique des sols et l'évaluation de leurs qualités selon certains manuels ([2] ; [12]; [28]). L'étude des profils en zones de nappes superficielles a nécessité l'extraction manuelle des eaux phréatiques pour effectuer la description morphologique et le prélèvement des échantillons de sols.

### 2.2.2. Caractéristiques analytiques

L'étude analytique des sols consiste à prélever des échantillons au niveau des horizons et les sécher à l'air libre et enfin les tamiser à 2 mm. Elle a pour but d'apprécier l'état d'humidité, de salinité, d'alcalinité et de richesse en matière organique. Les analyses effectuées sont le taux d'humidité à l'étuve, la conductivité électrique à 25°C d'extrait sol:eau de 1:5 ( $CE_{e1:5}$ ) par le conductivimètre, le  $pH_{e1:5}$  par le pH-mètre, le calcaire total par le calcimètre de Bernard, le gypse par l'extraction des sulfates et la matière organique [1]. Nous avons aussi mesuré le niveau de salinité des eaux phréatiques à 25°C ( $CE_n$ ) par le conductimètre.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

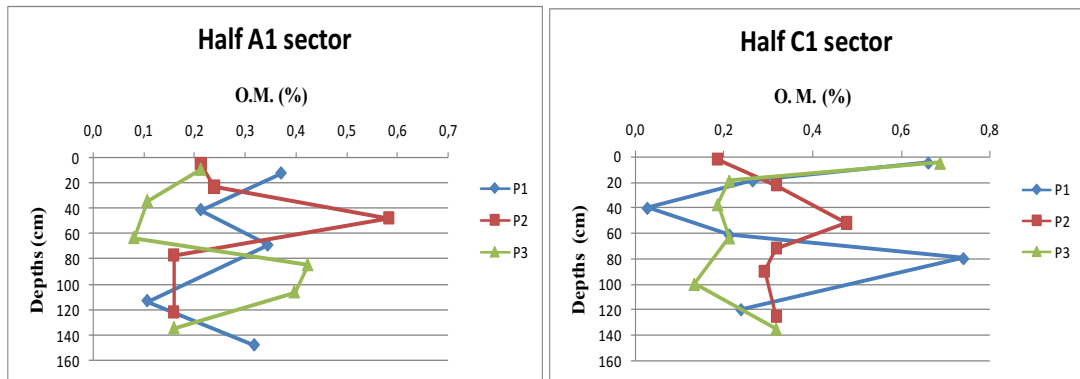
L'étude des profils de sols dans les demi-secteurs A1 et C1, montrent des caractéristiques morphologiques distinctes. Les paramètres mesurés laissent apparaître des différences en humidité,  $pH_{e1:5}$ ,  $C.E._{e1:5}$ ,  $CaCO_3$ ,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , matières organiques, profondeurs des croûtes et profondeurs des nappes phréatiques (Fig. 1 et 2). L'étude nous a permis de décrire et de déterminer les types de contraintes posés dans les sols de palmeraies.

### 3.1. Description des profils

L'étude morpho-analytique montrent que les profils des sols dans le demi-secteur A1 et C1 sont hétérogène, présentant de cinq à six horizons, de caractéristiques distinctes en couleurs, structures, textures, compacités, cimentations et matières organiques. Les horizons ont une couleur rouge jaunâtre (yellow red), de textures légères sableuses à sablo-limoneuses, de structures particulière à massive, limitant l'enracinement des palmiers dattiers. Ils présentent des formes d'accumulations gypso-calcaire de compacités, de cimentations et de formes variables de cristaux, amas, encroûtements et croûtes d'origine de nappes phréatiques.

Les profils sont pauvres en matière organique, des teneurs comprises entre 0,02 et 0,68 %. Celle-ci ne favorise pas l'agrégation, la rétention de l'eau et la nutrition des plantes en palmeraie (Fig. 3).





**Figure 3.** Teneurs de matières organiques dans les profils

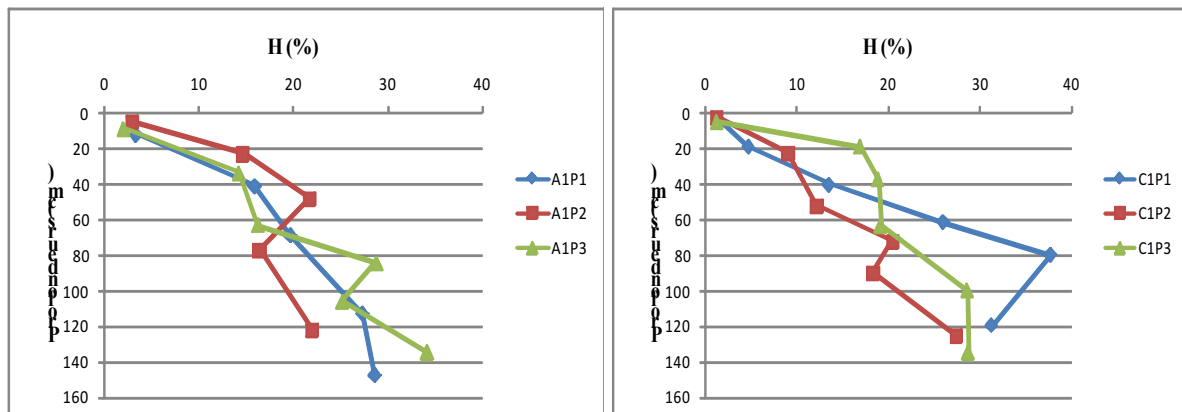
### 3.2. Contraintes hydro-salines

L'étude morpho-analytique des profils montre des contraintes hydriques et salines variables.

#### 3.2.1. Contraintes hydriques

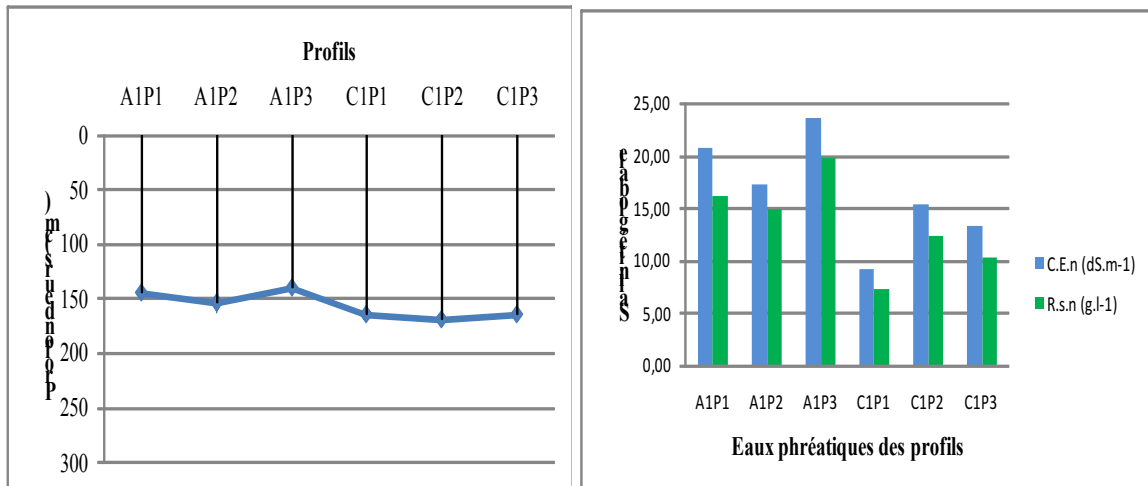
Les eaux d'irrigation sont de nappe Sénonien de salinités élevées de  $3,58 \text{ dS.m}^{-1}$ . Selon l'échelle DURAND (1958), les eaux sont très fortement salées de classe C4. le  $\text{pH}_i$  des eaux est alcalin de 7,78. Le résidu sec  $\text{R.s.}_i$  est de  $2,37 \text{ g.l}^{-1}$ . Il exprime une classe d'eau fortement salé.

Les contraintes hydriques dans les sols sont liées à l'humidité et l'obstacle hydrique de nappes phréatiques dans les profils. Les teneurs en eau varient dans les profils, comprises entre 1,24 % et 37,8 % (Fig. 4). Celles-ci augmentent en se rapprochant du niveau des eaux phréatiques.



**Figure 4.** Profils hydriques en palmeraie

La profondeur de la nappe phréatique varie dans la palmeraie, comprise entre 140 et 170. Les conductivités électriques  $\text{C.E}_n$  des eaux phréatiques montrent que ces eaux «excessivement salées» varient en fonction des secteurs. La  $\text{C.E}_n$  oscille entre 9,19 et  $23,50 \text{ dS.m}^{-1}$ . Le résidu sec  $\text{R.s.}_n$  est entre 7,31 et  $19,8 \text{ g.l}^{-1}$ .



**Figure 5.** Niveaux et salinités des eaux phréatiques

Nous avons remarqué une stagnation des eaux au niveau des drains du demi-secteur A1, signe d'une faible évacuation des eaux vers l'extérieur de l'exploitation. Les travaux de réalisation des murs de soutien des drains ont gêné l'évacuation des eaux et les drains sont mal entretenus, envahie de phragmites et de sables (Photo 1). Le système de drainage actuel fonctionne donc mal. Cela peut créer des conditions d'hydro-halomorphie qui limite le développement racinaire et les rendements [6] ; [8].



**Photo 1.** Etat du réseau de drainage à l'exploitation

### 2.2.2. Contraintes salines

Les contraintes salines dans les sols sont liées aux teneurs des sels peu solubles et solubles dans les profils ainsi que leurs impacts mécaniques et alcalins. Les sols présentent des formes d'accumulation en sels peu solubles gypso-calcaires de densité et de formes variables où les croûtes constituent des obstacles mécaniques pour l'enracinement des cultures, notamment les palmiers dattiers [4]. Le niveau des obstacles mécaniques de croûtes gypseuses oscille dans le secteur A1 de 69 à 84,5 cm et dans le secteur C1 de 80 à 90 cm. Aussi, la salinité des croûtes varie de 2,85 à 7,39 dS.m<sup>-1</sup> dans le secteur A1 et de 7,57 à 10,1 dS.m<sup>-1</sup> dans le secteur (Fig. 6).

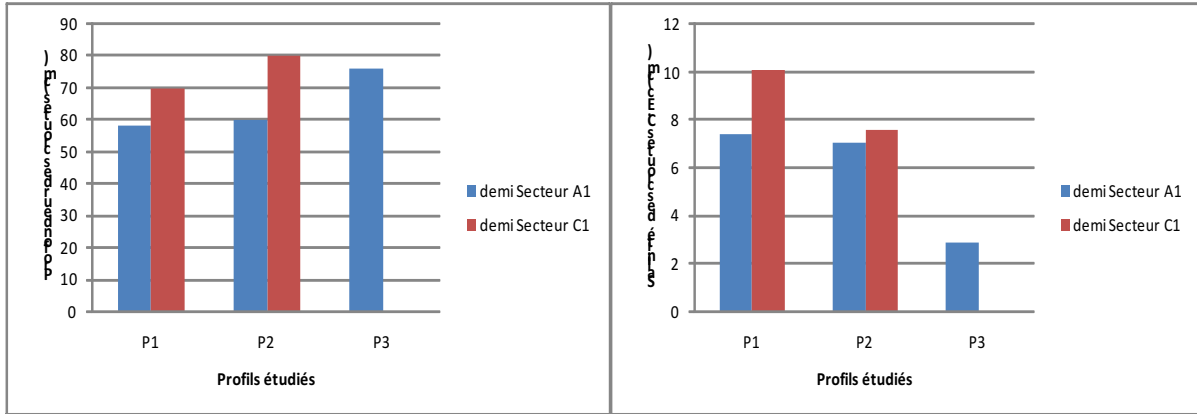


Figure 6. Niveaux et salinités des croûtes gypseuses

Les teneurs en calcaire sont faibles à moyens et celles du gypse sont faibles à élevés. Les teneurs en gypse et en calcaire varient respectivement de 18,42 à 86,59 % et de 0,22 à 5,42 % (Fig. 7 et 8).

L'accumulation des sels solubles et leurs effets d'alcalinité sont variables dans les profils. Les sols sont très salés à extrêmement salés, et neutres à alcalins. La C.E. <sub>e1:5</sub> et le pH<sub>e1:5</sub> varient respectivement de 3,42 à 19,1 dS.m<sup>-1</sup> et de 7,23 à 7,9 (Fig. 9 et 10).

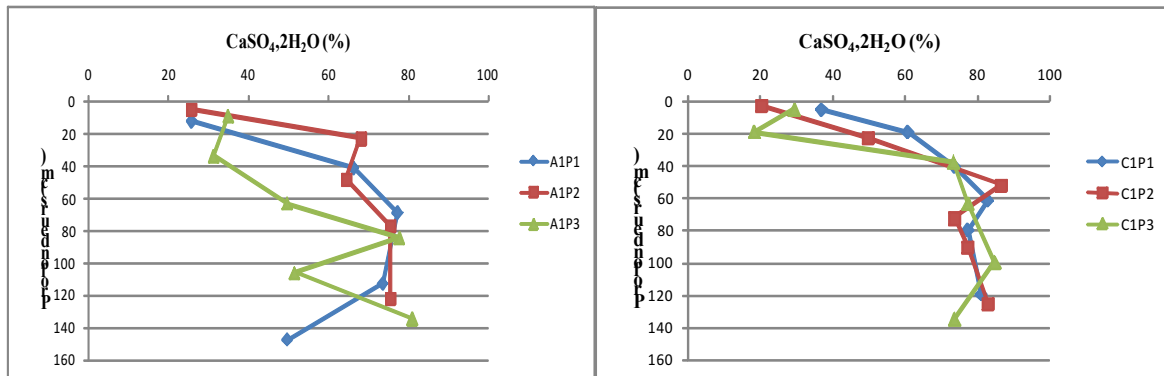


Figure 7. Distribution du gypse dans les profils des sols

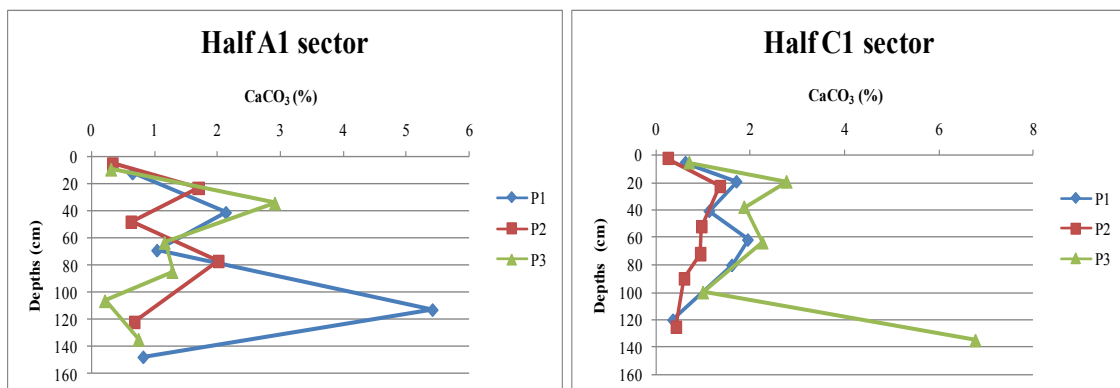


Figure 8. Distribution du calcaire dans les profils des sols

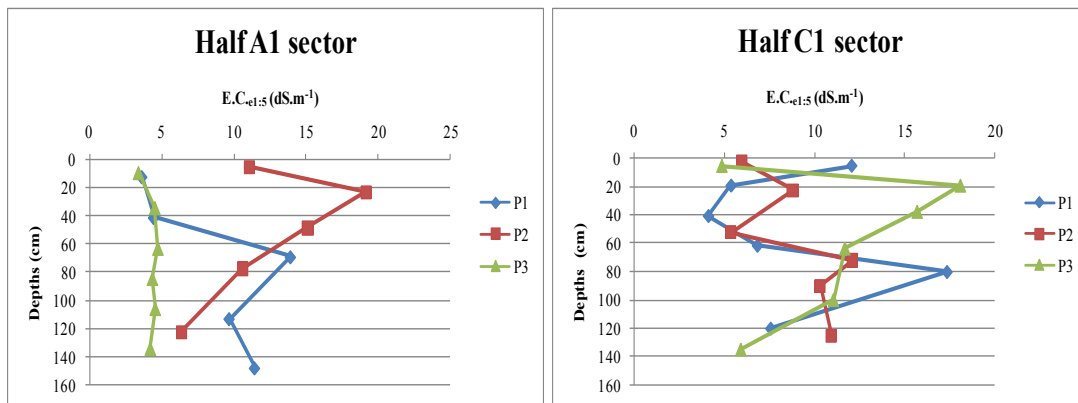


Figure 9. Profils salins en palmeraie

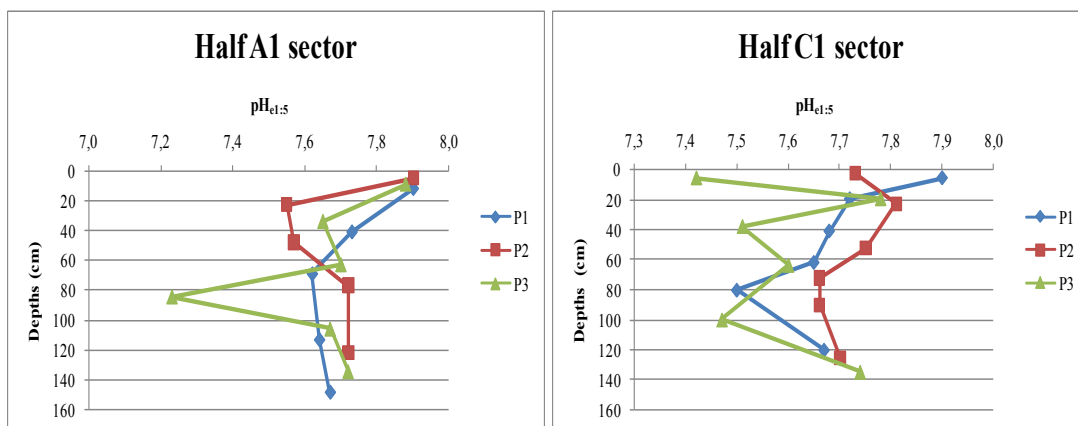


Figure 10. Profils de pH en palmeraie

Les eaux d'irrigation et la remontée des nappes phréatiques favorisent l'accumulation des sels en palmeraie et leurs dynamiques par lixiviation et remontée capillaire [10].

#### 4. Conclusion

L'étude des caractéristiques hydro-édaphique dans une palmeraie de la cuvette de Ouargla montre l'existence de plusieurs contraintes de types hydrique, salines et mécaniques. La gestion des eaux d'irrigation et la remontée des eaux phréatiques par le drainage défectueux a produit l'engorgement, la formation des croûtes gypseuses et la salinisation des sols. Ces symptômes de dégradation hydro-salin et mécanique peuvent avoir des conséquences graves sur la phoeniciculture et la pérennité des oasis. Il est primordiale d'évaluer la répartition spatiale des contraintes dans les autres palmeraies de Ouargla et d'améliorer le pilotage de l'irrigation-drainage afin d'assurer un développement durable pour la phoeniciculture au Sahara.

#### REFERENCES

- [1] Aubert G (1978) Méthodes d'analyses des sols. Cent. Nat. Doc. Pédag., Marseille, 191 p.
- [2] Baize D, Jabiol B (1995) Guide de description des sols. Ed. AFES-INRA, Paris, 388 p.
- [3] Daddi Bouhoun M, Brinis L, Saker ML, Ould El Hadj MD, Côte M et Rabier J (2008) Impact du drainage sur la dégradation des sols et des palmeraies : cas de l'oasis de Ouargla (Sud Est Algérien). Bulletin du GFHN, Vol. 54 : 193-194.
- [4] Daddi Bouhoun M, Brinis L, Saker ML, Côte 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*, Vol. 35: 41-48.
- [5] Daddi Bouhoun M, Marlet S, Brinis L, Saker ML, Rabier J et Côte M (2011b) A survey of the combined effects of waterlogging and salinity on fruit yield in the date palm groves of the Wargla basin, Algeria. *Fruits*, Vol. 66 (1): 11-24.
- [6] Daddi Bouhoun M, Saker ML., Boutoutaou D, Brinis L, Kemassi A, et Ould El Hadj MD (2012b) Impact des eaux phréatiques sur la salinité et le rendement du palmier dattier à Ouargla. *Algerian journal of arid environment*, vol. 2, n° 2 : 71-77.
- [7] Daddi Bouhoun M, Saker M.L, Hacini M, Boutoutaou D and Ould El Hadj MD (2013a) The soil degradation in the Ouargla basin: a step towards the desertification of the palm plantations (north East Sahara Algeria). *International Journal of the Environment and Water*. Vol. 2, Issue 1: 93-98.
- [8] Daddi Bouhoun M, Saker ML, Ould El Hadj MD, Brinis L (2013b) Impact of hydro-edaphic stress on rooting and productivity of 'Deglet Noor' date palm of the Ouargla basin (Northern Algerian Sahara). *Acta Horticulturae (ISHS) 994* : 93-97.
- [9] Daddi Bouhoun M., 2010.- Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (Sud Est algérien). Thèse Doc., Univ. BADJI Mokhtar, Annaba, 365 p.
- [10] Daoud Y, Halitim A (1994). Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse*, 5, 151-160.
- [11] Dubost D (1992). Aridité, agriculture et développement: cas des oasis algérienne. *Sécheresse*, 3, 85-96.
- [12] Edmonds WJ, Thomas PJ, Simpson TW, Baker JC (1998) Land judging and soil evaluation. Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, 26 p.
- [13] Google (2018) Localisation de la station d'épuration et de son périmètre agricole Image satellitaire de Google digital Globe.
- [14] Hamdi-Aïssa B, Fedoroff N, Valles V (1999) Salts and gypsum dynamics under an hyper-arid mediterranean climate. In : 6th International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate. (ed. Bech, J.), pp. 541-543, IUSS and Univ. Barcelona, Barcelona.
- [15] Hamdi-Aïssa B, Halilat MT, Daddi Bouhoun M (2001) Gestion de l'eau pour une agriculture durable au Sahara algérien. Séminaire international sur l'éco-développement durable en zones arides et semi-arides (ECODEV), Centre Universitaire de Ouargla, CRSTRA, EUR-OPA et Euro-Méditerranée, Ghardaïa du 6 au 8 février : 328-332.
- [16] Hamdi-Aïssa B, Valles V, Aventurier A, Ribolzi O (2004) Soils and Brine Geochemistry and Mineralogy of Hyperarid Desert Playa, Ouargla Basin, Algerian Sahara. *Arid Land Research and Management*, 18: 103-126.
- [17] Hatton TJ, Nulsen RA (1999) Towards achieving functional ecosystem mimicry with respect to water cycling in southern Australian agriculture. *Agrofor. Syst.* 45: 203-214.
- [18] Idder T (2007) Le problème des excédents hydriques à Ouargla : situation actuelle et perspectives d'amélioration. *Sécheresse* vol. 18(3): 161-167.
- [19] 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 remédiation proposées. L'exemple de Ouargla. Thèse Doct., Université d'Angers, 284 p.
- [20] Lelièvre RF (1969) Assenissement de la cuvette de Ouargla. Ministère des Travaux Publics et de la Construction, rapports Geohydraulique n°2, 18 p ; n° 3, 84 p.
- [21] McWilliam JR (1986) The national and international importance of drought and salinity effects on agricultural production. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13 : 1-13.
- [22] Nesson C (1978) L'évolution des ressources hydrauliques dans les oasis du Bas-Sahara algérien. In : Recherche sur l'Algérie. (ed. CNRS), pp 7-100, Paris.
- [23] Robert M, Cheverry C (1996) Les ressources mondiales en eau et en sols : une limitation pour l'avenir. *Cah. Agr.*, 5 : 243-248.

- [24] Saker ML, Daddi Bouhoun M (2007) La phoeniculture algérienne, situation actuelle, problèmes posés et perspectives de développement. *Annales de la faculté des sciences et sciences de l'ingénieur*, Vol. 1, N° 2 : 51-57.
- [25] Saker ML (2000) Les contraintes du patrimoine phoenicole de la région de l'Oued Righ et leurs conséquences sur la dégradation des palmeraies. *Problèmes posés et perspectives de développement*. Thèse de Doct., Université Louis Pasteur, Strasbourg, 335 p.
- [26] Saker ML, Daddi Bouhoun M, Boutoutaou D, Hacini M and Ould El Hadj MD (2013) Algerian palm grooves: Facts and prospects of development. *International Journal of the Environment and Water*. Vol. 2, Issue 1: 173-179.
- [27] Smedema LK, Shiati K (2002) Irrigation and salinity: a perspective review of the salinity hazards of irrigation development in the arid zone, *Irrig. Drain. Syst.* 16 (2002) 161–174.
- [28] U.S.D.A (1999) Soil quality. Test kit guide. U.S. Dept. of Agriculture, Washington, 82 p.

# ETAT EDAPHIQUE DE L'ANCIENNE PALMERAIE DU KSAR DE OUARGLA

**SIBOUKEUR A., DADDI BOUHOUN M., MEISSA B., KOUZRIT D.**

*Université KasdiMerbah Ouargla, Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides, Ouargla, Algérie*  
[siboukeur.abd@gmail.com](mailto:siboukeur.abd@gmail.com)

**Résumé :** La dégradation édaphique des sols oasiens est un sérieux problème environnemental et économique. En effet, ce problème est l'une des principales contraintes ayant conduit à des pertes considérables en sols arables. L'étude a été menée dans la vieille palmeraie du Ksar de la cuvette de Ouargla. L'objectif assigné à ce travail, consiste à estimer l'état de dégradation de cet écosystème, en s'appuyant sur une approche analytique et un suivi de l'état édaphique de la palmeraie sur deux campagnes d'échantillonnage (2015-2016). Des mesures de la salinité du sol à trois profondeurs différentes : 0-40 cm, 40-80 cm et 80-120 cm ont été réalisées sur 97 points pour la première campagne et sur 89 points pour la deuxième en utilisant la méthode d'échantillonnage systématique aléatoire. Cette approche méthodologique nous a permis de constater que la salinité du sol au niveau de la couche superficielle est variable d'un point à un autre. Elle est également plus élevée par rapport aux couches, moyenne et profonde. En effet, seuls 7,22 % (campagne 2015) et 6 % (campagne 2016) des sols présentent une salinité inférieure au seuil critique de tolérance du palmier dattier.

**Mots clés :** Dégradation, Salinité, Sol, Palmeraie, Ksar, Ouargla

## حالة تربة البساتين القديمة لنخيل التمر بالقصر ورقلة

**ملخص :** يشكل تدهور تربة الواحات مشكلة بيئية واقتصادية خطيرة. والواقع أن هذه المشكلة هي أحد القيود الرئيسية التي أدت إلى خسائر كبيرة في التربة الصالحة للزراعة. أجريت الدراسة في بستان النخيل القديم في القصر بحوض ورقلة. الهدف من هذا العمل هو تقدير حالة تدهور هذا النظام الإيكولوجي، استناداً إلى نهج تحليلي ورصد حالة تدهور بستان النخيل في حملتين لأخذ العينات (2015-2016). أجريت قياسات ملوحة التربة على ثلاثة أعماق مختلفة: 0-40 سم، 40-80 سم و 80-120 سم وعلى 97 نقطة للحملة الأولى و 89 نقطة للثانية باستخدام طريقة أخذ العينات العشوائية المنهجية. سمح لنا هذا المنهج أن نلاحظ أن ملوحة التربة على مستوى الطبقة السطحية متغيرة من نقطة إلى أخرى، كما أنها أعلى مقارنة بالطبقات المتوسطة والعميقة. إن 7.22% (سنة 2015) و 6% (سنة 2016) من التربة لديها ملوحة أقل من عتبة تحمل النخيل التمر لملوحة التربة.

**كلمات دالة:** التدهور، الملوحة، التربة، بستان النخيل، قصر، ورقلة

## 1. INTRODUCTION

Le monde perd en moyenne 10 hectares de terres cultivables par minute [1]. Durant les 50 dernières années, les oasis ont subi une dégradation due à l'exploitation intensive, résultant de l'augmentation de la population mondiale et de l'élevage intensif. En plus, l'évolution technologique et les facteurs naturels ont contribué à la dégradation et au délaissement des palmeraies [2]. Selon Malumphyet Moran (2009) in El-Juhany (2010) [3], durant la dernière décennie, la production en dattes a diminué dans les oasis traditionnelles à cause des problèmes environnementaux notamment les maladies et les insectes.

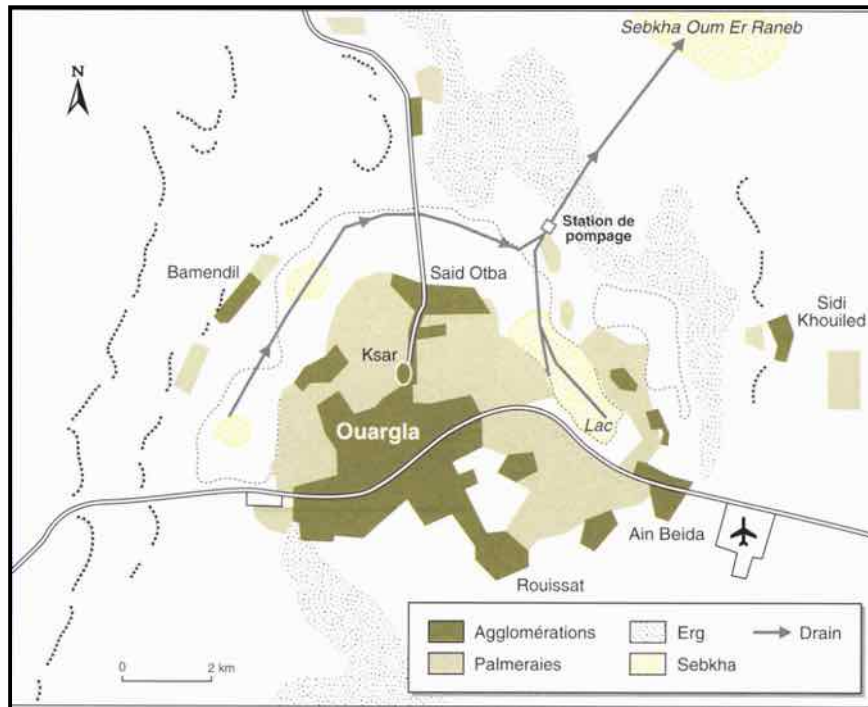
En Algérie, la phoeniculture constitue le pilier de l'écosystème oasien. Elle occupe 80 % du territoire algérien. Toutefois, cette culture est confrontée à de nombreuses contraintes d'ordre environnemental et socio-économique, qui limitent son extension et ses rendements en dattes [4], et conduisent même à la dégradation des vergers phoenicoles. Dans le but de contribuer à la préservation, la gestion et l'aménagement de ces derniers, nous nous sommes proposé de faire un état des lieux sur l'état édaphique de la palmeraie du Ksar de Ouargla en Algérie.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la vieille palmeraie du Ksar située dans la cuvette de

Ouargla vu les conditions environnementales qui favorisent sa dégradation édaphique. Cette dernière représente un précieux patrimoine pour la région (Fig.1).



**Figure 1.** Localisation de la palmeraie du Ksar à Ouargla[5]

## 2.2. Approcheméthodologique

L'objectif de ce travail est d'étudier la dynamique des sels dans le sol de la palmeraie du ksar de Ouargla. Nous avons adopté la méthode d'échantillonnage systématique aléatoire pour avoir une meilleure distribution des points dans la zone d'étude. L'étude a été réalisée sur deux campagnes. La première a eu lieu en 2015 sur 98 points et la seconde en 2016 sur 87 points. Les prélèvements dans chaque point de sondage ont été réalisés sur trois niveaux (0 - 40 cm, 40 - 80 cm et 80 - 120 cm). Nous avons réalisé un échantillonnage moyen de trois prélèvements pour chaque niveau de sol à chaque point de sondage. Les prélèvements sont mélangés dans une bache en plastique pour obtenir un échantillon homogène et représentatif de la couche de sol. Les échantillons de sol sont séchés à l'air et tamisés à 2 mm, puis analysés au laboratoire. Les paramètres analytiques déterminés sont la conductivité électrique de l'extrait sol : eau 1:5 (C.E.<sub>e1:5</sub>) et le pH<sub>e1:5</sub>.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

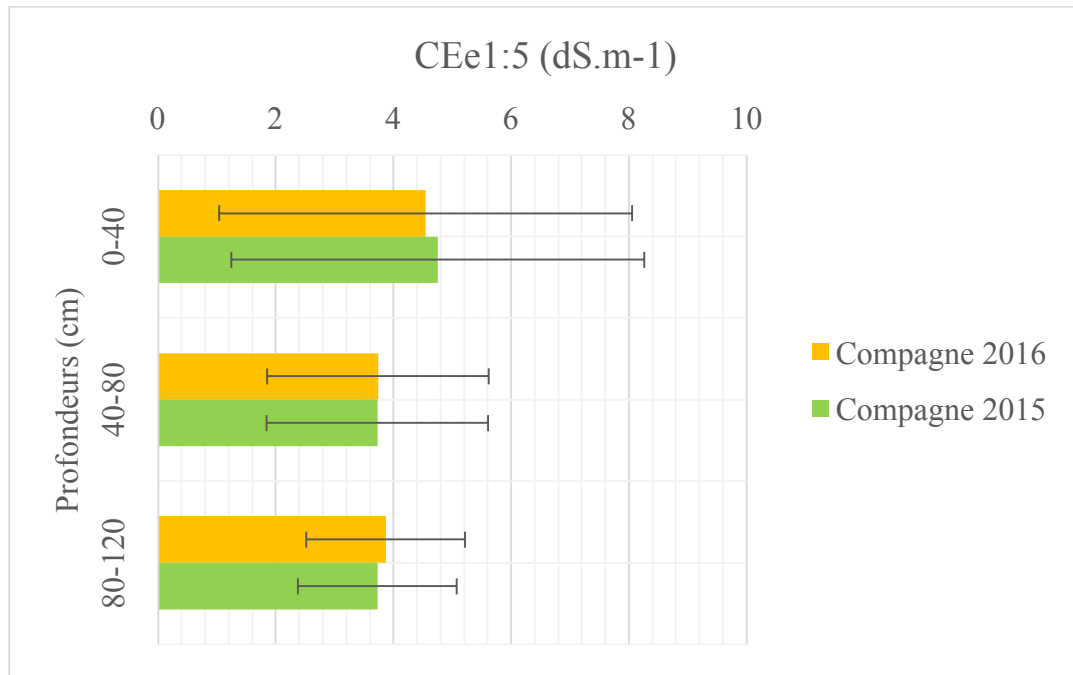
### 3.1. Salinité du sol

La salinité du sol de la palmeraie du Ksar est très variable. On remarque qu'en surface elle est plus élevée et très variable par rapport aux horizons moyens et aux horizons profonds. Le résultat de la première campagne montre que la salinité moyenne varie de 0,32 à 12,24 dS.m<sup>-1</sup> pour l'horizon de surface, de 0,57 à 8,64 dS.m<sup>-1</sup> pour la couche du sol en moyenne profondeur et de 1,22 à 6,08 dS.m<sup>-1</sup> pour la couche profonde (Fig. 2). Nous avons remarqué un phénomène presque similaire en 2016 où la salinité varie de 0,19 à 15,91 dS.m<sup>-1</sup> pour la couche superficielle, de 0,36 à 9,69 dS.m<sup>-1</sup> pour la couche moyenne et concernant la couche profonde de 0,26 à 9,17 dS.m<sup>-1</sup>.

Cette variation de la salinité est peut être due aux mouvements des sels ascendants par remontée capillaire et ceux descendants par lixiviation. Le premier mouvement est favorisé par la remontée des nappes phréatiques, le niveau de drainage et l'évapotranspiration élevée



au Sahara. Le second varie avec la gestion des eaux d'irrigation dans les différents jardins de la palmeraie où existe une hétérogénéité dans la conduite de l'irrigation avec des fréquences et des doses d'irrigation non conformes aux besoins des cultures et du lessivage.

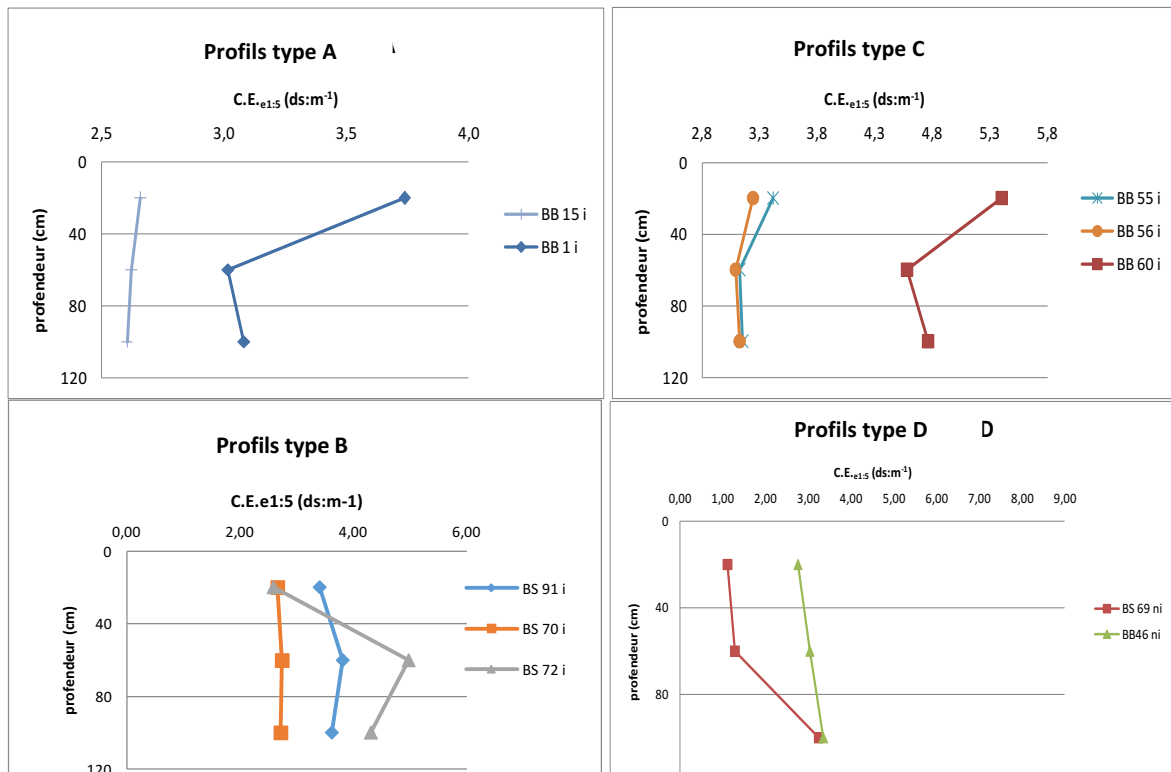


**Figure 2.** Variation de la salinité moyenne dans les profils des sols dans les deux campagnes d'échantillonnage

Dans les régions sahariennes, il est important de bien apprécier les risques de salinisation et la dynamique des sels dans le système eau-sol-palmeraie [6].

### 3.2. Dynamique des sels

La dynamique des sels dans les sols de la palmeraie du Ksar est très variable. Les profils salins réalisés dans les deux campagnes d'échantillonnage présentent des allures diverses (Fig.3). Ces profils montrent les différents degrés et mode d'entretien du sol. Les quatre profils salins [7] à savoir A, B, C et D existent au niveau de la palmeraie du Ksar (Fig. 3). Ils montrent aussi que les sols ont subi différentes dynamiques de sels.



**Figure 3.** Types de profils salins dans les jardins au Ksar

Le seuil critique de tolérance des palmiers dattiers à la salinité à Ouargla est estimé dans les modèles de Daddi Bouhoun(2010)[3] à 1,2 dS.m<sup>-1</sup> pour l'extrait dilué 1:5. Les profils étudiés qui présentent une salinité de sol inférieure au seuil critique pour les palmiers dattiers sont estimés à 7,22 % en 2015 et 6 % en 2016.

#### 4. CONCLUSION

L'analyse du sol de la palmeraie du ksar révèle une alcalinisation et une salinisation généralisée dépassant le seuil critique de tolérance du palmier dattier. Cette dernière est probablement le résultat de la remontée des eaux phréatiques et de l'obstacle mécanique de croûtes gypseuses qui favorisent les accumulations ascendantes des sels. Toutefois, l'irrigation favorise les accumulations descendantes, aboutissant dans certains cas limités à une lixiviation efficace où la salinité est au-dessous du seuil critique de tolérance du palmier dattier. Enfin, la dégradation édaphique de la palmeraie du Ksar montre le dysfonctionnement dans la gestion de l'irrigation-drainage de la palmeraie. Ce précieux et fragile écosystème nécessite un sérieux programme d'aménagement et de réhabilitation pour assurer sa subsistance et sa productivité.

#### REFERENCES

- [1]Côte M., 1998 - Des oasis malades de trop d'eau. Sécheresse ; 9., 2 : 123 - 130.
- [2]Daddi BouhounM., BrinisL., 2006 - Etude de la dynamique des sels solubles dans un sol irrigué gypso-salin : cas d'une palmeraie de la cuvette de Ouargla. Journal Algérien des Région Arides:17-20.
- [3]Daddi BouhounM., 2010 - Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (Sud Est algérien).Thèse de Doctorat . Université BADJI Mokhtar, Annaba. 365 p.

- [4]IPTRID., 2006 - Conférence électronique sur la salinisation: Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation. Organisée et coordonnée par: IPTRID (Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage). Hébergée par: FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture), 12 p.
- [5]Servant J.M., 1975 – Contribution a l'étude pédologique des terrains halomorphes, L'exemple des sols salés du Sud et du Sud-Ouest de la France. Thèse de Doctorat en ES-Sciences Naturelles. Université des sciences et techniques du LANGUEDOC. France. Tome 1. 190p.
- [6]Touzi A., 2007.- Algerian experience in preserving fragile ecosystems from desertification, a paper presented at "Fifteenth OSCE Economic and Environmental Forum - Part 2: "Key challenges to ensure environmental security and sustainable development in the OSCE area: Land degradation, soil contamination and water management" Prague, 21 - 23 May 2007.

# EFFET DES SELS SOLUBLES SUR LA PRODUCTION DE LA BIOMASSE ET L'ABSORPTION DES ELEMENTS MINERAUX CHEZ LA CULTURE DE L'ORGE (VARIETE SAIDA).

**TAHRAOUI S., ABDELAOUI I., MASMOUDI A**

Département d'agronomie, Université Mohamed Khider Biskra  
[souadtahraoui89@gmail.com](mailto:souadtahraoui89@gmail.com)

**Résumé :** Notre travail vise à étudier l'impact de différents types de sels avec différentes doses sur la germination et la croissance en présence de l'amendement calcique  $CaCl_2$  sur la culture de l'orge (variété saida). Les sels utilisés sont : NaCl, KCl,  $MgSO_4$  et  $Na_2SO_4$  avec les doses (6, 8 et 10g/l), combinées avec des doses (0, 0,25, 0,5, 1,1.5g/l) de l'amendement calcique  $CaCl_2$ . Les résultats obtenus montrent que l'augmentation de la dose de sel est néfaste sur les paramètres étudiés. Concernant l'effet du type de sel, il semble que les sels KCl,  $MgSO_4$  et  $Na_2SO_4$  apparaissent moins toxiques que NaCl sur le taux de germination et la croissance de la partie aérienne, mais la partie racinaire et la production de la matière fraîche sont affectées particulièrement par  $MgSO_4$ . Le stress salin diminue la teneur des plantes de l'orge en Mg et K ainsi que le Na dans le cas des fortes doses en sel, La teneur en éléments minéraux varie en fonction de type de sels. La présence de  $CaCl_2$  dans le milieu a un effet important sur la teneur de l'orge Na.

**Mots clés :** L'orge, Sels solubles, Saida, Eléments minéraux.

## تأثير الأملاح القابلة للذوبان على إنتاج الكتلة الحيوية وامتصاص العناصر المعدنية عند نبات الشعير (نوع سعيدة)

**ملخص:** قمنا بهذا العمل لدراسة تأثير نوع الملح مع مختلف التراكيز في وجود محسن كالسيوم على الانتاش والنمو و علي امتصاص العناصر المعدنية من طرف نبات الشعير (صنف سعيدة). الأملاح المستعملة كلورور الصوديوم, سولفات الصوديوم, سولفات المغنيزيوم و كلورور الكالسيوم مع التراكيز (6,8, 10 غ/ل) مضافة مع التراكيز (0, 0,25, 0,5, 1, 1,5 غ/ل) للمحسن الكالسيوم. النتائج المتحصل عليها تبين أن زيادة تراكيز الأملاح لها تأثير على الانتاش. ضعف نمو الجزء الهوائي و الجذور, وكذلك وزن المادة الرطبة, فيما يخص تأثير نوع الملح يظهر أنه سولفات الصوديوم, سولفات المغنيزيوم و كلورور الكالسيوم أقل ضرر من كلورور الصوديوم على الانتاش و كذلك نمو الجزء العلوي لكن الجذور تتأثر سلبا بوجود سولفات المغنيزيوم للملوحة تأثير على محتوى هذه النباتات للعناصر المعدنية و التي تؤدي الي نقص في محتواها من البوتاسيوم و كذلك الصوديوم في حالات التراكيز العالية, يتغير محتوى الشعير من العناصر المعدنية بتغير نوع الملح, تواجد المحسن الكالسيوم في الوسط له تأثير على محتوى نبات الشعير من الصوديوم.

**كلمات دالة:** الشعير, تركيز الاملاح, نوع الملح, محسن كالسيوم.

## 1. INTRODUCTION

La tolérance des plants cultivés vis-à-vis de la salinité varie largement en fonction de l'espèce, de la variété, du stade végétatif et des facteurs liés au milieu (température, humidité, intensité de la lumière, et fertilité) [1]. D'une manière générale, elles sont beaucoup plus sensibles aux premières phases de la végétation en particulier la germination et l'émergence [2]. D'après Ouhaddachet *al* [3] la germination et les premiers stades de croissance sont cruciaux pour l'établissement des espèces se développant dans des environnements salins, le stade plantule est le plus vulnérable dans le cycle de vie de la plante, et c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule ébauche, a ce stade, la germination est souvent limitée par la salinité du sol et se montre plus sensible que les autres stades. La tolérance des végétaux aux sels est un phénomène complexe qui implique des particularités morphologiques et développementales avec des mécanismes physiologiques et biochimiques variés [4]. Les céréales font face à la salinité en excluant les ions du  $Na^+$  à partir des pousses. Généralement, le blé tendre est plus tolérant au sel que le blé dur (*Triticum durum* Desf.) alors que l'orge (*Hordeum vulgare* L.) est plus tolérant que les deux précédentes espèces [3]. L'objectif de notre travail est de déterminer l'effet de la concentration, du type de sels et l'amendement calcique ajouté sur la germination et la croissance de l'orge.

## 2. MATERIELS ET METHODES

L'essai est réalisé dans des boîtes de pétri en plastique de 4.5cm de diamètre, un papier filtre est posé sur la base de chaque boîte. quarante graines d'orge variété Saida ont été introduites dans chaque boîte et irriguées ensuite par des solutions salées. La dose d'irrigation est de 5 à 10 ml pour chaque 1 à 2 jour selon le besoin observé. Le taux de germination final a été déterminé à la fin des 15 jours ainsi que les mesures de la partie aérienne, la partie racinaire et la production de la matière fraîche. Les analyses des éléments minéraux ont été effectuées sur les plantules de l'orge, et portent sur la détermination des teneurs en ( $Mg^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ). Soixante solutions salées préparées sont utilisées dans cette expérimentation. Les sels utilisés sont NaCl(NC), KCl(KC),  $MgSO_4$ (MS) et  $Na_2SO_4$ (NS) avec les doses de 6, 8 et 10g/l. combinées avec des doses (0, 0.25, 0.5, 1, 1.5g/l) de l'amendement calcique  $CaCl_2$ . Le dispositif utilisé est split plot avec 60 traitements et 03 répétitions.

Tableau 1. Les traitements de l'essai

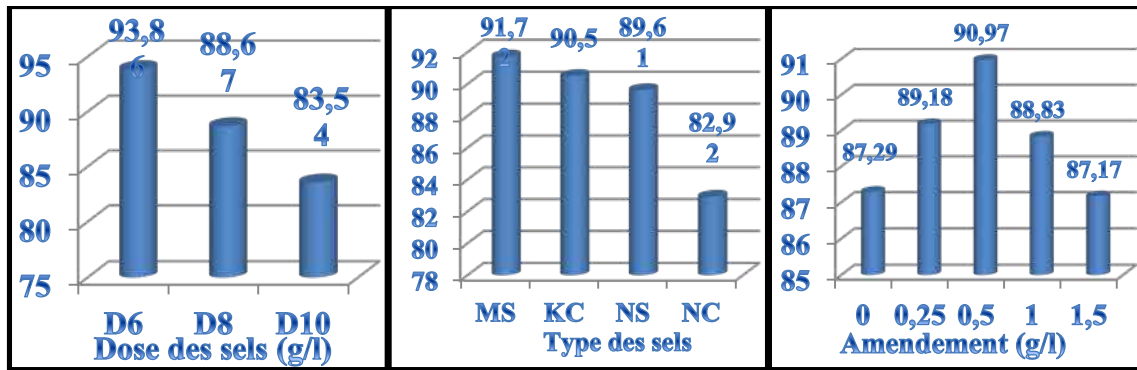
CaCl <sub>2</sub> (g/l)	6 g/l				8 g/l				10g/l			
	NC	MS	NS	KC	NC	MS	NS	KC	NC	MS	NS	KC
0	6g/l	6g/l	6g/l	6g/l	8g/l	8g/l	8g/l	8g/l	10g/l	10g/l	10g/l	10g/l
0.25	6,25g/l	6,25g/l	6,25g/l	6,25g/l	8,25g/l	8,25g/l	8,25g/l	8,25g/l	10,25g/l	10,25g/l	10,25g/l	10,25g/l
0.5	6,5 g/l	6,5 g/l	6,5 g/l	6,5 g/l	8,5 g/l	8,5g/l	8,5 g/l	8,5 g/l	10,5 g/l	10,5 g/l	10,5 g/l	10,5 g/l
1	7g/l	7g/l	7g/l	7g/l	9g/l	9g/l	9g/l	9g/l	11g/l	11g/l	11g/l	11g/l
1.5	7,5 g/l	7,5 g/l	7,5 g/l	7,5 g/l	9,5 g/l	9,5 g/l	9,5 g/l	9,5 g/l	11,5 g/l	11,5 g/l	11,5 g/l	11,5 g/l

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Taux de germination

A travers l'analyse statistique, on observe que la dose des sels a un effet moyen significatif. Elle a donné trois groupes homogènes. La dose 6g/l présente le taux de germination la plus élevé (93,86%), cependant la dose 10g/l présente le taux le plus faible (83,54%) (Fig. 1), en effet le taux de germination des graine de l'orge diminue avec l'augmentation des dose des sels dans le milieu. D'après Hajlaoui et *al.*, [5] la réduction du pouvoir germinatif est due à l'augmentation de la pression osmotique, qui ralentit l'imbibition et limite l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination.

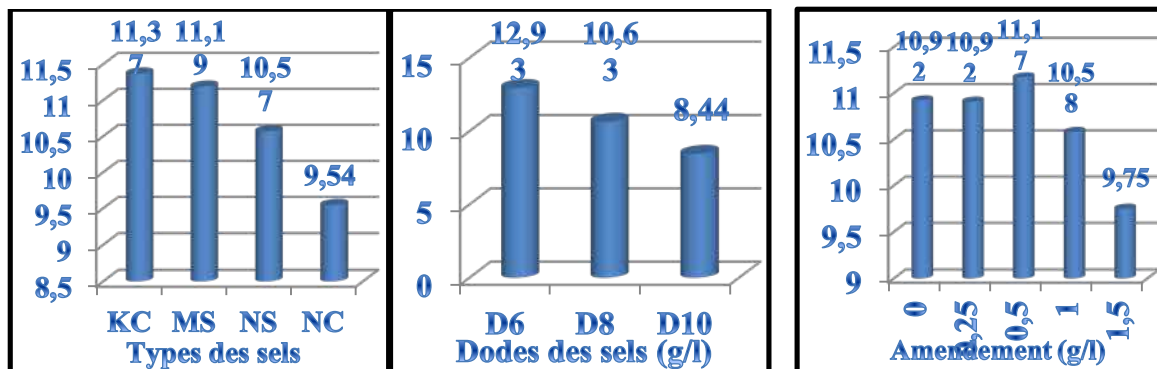
La figure (1) représente le taux de germination des graines de l'orge en fonction du type de sel. Les résultats obtenus montrent qu'il y a un effet significatif moyen exprimé par deux groupes homogènes.  $MgSO_4$ , KCl et  $Na_2SO_4$  constituent le premier groupe qui possèdent les taux de germination les plus élevés (91,72%, 90,5%, 89,61% respectivement), par contre NaCl présente le taux le plus faible avec une moyenne (82,92%). D'après Taffou et *a l*[6] NaCl a un effet inhibiteur sur la germination.



**Figure 1.** Evolution du taux de germination de l'orge en fonction des doses des sels, type de sel et l'amendement calcique CaCl<sub>2</sub>.

L'amendement calcique CaCl<sub>2</sub> a un effet significatif moyen caractérisé par deux groupes homogènes. Le taux de germination le plus élevé est observé pour le traitement (0,5g/l CaCl<sub>2</sub>) avec une moyenne de (90,97%) et le taux le plus faible couvre les traitements 0g/l et 1,5g/l CaCl<sub>2</sub> (fig1) donc la présence de l'amendement calcique dans le milieu a un effet positif sur le taux de germination de l'orge par contre son absence ou sa concentration diminuée le taux de germination.

### 3.2. La Partie aérienne



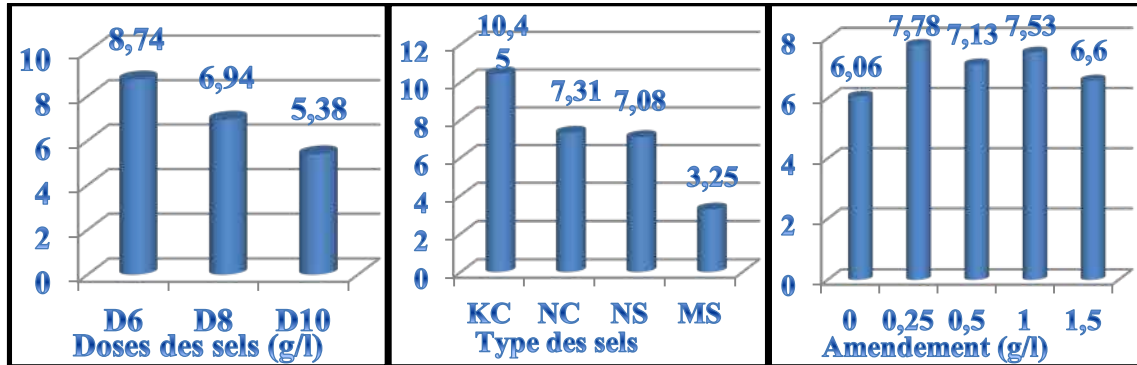
**Figure 2.** Evolution de la partie aérienne de l'orge en fonction des doses de sels, type de sel et l'amendement calcique CaCl<sub>2</sub>.

La dose des sels a un effet significatif moyen caractérisé par trois groupes homogènes. La dose 6g/l présente la plus longue partie aérienne (12,93 cm), cependant la dose 10 g/l présente la longueur la plus courte (8,44 cm). Donc l'augmentation de la dose des sels a un effet destructeur sur la croissance de l'orge. D'après Snoussi et al[7], la réduction de la partie aérienne est la première réponse à l'effet destructeur le plus significatif en cas d'une exposition prolongée à la salinité. Le test de NEWMAN et KEULS indique qu'il y a trois groupes homogènes. le KCl possède la plus longue partie aérienne (11,37cm) suivi de MgSO<sub>4</sub> (11,19 cm), par contre NaCl présente la partie aérienne la plus courte (9,54 cm) (Fig2). En effet l'addition de KCl dans le milieu stimule la croissance des plantes[8]. Les ions Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> ont un effet dépressif sur la croissance et le développement des plantes[9].

L'amendement calcique a un effet significatif moyen caractérisé par trois groupes homogènes. La concentration 0,5g/l présente la plus longue partie aérienne avec

une moyenne de (11,17cm), cependant la concentration 1,5g/l  $\text{CaCl}_2$  présente la longueur la plus courte (9,75cm). En effet, l'addition de Ca améliore la croissance des plantes sous stress salin[10].

### 3.3. La Partie racinaire



**Figure 3:** Evolution de la partie racinaire de l'orge en fonction des doses des sels, type de sel et l'amendement calcique  $\text{CaCl}_2$ .

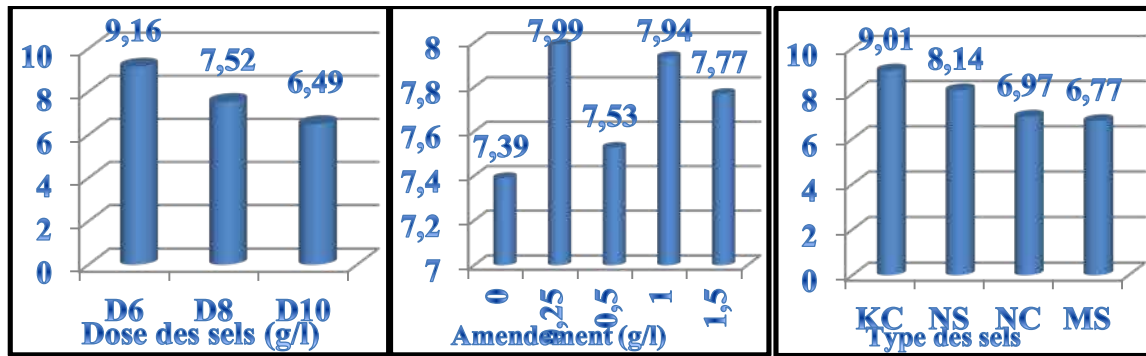
Comme dans le cas du taux de germination et la partie aérienne, l'évolution est en fonction des doses des sels. La dose 6g/l présente la partie racinaire la plus longue (8,74 cm), Cependant la dose 10g/l présente la longueur la plus courte (5,38cm) (fig3). En effet la réduction de la partie racinaire a une relation avec l'augmentation des doses de sel dans le milieu. Comme le résultat trouvé par Tavili et Biniiaz[11] l'effet de l'augmentation de la salinité est significatif sur la longueur des racines de l'orge.

Le test statistique indique qu'il y a trois groupes homogènes. Le KCl présente la partie racinaire la plus longue (10,45cm), par contre le  $\text{MgSO}_4$  présente la partie racinaire la plus courte (3,25cm) (Fig3.). Il est à noter que  $\text{MgSO}_4$  a donné les meilleurs résultats sur le taux de germination et la partie aérienne; on peut dire à travers nos résultats que le  $\text{MgSO}_4$  a un effet négatif sur l'enracinement ce qui coïncide aussi avec les résultats trouvés par MASMOUDI et al[2]. En effet, le Mg a un effet toxique sur les racines plus que le Na [12].

La concentration de l'amendement (0,25g/l  $\text{CaCl}_2$ ) présente la partie racinaire la plus longue (7,78cm), cependant la partie racinaire la plus courte a été enregistrée pour la concentration (0g/l  $\text{CaCl}_2$ ) avec (6,06 cm) (Fig3). Le Ca peut alléger l'effet inhibiteur de NaCl et contribue par conséquent à l'amélioration de la croissance des racines [13,14].

### 3.4. La matière fraîche

La figure (4) montre que la production de la matière fraîche est diminuée avec l'augmentation des doses de sel. La dose 6g/l présente le taux de production de la matière fraîche le plus élevé (9,158 g), cependant la dose 10g/l présente le taux de production de la matière fraîche le plus faible (6,491g). La salinité diminue le potentiel osmotique du milieu et réduit par conséquent l'absorption de l'eau par les racines, ce qui influe directement sur la réduction de la matière fraîche [15].

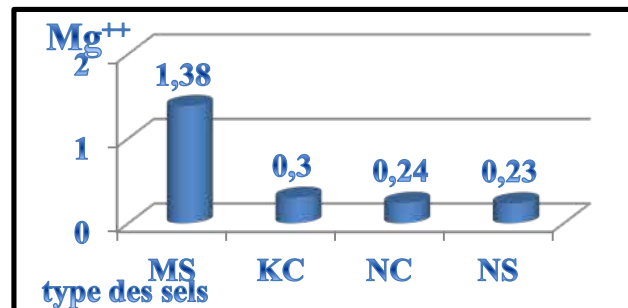


**Figure 4.** Production de la matière fraîche de l'orge en fonction des doses des sels. Type de sel et l'amendement calcique  $\text{CaCl}_2$ .

L'analyse de la variance indique qu'il y a des différences significatives entre les sels (Fig4). Le KCl représente le taux de production de la matière fraîche le plus élevé (9,01g), cependant, le taux, le plus faible a été enregistré pour le NaCl avec une moyenne de (6,97g) et pour le  $\text{MgSO}_4$  avec une moyenne de (6,77g). La tolérance au KCl est plus élevée qu'au NaCl [11].

L'amendement calcique a un effet significatif sur la production de la matière fraîche par rapport au traitement non amendé (fig4). Ceci peut s'expliquer par l'effet du Ca qui allège l'effet négatif de la salinité [16, 17] (BLISS et al., 1986 ; JALEEL et al., 2007) suite à son rôle dans l'équilibre ionique et le maintien de la perméabilité sélective de la membrane [18].

### 3.5. La teneur des plantes de l'orge en ( $\text{Mg}^{++}$ )

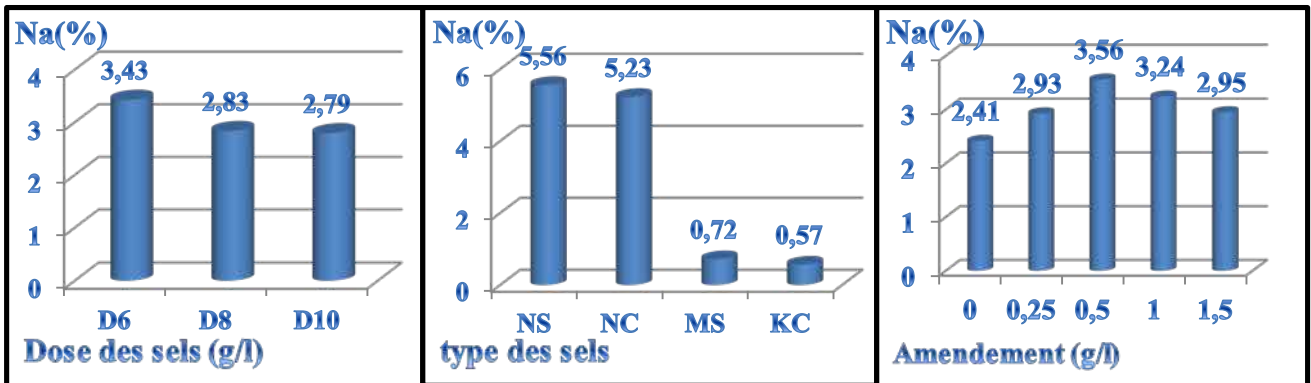


**Figure 5:** la teneur des plantes de l'orge en ( $\text{Mg}^{++}$ ) en fonction du Type de sel.

L'analyse de variance montre qu'il n'y a pas un effet significatif de la dose du sel et l'amendement calcique  $\text{CaCl}_2$  sur la teneur des plantes de l'orge en Magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ) par contre le type de sel a un effet significatif moyen caractérisé par deux groupes homogènes. La figure (5) montre que la teneur la plus élevée des plantes de l'orge en magnésium est présente dans le traitement  $\text{MgSO}_4$  avec une moyenne de (1,38%) et les teneurs les plus faibles sont enregistrées dans les autres traitements KCl, NaCl, et  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . En effet le Magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ) s'accumule davantage dans les plantes de l'orge lorsque le milieu de culture s'enrichit en  $\text{MgSO}_4$ .



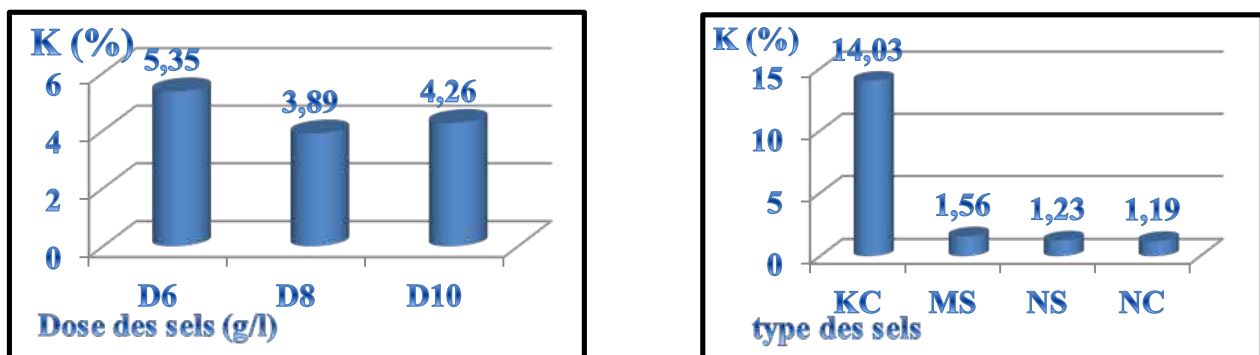
### 3.6. La teneur des plantes de l'orge en ( $\text{Na}^+$ )



**Figures6:** la teneur des plantes de l'orge en ( $\text{Na}^+$ ) en fonction de la Dose du sel, Type du sel et l'amendement calcique  $\text{CaCl}_2$ .

L'analyse de variances montre qu'il y a un effet significatif de la dose du sel, type du sel et l'amendement sur la teneur de l'orge en sodium (Fig 06). En effet la teneur la plus élevée des plantes en sodium ( $\text{Na}^+$ ) est enregistrée chez la dose (6g/l) avec une moyenne de (3,43%) cette teneur diminue avec l'augmentation de la dose du sel. Les traitements  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$  donnent aussi les teneurs les plus élevées (5,56% et 5,23% respectivement) ainsi que le traitement (0,5 g/l  $\text{CaCl}_2$ ) avec une moyenne de (3,56%), on constate que la teneur en ( $\text{Na}^+$ ) diminue avec l'augmentation de la dose des sels dans le milieu. Cependant les teneurs les plus faibles sont enregistrées chez les doses (8g/l et 10g/l) (2,43% et 2,79% respectivement), les traitements  $\text{MgSO}_4$  et  $\text{KCl}$  (0,72% et 0,57% respectivement) et chez le traitement (0 g/l  $\text{CaCl}_2$ ) (2,41%). D'après RADHOUANE[9], Lorsque  $\text{NaCl}$  est ajouté à l'eau d'irrigation, les quantités de sodium dans la feuille sont diminuées fortement. D'une manière générale. Les glycophytes les plus sensibles au  $\text{NaCl}$  n'importent que très peu de ( $\text{Na}^+$ ) dans leurs parties aériennes [8]. En revanche les résultats obtenus par Bouzid[19] montrent que l'augmentation de la concentration du  $\text{NaCl}$  et du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dans le milieu de culture provoque une augmentation de la teneur du  $\text{Na}^+$  dans la partie aérienne et dans la partie racinaire.

### 3.7. La teneur des plantes de l'orge en ( $\text{K}^+$ )



**Figures 07:** la teneur des plantes de l'orge en ( $\text{K}^+$ ) en fonction de la dose de sel, Type de sel.

L'analyse statistique révèle un effet significatif moyen exprimé par deux groupes homogènes pour la dose de sel et type de sel cependant il n'y a pas un effet significatif de

l'amendement calcique sur la teneur en potassium ( $K^+$ ) (fig 07). La teneur la plus élevée est obtenue par la dose (6g/l) (5,35%) et aussi par le traitement KCl avec une moyenne de (14,03%), par contre les teneurs les plus faibles sont obtenues par les doses (8g/l et 10g/l) avec des moyennes (3,89% et 4,26% respectivement) et sont marquées aussi chez les traitements  $MgSO_4$ ,  $Na_2SO_4$  et NaCl (1,56%, 1,23% et 1,19% respectivement). La salinité peut affecter l'absorption de  $K^+$ , en fonction des espèces et du niveau de salinité (R'HIM et *al.*, 2013). Le potassium ( $K^+$ ) s'accumule davantage dans les plantes de l'orge lorsque le milieu de culture s'enrichit en KCl.

#### 4. CONCLUSION

On peut dire que la forte dose des sels a engendré une importante baisse au niveau des paramètres physiologiques et morphologiques étudiés et elle a entraîné aussi une baisse de l'absorption de Na et K. On peut dire aussi que les sels KCl,  $MgSO_4$  et  $Na_2SO_4$  sont moins toxiques que le NaCl, par contre, le  $MgSO_4$  a un effet toxique spécifique sur les racines. L'amendement calcique a montré un effet remarquable sur le taux de germination, la partie racinaire, aérienne et la matière fraîche de l'orge. La teneur des plantes de l'orge en éléments minéraux varie en fonction du type des sels. Enfin, la présence du  $CaCl_2$  dans le milieu favorise l'augmentation de la teneur des plantes de l'orge en Na.

#### RÉFÉRENCES

- [1] Daoud Y., Halitim A., 1994.- Irrigation et salinisation au Sahara Algérienne. Sècheresse Vol 5, N°3. PP 151-160.
- [2] Masmoudi A., Hemeir A., Benaissa M., 2014.- Impacts de la concentration et du type de sel sur le potentiel germinatif et la production de biomasse chez l'orge (*Hordeum Vulgare*). Courrier du Savoir –N°18. P P95-101.
- [3] Ouhaddach M., Mouhssine F., Ech-Chaddadi S., Lakalai F., Elyacoubi H., Hmouni D., Douaïk A., Zidane L., Rochdi A., 2015.- Morpho-Physiological Response to Salt Stress in Wheat (*Triticum aestivum* L.) at the Germination Stage. European Journal of Scientific Research, Vol. 133 N° 3. PP.240-252.
- [4] Tazi M. R., Berrichi A., Haloui B., 2001.- Germination et croissance in vitro de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Beni-Snassen (Maroc oriental) à différentes concentrations en NaCl. Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc). Vol 21. PP 163-168.
- [5] Hajlaoui H., Denden M., Bouslama M., 2007.- Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. Tropicultura. PP 168-173.
- [6] Taffouo V. D., Meguekam L., Kenne M., Yayi E., Magnitsop A., AKOA A., OURLY A., 2008.- Germination et accumulation des métabolites chez les plantules de légumineuses cultivées sous stress salin. Agronomie Africaine, Vol 20, N° (2), PP 129 – 139.
- [7] Snoussi S A., Baazize N., Hamidi Y., 2014.- Impact du potentiel hydrogène (ph) d'un Environnement salin dans la nutrition de deux glycophytes cultivées. Revue Agrobiologia. N°6, PP 13-20.
- [8] Haddad S., Coudret A., 1991.- Effets de l'adjonction de KCl ou de  $CaCl_2$ , sur la tolérance au NaCl chez deux cultivars de triticales (Clercal et Beagle). Can. J. Bot. Vol 69. PP 2113-2121.
- [9] Radhouane L., 2013. Comparaison de la nutrition minérale du mil (*Pennisetum glaucum* L.R. Br.) en présence de stress hydrique et de stress salin. Journal of Applied Biosciences 66. PP 5114– 5129.
- [10] Cramer G.R., Epstein E., LAUCHLI A., 1990.- Effects of sodium, potassium and calcium on salt stressed barley. *Physiologia Plantarum*, 80, PP 83–88.

- [11] Tavili A., Biniiaz M., 2009.- Different salts effects on the germination of *Hordeumvulgare* and *Hordeumbulbousm*. Pakistan journal of nutrition 8, N° (1).PP 63-68.
- [12] Tobe K., LI X., Omasa K., 2002.- Effects of sodium, magnesium and calcium salts on seed germination and radicle survival of a halophyte, *Kalidium capsicum* (Chenopodiaceae). Australian journal of botany 50 (2), 163-169.
- [13] Cramer G., Epstein E., Läuchli A., 1989.- Na-Ca interactions in barley seedlings: relationship to ion transport and growth. Plant, Cell and Environment 5 (12). PP 551-558.
- [14] Zhong H., Läuchli A., 1993.- Spatial and temporal aspects of growth in the primary root of cotton seedlings: Effects of NaCl and CaCl<sub>2</sub>. Journal of experimental botany, Vol 4, N°44. PP 763-771.
- [15] Doudech N., Mhamdi M., Bettaieb T et Denden M., 2008.- Tolérance à la salinité d'une graminée à gazon: *Paspalumnotatum* Flügge. Tropicultura. Vol 26, N°3. PP 182-185.
- [16] Bliss R. D., Platt-Aloia K. A., Thomson W. W., 1986.-The inhibitory effect of NaCl on barley germination Plant, Cell and Environment. 9, (9), PP 727-733.
- [17] Jaleel C. A., Manivannan P., Sankar B., Kishorekumar A., PANNEERSELVAM R., 2007.- Calcium chloride effects on salinity-induced oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation in *Catharanthusroseus*. C. R. Biologies 330, PP 674–683.
- [18] Khavan M., Campbell W. F., Jurinak J. J., Dudley L. M., 1991.- Effects of CaSO<sub>4</sub>, CaCl<sub>2</sub> and NaCl on leaf nitrogen, nodule weight and acetylene reduction activity in *Phaseolus vulgaris*. Arid land research and management Vol 5, N° 2, PP 97-103.
- [19] Bouzid N., 2010. Étude de la résistance d'*Atriplexhalimussubsp. Schweinfurthii* aux sels solubles. Acta Botanica Gallica. Vol 157 N°4, PP 787-791.

## EVALUATION DES TERRES POUR L'IRRIGATION A L'AIDE D'UN SIG : CAS DE LA PLAINE D'EL OUTAYA (BISKRA).

**ZIDI A.<sup>1</sup>, ABDESSELAM S.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Université KASDI Merbah, Ouargla.

<sup>2</sup> Laboratoire d'Amélioration des Productions Agricoles et Protection des Ecosystèmes en Zones Arides (LAPAPEZA) Université Batna I.

[zidi.abdelhakim@outlook.com](mailto:zidi.abdelhakim@outlook.com)

**Résumé :** L'irrigation des terres dans les milieux arides est indispensable pour le développement des cultures. Le présent travail consiste à l'évaluation des terres à l'irrigation au niveau de la plaine d'El Outaya (Biskra) sur une superficie de 34048,9 hectares. L'eau d'irrigation dans la région provient essentiellement du barrage de fontaine des Gazelles au Nord Est de la plaine et des forages déjà réalisés. Dans cette région près saharienne caractérisée par des sols alluviaux, l'irrigation d'une manière permanente avec des eaux relativement chargées peut se traduire par une modification profonde des propriétés du sol notamment en ce qui concerne la salinité et la sodicité. L'évaluation des terres permet la réalisation de cartes d'utilisation des terres indispensables à toute mise en valeur. Cependant, Les méthodes traditionnelles de cartographie s'avèrent lentes et souvent onéreuses pour répondre efficacement aux besoins immédiats. Les systèmes d'information géographique sont devenus des outils incontournables pour la plupart des études d'aménagement intégré. L'apparition de la cartographie numérique permet ainsi d'alléger considérablement ces manipulations. L'application du système d'évaluation FAO en Iran dans la plaine d'El Outaya révèle que sur les 16 unités de sols délimitées et après évaluation des caractéristiques et qualités, seules trois unités présentent une aptitude modérée, sept unités sont à aptitude marginale et six unités inaptées à l'irrigation. Les types de contraintes spécifiques aux unités sont notamment des caractéristiques physiques (profondeur, piérosité, texture et perméabilité), caractéristiques topographiques (relief et état actuel de l'érosion), salinité/alcalinité et enfin le drainage (risque d'inondation et niveau de la nappe phréatique). Les résultats obtenus s'avèrent très utiles pour les différents aménagements dans la région ; ils démontrent aussi l'importance des SIG dans la cartographie et les projets développements.

**Mots clés :** Plaine d'El Outaya, Zone aride, Evaluation des terres, Irrigation, SIG.

### تقييم الأراضي لغرض السقي باستخدام أنظمة المعلومات الجغرافية حالة سهل لوطاية (بسكرة)

**ملخص :** يُعتبر السقي في المناطق الجافة (القاحلة) ضروريا لتنمية المحاصيل. هذا العمل يندرج ضمن تقييم الأراضي لغرض السقي على مستوى سهل لوطاية (بسكرة) وعلى مساحة 34048,9 هكتار. مياه السقي في هذه المنطقة تتمثل أساسا في سد منبع الغزلان والذي يقع بشمال الشرقي للسهل وأبار جوفية منجزة وهي قيد الاستغلال. وفي هذه المنطقة شبه الصحراوية التي تتميز بالتربة الغرينية، يمكن أن يؤدي السقي الدائم والغير العقلاني مع المياه الثقيلة نسبيا إلى تغير عميق في خصائص التربة، لاسيما من حيث الملوحة و كمية الصوديوم. يسمح تقييم الأراضي بانجاز خريطة استخدام الأراضي التي هي ضرورية لأي تنمية. ومع ذلك، فإن أساليب رسم الخرائط التقليدية بطيئة وكثيرا ما يكون مكلف للاستجابة بفعالية للاحتياجات الفورية. أصبحت نظم المعلومات الجغرافية أدوات أساسية لمعظم الدراسات الإنمائية المتكاملة. فظهور رسم الخرائط الرقمية يجعل من الممكن التخفيف من هذه المعالجة إلى حد كبير. تطبيق نظام التقييم لغرض السقي و المٌطوّر من طرف المنظمة الزراعة و التغذية في إيران على سهل لوطاية ، انه من بين 16 وحدة من وحدات الترابية المحددة وبعد تقييم للخصائص والنوع ، فإن ثلاث (03) وحدات فقط لديها قابلية معتدلة، وسبعة (07) وحدات قريبة من الحد الأدنى وستة (06) وحدات غير صالحة للسقي. أنواع العقبات الخاصة بالوحدات تشمل الخصائص الفيزيائية (العمق، وجود الأحجار، النفاذية وقوام التربة)، والخصائص الطبوغرافية (التضاريس والحالة الحالية للتعرية)، والملوحة/القلوية، وصرف المياه (خطر الفيضانات ومستوى المياه الجوفية). النتائج التي تم الحصول عليها هي نتائج مفيدة جدا لمختلف التهيئة في المنطقة، كما أنها تبيّن أهمية نظم المعلومات الجغرافية في رسم الخرائط والمشاريع الإنمائية.

**كلمات دالة:** سهل لوطاية، منطقة قاحلة، تقييم الأراضي، السقي، أنظمة المعلومات الجغرافية.

## 1. INTRODUCTION

L'évaluation des terres a pour objet de juger du comportement de la terre lorsqu'on l'utilise à certaines fins. Elle suppose l'exécution et l'interprétation d'études de base sur le climat, les sols, la végétation et ainsi de suite, en fonction des exigences de diverses

utilisations [1]. Plusieurs séries de manuels ont été développés par la FAO pour cet objectif [2, 3]. Actuellement, il devient de plus en plus apparent que l'évaluation des sols est une étape importante dans n'importe quel programme de mise en valeur agro - sylvo - pastorale. Aussi il devient urgent d'établir, par ces méthodes d'évaluation des classements des ressources en sol afin de définir les terres dites de qualité dans le but de les affecter aux utilisations qui leurs conviennent et de les préserver contre tout risque ou abus [4]. L'évaluation des terres permet la réalisation de cartes d'utilisation des terres indispensables à toute mise en valeur. Cependant, les méthodes traditionnelles de cartographie s'avèrent lentes et souvent onéreuses pour répondre efficacement aux besoins immédiats [5]. Les Systèmes d'information géographique sont devenus des outils incontournables pour la plupart des études d'aménagement intégré. L'apparition de la cartographie numérique permet ainsi d'alléger considérablement ces manipulations. Le présent travail a pour objectif d'étudier les sols de la plaine d'El Outaya par l'application du système d'évaluation des terres pour l'irrigation développé par la FAO en Iran, avec l'utilisation des systèmes d'information géographique.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

La commune d'El Outaya est située au Nord de la wilaya de Biskra et au Sud Est de l'Algérie. La plaine d'El Outaya occupe une superficie de 34048,9 ha, elle est limitée au Nord par djebels Melah, et Magraoua, au Sud par djebels Bou Menin gouch et Bled Selga Saadoun, au Sud Est par Dj Bourzhal, à l'Est par l'Oued Branis, djebels Mohar et Foum Zgag et à l'Ouest par djebels Oum El Heubal, Sidi Mohamed et Bled El Mardher (Figure 1).

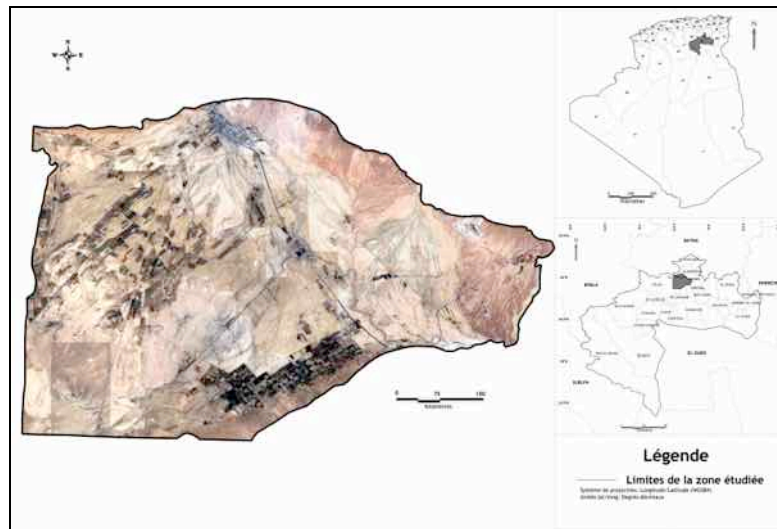


Figure 1. Situation géographique de la région d'étude.

### 2.2. Approche méthodologique

La carte pédologique de la plaine d'El Outaya au 1/50 000<sup>e</sup> [6] présente 16 unités pédologiques et 31 profils décrits et analysés (figure 2). Elle a été utilisée dans ce travail pour l'évaluation des terres pour l'irrigation par le logiciel MapInfo. La méthodologie adoptée est celle de Sys et al. [7] et de la FAO [1]. L'organigramme suivant (Figure 3) résume les différentes opérations réalisées.

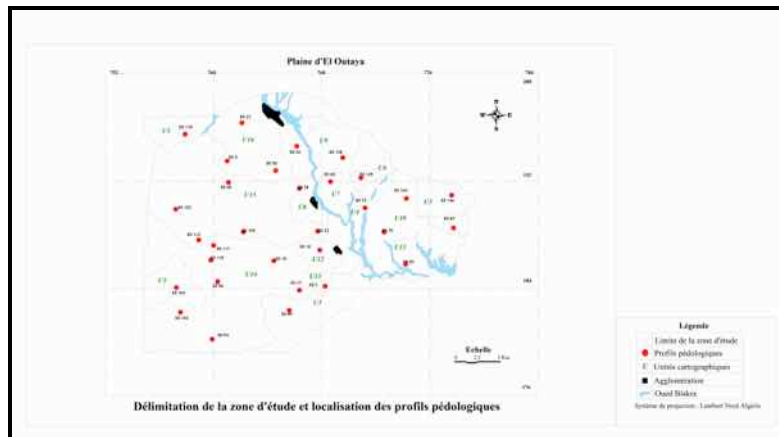


Figure 2. Délimitation de la zone d'étude et localisation des profils pédologiques.

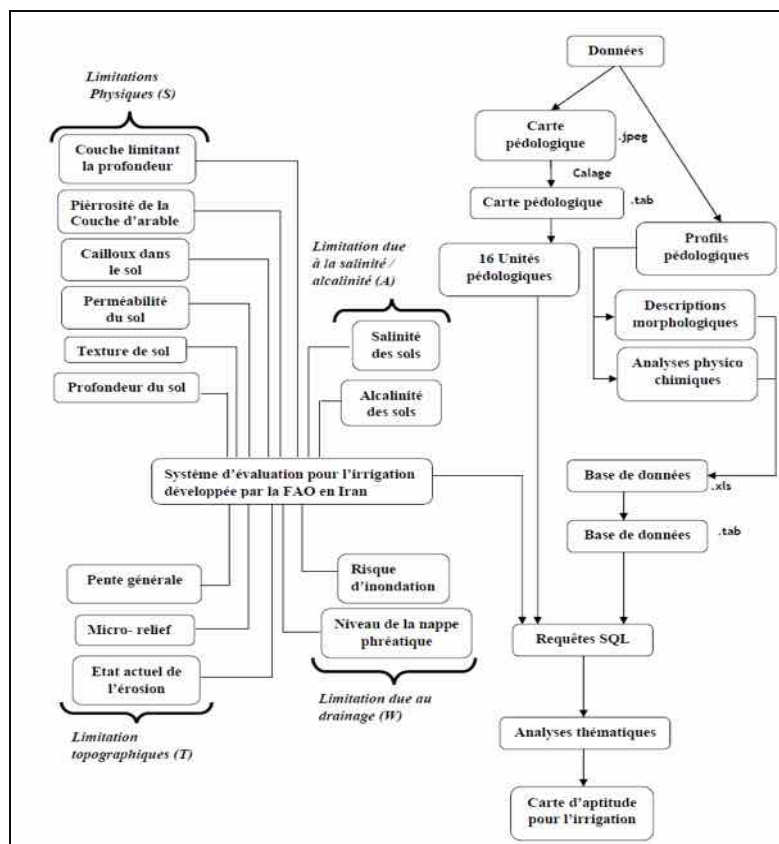


Figure 3. Schéma de la méthodologie adoptée du système d'évaluation pour l'irrigation développée par la FAO en Iran.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1. Les sols de la plaine

Les sols de la zone d'étude appartiennent à trois classes de sol selon la CPCS (1967) les sols halomorphes, les sols peu évolués et les sols minéraux bruts [8]. Les sols halomorphes représentent la plus grande partie des sols de la plaine (62,34% de la superficie totale), ce sont des sols développés sur un matériau alluvionnaire de texture limono-argileuse à argileuse et à mauvais drainage interne. Les sols peu évolués représentent 29,34% des sols et se subdivisent en trois groupes soit les sols peu évolués d'apport alluvial, les sols peu évolués d'apport colluvial et les sols peu évolués d'érosion. Enfin, les sols minéraux bruts couvrent une faible surface (3,07%) et sont représentés par la sous classe des sols non climatique d'apport alluvial.

### 3.2. Evaluation des terres selon le système d'évaluation pour l'irrigation développé par la FAO en Iran

La carte thématique réalisée par MapInfo [9] représente des classes d'aptitudes des unités de sols à l'irrigation selon le système d'évaluation FAO en Iran, sur les 16 unités de sols délimitées et dont nous avons évalués les caractéristiques et qualités, seules trois unités présentent une aptitude modérée. Sept unités sont à aptitude marginale et six unités inaptes à l'irrigation (figure 5). Les types de contraintes spécifiques aux unités se présentent comme suit :

- **Profondeur** : Elle constitue une contrainte pour l'unité (U2).
- **Couche limitant la profondeur** : Dans son ensemble, elle ne présente pas de contraintes majeures dans les sols de la plaine d'El Outaya. Il faut noter toutefois qu'à certaines profondeurs, le développement rhizofonctionnel des cultures peut être soumis à des limites et ce au vu des pratiques culturales traditionnelles qui font que les agriculteurs, lors des labours, favorisent la formation de semelles compactes préjudiciables du point de vue mécanique physique et du point de vue de la fertilité pour les plantes.
- **Piérrosité de la couche arable et cailloux dans le sol** : Les cailloux que ce soit du point de vue de leurs caractéristiques (tailles) ou du point de vue de leur teneur ne constituent pas une contrainte pour les cultures à l'exception des unités (U5 et U6) où ils présentent une contrainte marginale.
- **Texture du sol** : Dans l'ensemble, la texture est légèrement à fortement contraignante surtout là où/ les teneurs en argile dépassent les 50% ce qui est le cas des unités (U2, U5, U8, U11 et U16).
- **Perméabilité du sol** : Elle est modérée à lente ; elle est ainsi légèrement à moyennement contrainte.
- **Relief** : La plaine d'El Outaya présente un relief plat à l'exception des unités (U5 et U6) qui sont légèrement inclinées. De ce fait, la topographie ne constitue pas une contrainte pour l'irrigation.
- **Etat actuel de l'érosion** : Elle est totalement faible au niveau des 16 unités.
- **Salinité** : Elle constitue une contrainte sévère à très sévère pour les unités (U2, U4, U7, U8, U14 et U16). Les unités (U1, U5 et U3) présentent une conductivité électrique de 4 à 8 dS/m, de ce fait, la salinité est contraignante. Enfin, elle constitue une limite faible à légère pour les unités (U3, U6, U9, U10 et U12).
- **Alcalinité** : Elle ne constitue pas de contrainte pour les unités (U3, U6 et U12), La contrainte est modérée à marginale pour les unités (U1, U2, U4, U5, U7, U8, U10, U11, U13 et U15). Elle est sévère au niveau du reste des unités.
- **Risque d'inondation** : Il est temporaire sur toutes les unités, son effet limitant est léger.
- **Niveau de la nappe phréatique** : il est profond sauf l'unité U2 ; de ce fait, Il ne constitue pas un problème majeur pour les plantes.

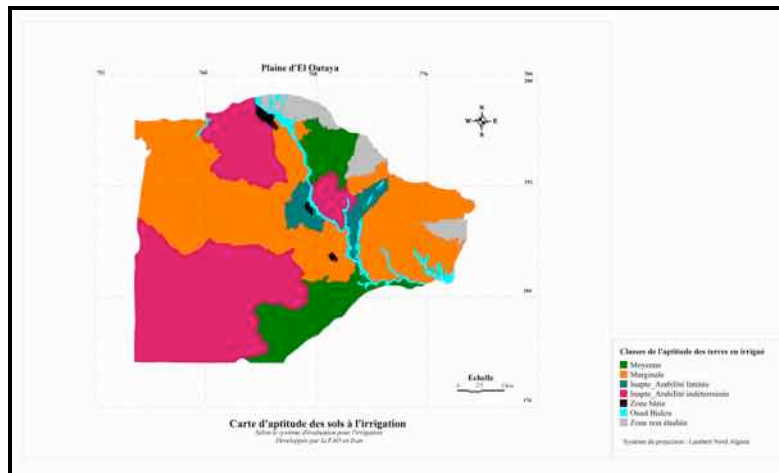


Figure 5. Carte d'aptitude des sols à l'irrigation selon le système d'évaluation FAO en Iran

#### 4. CONCLUSION

A travers les résultats obtenus par l'évaluation des terres pour l'irrigation à l'aide d'un SIG selon le système d'évaluation développé par la FAO en Iran, au niveau de la plaine d'El Outaya (Biskra), il ressort que l'aptitude est modérée pour 03 unités, elle est marginale pour 07 unités, enfin les terres sont inaptes pour l'irrigation pour 06 unités. Les contraintes dominantes au niveau des unités sont :

- les contraintes physiques (S): la profondeur, la couche limitant la profondeur, la pierrosité de la couche arable, les cailloux, la texture et la perméabilité du sol.
- les contraintes topographiques (T): la pente, le micro relief et l'état actuel de l'érosion.
- Les contraintes dues à la salinité et à l'alcalinité (A).
- Les contraintes dues au drainage (W) : l'inondation et le niveau de la nappe phréatique.

Ce travail peut servir de base à des études futures qui aborderont l'aménagement hydro-agricole dans cette région.

#### REFERENCES

- [1] FAO., 1976.- A Formwork for land evaluation soils. Bulletin. N° : 34.72p.
- [2] FAO (1983). Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture. FAO Soils Bulletin, 52, FAO, Rome, 237 p.
- [3] FAO (1985). Guidelines: Land Evaluation for Irrigated Agriculture. FAO Soils Bulletin 55, FAO, Rome, 290 p.
- [4] Gaouas A., (1994) : Essai Méthodologique De L'évaluation Pédo-Climatique Des Aptitudes Culturelles Des Terres D'après Les Principes De La F.A.O. (1976). Exemple Pour El-Omaria (W. Médéa). Annales de l'Institut national agronomique - El Harrach (Alger) Volume 15, Numéro 1, Pages 48-62
- [5] Zouaoui A., 1991.- Contribution à l'étude de l'évaluation des terres de la plaine de Remila (Kaïs w-de Khenchela). Thèse Magister., Univ Batna, 192 p.
- [6] ANRH., 1980.- Carte pédologique de la plaine d'El Ouataya. Echelle 1/50000°.
- [7] Sys C., Vanranst E., Debaveye J., 1991.- Land evaluation Part I and Part II. Principal land evaluation and crop production calculations. Methods land evaluation. ITC for post graduate soil scientists. Univ Gent, Belgium. Agri.Publ.N° :7.520p.
- [8] Lezzar A., 1980.- Etude agropédologique de la plaine d'El Ouataya. Echelle 1/100000°.
- [9] Zidi A., 2016.- Contribution à l'évaluation des terres à l'aide d'un SIG. Cas des sols de la plaine d'El-Outaya W.de Biskra. Mém. Master. Univ. Batna 1, 90p.



## **Thème 3:**

Conservation et valorisation des potentialités  
agrobiologiques des sols

## VALORISATION DE LA BIODIVERSITE ACTINOBACTERIENNE DES BIOTOPES SAHARIENS PAR LA RECHERCHE DE NOUVEAUX TAXA ET DE NOUVEAUX ANTIBIOTIQUES POTENTIELLEMENT INTERESSANTS DANS LES DOMAINES AGRO-ALIMENTAIRES ET PHARMACEUTIQUES

**BOURAS N.<sup>1,2</sup>, ZITOUNI A.<sup>1</sup>, MOKRANE S.<sup>1</sup>, MEKLAT A.<sup>1</sup>, LAHOUM A.<sup>1</sup>, MERROUCHE R.<sup>1</sup>, BOUBETRA D.<sup>1</sup>, BOUZNADA K.<sup>1</sup>, CHAABANE CHAOUCH F.<sup>1</sup>, LAMARI L.<sup>1</sup>, SAKER R.<sup>1</sup>, TATA S.<sup>1</sup>, AOUCHE A.<sup>1</sup>, BADJI B.<sup>1</sup>, YEKKOUR A.<sup>1</sup>, BOUDJELLA H.<sup>1</sup>, TOUMATIA O.<sup>1</sup>, DRICHE E.H.<sup>1</sup>, KHEBIZI N.<sup>1</sup>, BOUDJELAL F.<sup>1</sup>, BELGHIT S.<sup>1</sup>, MATHIEU F.<sup>3</sup>, LEBRIHI A.<sup>3</sup>, SCHUMANN P.<sup>4</sup>, SPRÖER C.<sup>4</sup>, KLENK H-P.<sup>5</sup> et SABAOU N.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (LBSM), Ecole Normale Supérieure de Kouba, Alger, Algeria*

<sup>2</sup>*Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre, Université de Ghardaïa, BP 455, Ghardaïa 47000, Algeria*

<sup>3</sup>*Laboratoire de Génie Chimique, Université de Toulouse, CNRS, Toulouse, France*

<sup>4</sup>*DSMZ - German Collection of Microorganisms and Cell Cultures, Inhoffenstraße 7B, 38124 Braunschweig, Germany*

<sup>5</sup>*School of Biology, Newcastle University, Ridley Building, Newcastle upon Tyne, NE1 7RU, United Kingdom*

[noureddine\\_bouras@yahoo.fr](mailto:noureddine_bouras@yahoo.fr)

**Résumé :** Devant la recrudescence de la résistance des bactéries aux antibiotiques, et devant les insuffisances de la thérapie fongique, l'industrie pharmaceutique s'est tournée de nouveau vers la recherche d'antibiotiques innovants. Le présent travail consiste à rechercher de nouveaux antibiotiques et de nouvelles souches productrices, à partir de biotopes particuliers. Environ 700 souches d'actinobactéries appartenant à plusieurs genres dont certains sont rares de par le monde ont été isolées à partir d'échantillons de sols sahariens (palmeraies, regs, gisements, paléosols, sols salés, sebkhas, etc.) en utilisant des techniques sélectives mises au point dans notre laboratoire. Ces souches ont été étudiées sur la base des critères morphologique, chimique, physiologique et moléculaire. Les souches ont été rattachées à 2 nouveaux genres et 26 nouvelles espèces. Les souches d'actinobactéries ont été testées contre plusieurs microorganismes pathogènes. Après la réalisation des cinétiques de production en milieu liquide, les antibiotiques ont été purifiés par chromatographie sur plaques de gel de silice et par HPLC, puis caractérisés par des études spectroscopiques qui ont abouti à leur structure chimique. Les résultats ont montré la présence de 60 antibiotiques appartenant aux familles ou groupes suivants: anthracyclines, angucyclines, macrolides, dithiopyrrolones, caerulomycines, cyanogrisides, phénicolés, dipeptides, phthalates, alkylphenols, chaetoglobosine, furanone, antibiotiques nucléotidiques, aminosides et aromatiques. Parmi les 60 antibiotiques, 37 (près de 62%) sont des molécules originales. Les concentrations minimales inhibitrices ont été réalisées. Un brevet a été déposé pour certaines molécules appartenant aux familles des anthracyclines et des macrolides. Certaines anthracyclines, angucyclines et dithiopyrrolones sont connues pour leur activité anticancéreuse. Les macrolides et les aminosides sont très utilisés pour le traitement des infections bactériennes, et les antibiotiques nucléotidiques pour les traitements antiviraux. Certains antibiotiques appartenant à ces familles sont aussi utilisés pour le traitement des plantes contre les maladies bactériennes et fongiques. Ceci rehausse l'intérêt d'une telle étude dont les perspectives s'avèrent assez intéressantes.

**Mots clés:** actinobactéries, biotopes sahariens, taxonomie, nouvelles espèces bactériennes, nouveaux antibiotiques.

## تثمين التنوع البيولوجي للأكتينوباكترية في النظم البيئية الصحراوية من خلال البحث عن أنواع بكتيرية جديدة ومضادات حيوية جديدة مفيدة في المجالات الزراعية-الغذائية والصيدلانية

**ملخص :** تمثل زيادة المقاومة البكتيرية للمضادات الحيوية وكذا القصور في علاج الفطريات، محفزا لمصانع الأدوية للبحث عن مضادات حيوية جديدة. يتضمن هذا العمل البحث عن مضادات حيوية جديدة انطلاقا من سلالات بكتيرية جديدة معزولة من أنظمة بيئية صحراوية. تم عزل حوالي 700 سلالة من الأكتينوباكترية والتي تنتمي إلى عدة أجناس نادرة في العالم وذلك من عينات التربة الصحراوية (بساتين النخيل، والرواسب، والترب المالحة، والسبخات، إلخ) باستخدام تقنيات انتقائية تم تطويرها في مختبرنا. تمت دراسة هذه السلالات على أساس المعايير المورفولوجية والكيميائية والفسلوجية والجزئية. وقد تم تحديد جنسين جديدين و 26 نوعا جديدا. وقد تم اختبار هذه السلالات المعزولة ضد العديد من الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض. وقد أنجزت حركة إنتاج المضادات الحيوية في أوساط مغذية سائلة. وقد تم إنتاج المضادات الحيوية، وتنقيتها بواسطة مختلف الطرق الكروماتوغرافية (HPLC وغيرها)، كما تم تحديد بنيتها الكيميائية بواسطة الدراسات الطيفية. وأظهرت النتائج وجود 60 مضادا حيويا تنتمي إلى المجموعات الكيميائية التالية: الأنتراسيكلينات، الأنفوسكليينات، الماكروليديات، الديثيولوبيرولونات، السيرولوميسينات، السيانوقريزيدات، الفينيكولات، ثنائي البيبتيدات، الفثالونات، الألكيل فينولات، الكيتوغلوبوسينات، الفيورانون، المضادات الحيوية النوكليوتيدية، الأمينوغليكوزيدات والمضادات الحيوية العطرية. 37 من مجموع هذه المضادات الحيوية (وهو ما يمثل حوالي 62%) هي جزيئات أصلية تعرف لأول مرة، كما تم تحديد الحد الأدنى من التركيزات المثبطة. وقد نجم عن ذلك تقديم براءة اختراع لجزيئات معينة تعود لعائلات الأنتراسيكلينات والماكروليديات. بعض الأنتراسيكلينات، والأنفوسكليينات والديثيولوبيرولونات معروفة بأنشطتها المفيدة المضادة للسرطان. وتستخدم الماكروليديات والأمينوغليكوزيدات على نطاق واسع لعلاج الالتهابات البكتيرية. وتستخدم المضادات الحيوية النوكليوتيدية كمضادات للفيروسات. وتستخدم بعض المضادات الحيوية التي تنتمي إلى هذه المجموعات أيضا لعلاج أمراض النباتات الأمراض التي تسببها البكتيريا والفطريات. وهذا يعزز الاهتمام بمثل هذه الدراسات والتي لها آفاق مثيرة للاهتمام.

**كلمات دالة :** الأكتينوبكتيريا، الأنظمة الصحراوية، التصنيف، مضادات حيوية جديدة، أنواع بكتيرية جديدة.

### 1. INTRODUCTION

Devant la recrudescence de la résistance des bactéries aux antibiotiques, et devant les insuffisances de la thérapie fongique, l'industrie pharmaceutique s'est tournée de nouveau vers la recherche d'antibiotiques innovants [1]. A cet effet, nous présentons une rétrospective des travaux de notre laboratoire sur la recherche de nouveaux antibiotiques et de nouvelles souches ou espèces d'actinobactéries (bactéries à Gram positif, à GC  $\geq$  à 55% et dont la plupart sont mycéliennes) à partir des biotopes sahariens qui ne sont pas encore bien exploités [1].

### 2. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Environ 700 souches d'actinobactéries mycéliennes appartenant à plusieurs genres dont certains sont rares de par le monde ont été isolées à partir d'échantillons de sols sahariens (palmeraies, regs, gisements, paléosols, sols salés, sebkhas, etc.) en utilisant des techniques sélectives mises au point dans notre laboratoire. Ces souches ont été étudiées d'un point taxonomique sur la base des critères morphologiques, chimiques (analyse des constituants cellulaires), physiologiques et moléculaires (séquençage du gène codant pour l'ARNr 16S, phylogénie et parfois hybridation ADN/ADN si cela est nécessaire).

L'ensemble des résultats obtenus au niveau de laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (en collaboration avec plusieurs laboratoires européens) ont été présentés comme une synthèse d'une vingtaine d'années de travaux de recherches.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

Les souches isolées ont été rattachées à 2 nouveaux genres et 26 nouvelles espèces.

Les nouveaux taxons obtenus sont les suivants:

- Nouveaux genres (et espèces) : *Mzabimyces algeriensis* [2] et *Bounagaea algeriensis* [3].
- Genre *Saccharothrix* (6 nouvelles espèces): *S. algeriensis* [4], *S. saharensis* [5], *S. hoggarensis* [6], *S. tamanrassetensis* [7], *S. isguenensis* [8] et *S. ghardaiensis* [9].
- Genre *Actinopolyspora* (5 nouvelles espèces): *A. algeriensis* [10], *A. saharensis* [11], *A. mzabensis* [12], *A. righensis* [13] et *A. biskrensis* [14].
- Genre *Streptosporangium* (3 nouvelles espèces): *Sg. algeriense* [15], *Sg. saharensis* [16] et *Sg. becharensis* [17].

- Genre *Actinomadura* (2 nouvelles espèces): *Ac. algeriensis* [18] et *Ac. adrarensis* [19].
- Nouvelles espèces appartenant à d'autres genres: *Planomonospora algeriensis* [20], *Streptomonospora algeriensis* [21], *Nocardiosis algeriensis* [22], *Actinophytocola algeriensis* [23], *Saccharopolyspora ghardaiensis* [24], *Actinokineospora mzabensis* [25], *Prauserella isguenensis* [26], *Actinoalloteichus hoggarensis* [27] et *Thermoactinomyces khenchelensis* [28]. Nous signalons que *Thermoactinomyces khenchelensis*, bien que ce soit une bactérie mycélienne, est classée parmi les *Firmicutes* en raison de son GC < à 55% et de sa phylogénie.

Les souches d'actinobactéries ont été testées contre plusieurs microorganismes pathogènes pour les plantes (phytopathogènes) ou pathogènes et/ou toxigènes pour l'homme. Les souches ayant montré un spectre d'action intéressant ont été retenues pour une étude approfondie de leurs antibiotiques. Après la réalisation des cinétiques de production en milieux liquides, les antibiotiques ont été purifiés par chromatographie sur plaques de gel de silice ou sur colonne de séphadex LH20, et par HPLC, puis caractérisés par des études spectroscopiques (UV-Visible, Infra Rouge, RMN du proton et du carbone 13) qui ont abouti à leur structure chimique.

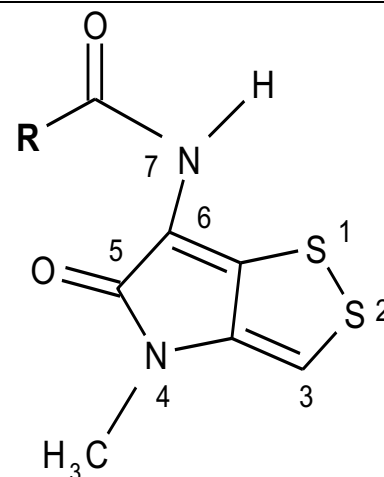
Les résultats ont montré la présence de 62 antibiotiques appartenant aux familles ou groupes indiqués ci-dessous.

- Anthracyclines: mutactimycines C, PR, F et G [29, 30].
- Angucyclines : saquayamycines A et C [31], vinéomycine A1 [25], antibiotiques X3 et X4 (Tata *et al.*, résultats non publiés).
- Angucyclinones: antibiotique R2 [32], rabélomycine (Tata *et al.*, résultats non publiés).
- Macrolides: aldgamycines G et H et swalpamycine B [28]; oligomycines A et E [33].
- Dithiopyrrolones: 3-méthyl-2-butenoyl-pyrrothine, tigloyl-pyrrothine et *n*-butyropyrrothine [34], valéryl-pyrrothine, benzoyl-pyrrothine, déméthyl-benzoyl-pyrrothine et formoyl-pyrrothine [35], isovaléryl-pyrrothine, crotonyl-pyrrothine, sorbyl-pyrrothine, 2-hexonyl-pyrrothine et 2-méthyl-3-pentenyl-pyrrothine [36, 37].
- Caerulomycines: caerulomycine A (isomère E), caerulomycine A (isomère Z), caerulomycine F et caerulomycinonitrile [38].
- Cyanogrisides: cyanogrisides I, J, K et L [38].
- Phénicolés (aromatique): chloramphénicol [39].
- Epoxy- $\beta$ -aminocétone : antibiotique M [37].
- Dipeptides contenant de l'acide hydroxamique [40].
- Phthalates: di-(2-ethylhexyl) phthalate [41].
- Aromatiques: maculosine [37], antibiotiques 104A1, 104A2 et 104A3 [42], NM94A1, NM94A2, NM94A3, NM94A4 et NM94A5 [43], et 170A [44].
- Composés insaturés et époxylés : antibiotiques A4 et A5 [45].
- Alkylphenols: 4-di-tert-butylphénol [46].
- Alcaloïdes : chaetoglobosine A [24].
- Furanone: antibiotique AT37 [47].
- Composés cycliques contenant des acides aminés : actinomycine D [48].
- Aminosides (structure partielle): antibiotiques A, B, C et D [49], antibiotique F1 [50].
- Antibiotiques nucléotidiques: ZA01 et ZA02 (structures partielles) [51].

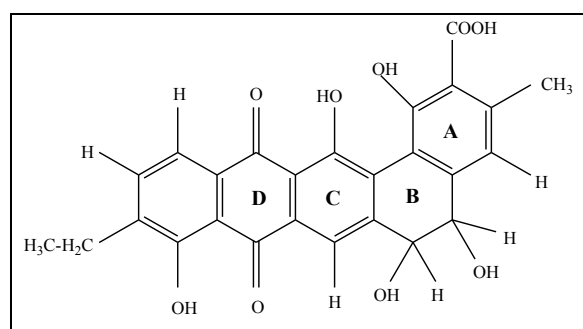
Parmi les 62 antibiotiques, 37 (environ 60%) sont des molécules originales. Les concentrations minimales inhibitrices ont été réalisées. Un brevet a été déposé pour certaines molécules appartenant aux familles des anthracyclines et des macrolides. Les figures 1, 2, 3, 4 et 5 montrent la structure de certains antibiotiques nouveaux.

**15 dithiopyrrolones selon le radical R.**

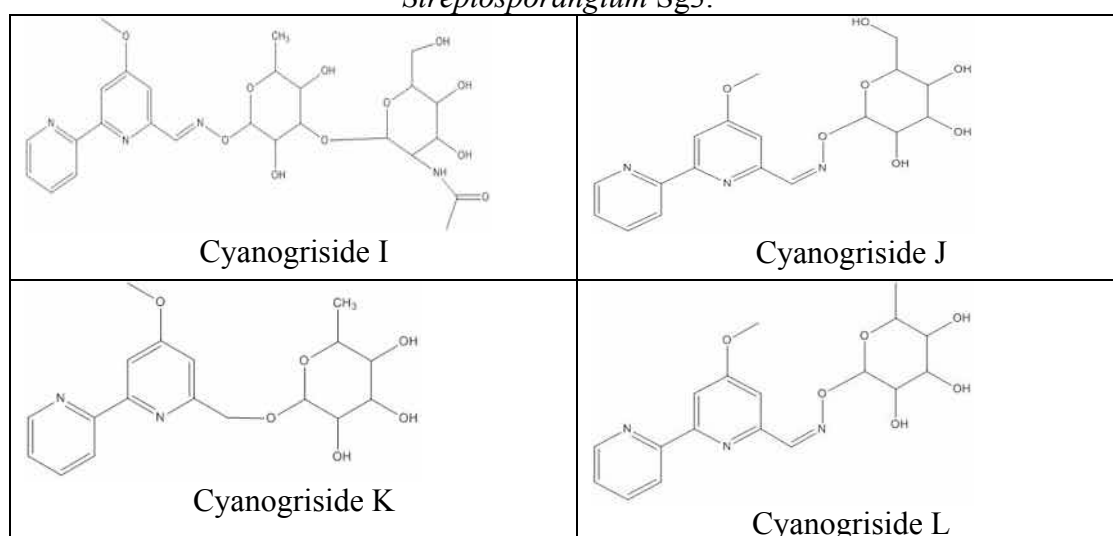
- R = -CH<sub>3</sub>. Thiolutine.  
 R = -CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Iso-butyryl-pyrrothine\*.  
 R = -(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>. Butanoyl pyrrothine.  
 R = -CH=C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Sénécioyl pyrrothine\*.  
 R = -C(CH<sub>3</sub>)=CH(CH<sub>3</sub>). Tigloyl pyrrothine\*.  
 R = -C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>. Benzoyl pyrrothine\*.  
 R = -C<sub>5</sub>H<sub>9</sub>. Penténoyl pyrrothine\*.  
 R = -H. Formyl-pyrrothine.  
 R = -CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>. Propionyl-pyrrothine (= auréothricine).  
 R = -CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>. Valéryl-pyrrothine\*.  
 R = -CH(CH<sub>3</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>. Isovaléryl-pyrrothine\*.  
 R = -CH=CH-CH<sub>3</sub>. Crotonyl-pyrrothine\*.  
 R = -CH=CH-CH=CH-CH<sub>3</sub>. Sorbyl-pyrrothine\*.  
 R = -CH=CH-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>. Sorbyl-pyrrothine réduite\*.  
 R = -CH<sub>3</sub>. Holomycine (comme la thiolutine, mais possède un H lié à l'azote n° 4 au lieu du CH<sub>3</sub> comme la thiolutine).



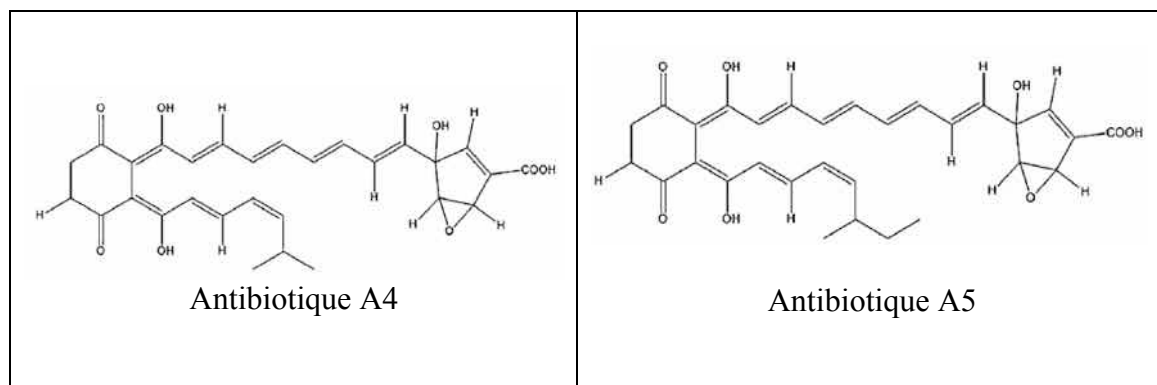
**Figure 1.** Structure des dithiopyrrolones sécrétés par *Saccharothrix algeriensis* NRRL B-24137 (\* = nouveaux antibiotiques).



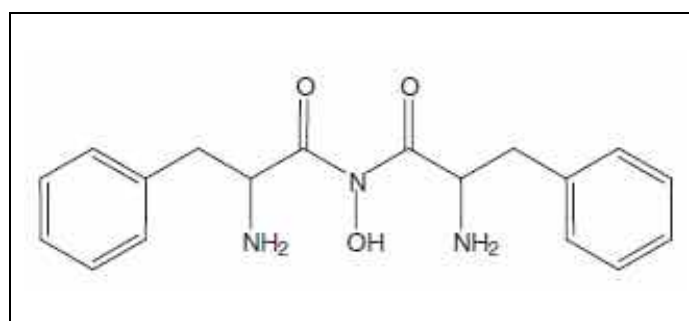
**Figure 2.** Nouvel antibiotique (R2) de la famille des angucyclinones sécrété par *Streptosporangium* Sg3.



**Figure 3.** Nouveaux antibiotiques du groupe des cyanogrisides sécrétés par *Saccharothrix* sp. ABH26.



**Figure 4.** Nouveaux antibiotiques (A4 et A5) sécrétés par *Saccharothrix tamanrassetensis* SA198.



**Figure 5.** Nouvel antibiotique dipeptidique (W9) sécrété par *Streptomyces* sp. WAB9.

Les antibiotiques (parmi lesquels certains sont nouveaux) possèdent des activités qui sont très souvent très fortes contre les bactéries à Gram positif et les champignons, et faibles, moyennes à fortes contre les bactéries à Gram négatif. Les microorganismes inhibés sont pathogènes ou toxigènes pour l'homme ou encore phytopathogènes.

*Saccharothrix algeriensis* et ses dithiolyrrolones ont montré une protection très intéressante contre la fusariose de plusieurs plantes [52]. Il en est de même pour *Streptomyces mutabilis* et l'actinomycine D qu'elle sécrète [48], ainsi que d'autres souches d'actinobactéries et les antibiotiques sécrétés.

De même, plusieurs souches d'actinobactéries (appartenant aux genres *Streptomyces* et *Saccharothrix*) se sont révélées capable de dégrader presque totalement l'aflatoxine B [53], une mycotoxine qui est très cancérigène, ce qui ajoute de l'importance au souches.

Certaines anthracyclines, angucyclines, angucyclinones et dithiolyrrolones sont connues dans la littérature pour leur activité anticancéreuse. Les macrolides et les aminosides sont très utilisés pour le traitement des infections bactériennes, et les antibiotiques nucléotidiques pour les traitements antiviraux. Certains antibiotiques appartenant à ces familles sont aussi utilisés pour le traitement des plantes contre les maladies bactériennes et fongiques.

Ceci rehausse l'intérêt d'une telle étude dont les perspectives s'avèrent assez intéressantes.

## REFERENCES

- [1] Sabaou N., Boudjella H., Bennadji A., Mostefaoui A., Zitouni A., Lamari L., Bennadji H., Lefèbre G., Germain P. (1998). Les sols des oasis du Sahara algérien, source d'actinomycètes rares producteurs d'antibiotiques. *Sécheresse*. 9,147–153
- [2] Saker R., Bouras N., Zitouni A., Ghoul M., Rhode M., Schumann P., Spröer C., Sabaou

- N., Klenk H-P. (2014). *Mzabimyces algeriensis* gen. nov., sp. nov., a halophilic filamentous actinobacterium isolated from Saharan soil, and proposal of *Mzabimycetaceae* fam. nov. *Antonie van leeuwenhoek*. 106: 1021–1030.
- [3] Meklat A., Bouras N., Mokrane S., Zitouni A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2015). *Bounagaea algeriensis* gen. nov., sp. nov., an extremely halophilic actinobacterium isolated from a Saharan soil of Algeria. *Antonie van leeuwenhoek*. 108: 473–482.
- [4] Zitouni, A., Lamari, L., Boudjella, H., Badji, B., Sabaou, N., Gaouar, A., Mathieu, F., Lebrihi, A., Labeda, D.P. (2004a). *Saccharothrix algeriensis* sp. nov., isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 54: 1377–1381.
- [5] Boubetra D., Zitouni A., Bouras N., Mathieu F., Lebrihi A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2013a). *Saccharothrix saharensis* sp. nov., an actinomycete isolated from Algerian Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 63: 3744–3749.
- [6] Boubetra D., Zitouni A., Bouras N., Mathieu F., Lebrihi A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2013b). *Saccharothrix hoggarensis* sp. nov., a novel actinomycete isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 63: 549–553.
- [7] Boubetra D., Zitouni A., Bouras N., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2015). *Saccharothrix tamanrassetensis* sp. nov., an actinomycete isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 65: 1316–1320.
- [8] Bouznada K., Bouras N., Mokrane S., Chaabane Chaouch F., Zitouni A., Pötter G., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2016a). *Saccharothrix isguenensis* sp. nov., a novel actinobacterium isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 66: 4785–4790.
- [9] Bouznada K., Bouras N., Mokrane S., Chaabane Chaouch F., Zitouni A., Pötter G., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2017). *Saccharothrix ghardaiensis* sp. nov., an actinobacterium isolated from Saharan soil. *Antonie van leeuwenhoek*. 110: 399–405.
- [10] Meklat A., Bouras N., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2012). *Actinopolyspora algeriensis* sp. nov., a novel halophylic actinomycete isolated from Saharan soil. *Extremophiles*. 16: 771–776.
- [11] Meklat A., Bouras N., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2013a). *Actinopolyspora saharensis* sp. nov., a novel halophilic actinomycete isolated from a Saharan soil of Algeria. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 103: 771–776.
- [12] Meklat A., Bouras N., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2013b). *Actinopolyspora mzabensis* sp. nov., a halophilic actinomycete isolated from an Algerian Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 63: 3787–3792.
- [13] Meklat A., Bouras N., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2013c). *Actinopolyspora righensis* sp. nov., a novel halophilic actinomycete isolated from Saharan soil in Algeria. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 104: 301–307.
- [14] Saker R., Bouras N., Meklat A., Zitouni A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2015a). *Actinopolyspora biskrensis* sp. nov., a novel halophilic actinomycete isolated from northern Sahara. *Current Microbiology*. 70: 423–428.
- [15] Boubetra D., Bouras N., Zitouni A., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2016). *Streptosporangium algeriense* sp. nov., an actinobacterium isolated from desert soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 66: 1034–1038.
- [16] Chaabane Chaouch F., Bouras N., Mokrane S., Zitouni A., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2016a). *Streptosporangium saharense* sp. nov., an actinobacterium

- isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 66: 1371–1376.
- [17] Chaabane Chaouch F., Bouras N., Mokrane S., Zitouni A., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2016b). *Streptosporangium becharensense* sp. nov., an actinobacterium isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 66: 2484–2490.
- [18] Lahoum A., Bouras N., Mathieu F., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2015). *Actinomadura algeriensis* sp. nov., an actinobacterium isolated from Saharan soil. *Antonie van leeuwenhoek*. 109: 159–165.
- [19] Lahoum A., Bouras N., Verheecke C., Mathieu F., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2016). *Actinomadura adrarensis* sp. nov., an actinobacterium isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 66: 2724–2729.
- [20] Chaabane Chaouch F., Bouras N., Mokrane S., Bouznada K., Zitouni A., Pötter G., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2017). *Planomonospora algeriensis* sp. nov., an actinobacterium isolated from a Saharan soil of Algeria. *Antonie van leeuwenhoek*. 110: 245–252.
- [21] Meklat A., Bouras N., Riba A., Zitouni A., Mathieu F., Rhode M., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2014a). *Streptomonospora algeriensis* sp. nov., a halophilic actinomycete isolated from soil in Algeria. *Antonie van leeuwenhoek*. 106: 287–292.
- [22] Bouras N., Meklat A., Zitouni A., Mathieu F., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2015). *Nocardiopsis algeriensis* sp. nov., an alkalitolerant actinomycete isolated from Saharan soil. *Antonie van leeuwenhoek*. 107: 313–320.
- [23] Bouznada K., Bouras N., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2016b). *Actinophytocola algeriensis* sp. nov., an actinobacterium isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 66: 4785–4790.
- [24] Meklat A., Bouras N., Zitouni A., Sabaou N., Mathieu F., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P. (2014b). *Saccharopolyspora ghardaiensis* sp. nov., an extremely halophilic actinomycete isolated from Algerian Saharan soil. *Journal of Antibiotics*. 67: 299–303.
- [25] Aouiche A., Bouras N., Mokrane S., Zitouni A., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2015). *Actinokineospora mzabensis* sp. nov., a halophilic actinomycete isolated from soil in Algeria. *Antonie van leeuwenhoek*. 107: 291–296.
- [26] Saker R., Bouras N., Meklat A., Zitouni A., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2015b). *Prauserella isguenensis* sp. nov., a halophilic actinomycete isolated from desert soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 65: 1598–1603.
- [27] Boudjelal F., Zitouni A., Bouras N., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2015). *Actinoalloteichus hoggarensis* sp. nov., an actinomycete isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 65: 2006–2010.
- [28] Mokrane S., Bouras N., Meklat A., Lahoum A., Zitouni A., Verheecke C., Mathieu F., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2016). *Thermoactinomyces khenchelensis* sp. nov., a filamentous bacterium isolated from soil sediment of terrestrial hot spring. *Antonie van leeuwenhoek*. 109: 311–317.
- [29] Zitouni A., Boudjella H., Mathieu F., Sabaou N., Lebrihi A. (2004b). Mutactimycin PR, a new anthracycline antibiotic from *Saccharothrix* sp. SA 103. I. Taxonomy, fermentation, isolation and biological activities. *Journal of Antibiotics*. 57: 367–372.
- [30] Zitouni A., Mathieu F., Coppel Y., Pont F., Sabaou N., Lebrihi A. (2004c). Mutactimycin PR, a new anthracycline antibiotic from *Saccharothrix* sp. SA 103. II. Physicochemical properties and structure elucidation. *Journal of Antibiotics*. 57: 373–378.
- [31] Aouiche A., Bijani C., Zitouni A., Mathieu F., Sabaou N. (2014). Antimicrobial activity of saquayamycins produced by *Streptomyces* spp. PAL114 isolated from a Saharan soil.



*Journal of Medical Mycology*. 24: 17–23.

[32] Boudjella H., Zitouni A., Coppel Y., Mathieu F., Monje M-C, Sabaou N., Lebrihi A. (2010). Antibiotic R2, a new angucyclinone compound from *Streptosporangium* sp. Sg3. *Journal of Antibiotics*. 63: 709–711.

[33] Khebizi N., Boudjella H., Bijani C., Bouiras N., Klenk H-P., Mathieu F., Sabaou N. (2017). Oligomycins A and E, major bioactive secondary metabolites produced by *Streptomyces* sp. strain HG29 isolated from a Saharan soil. *Journal of Medical Mycology*. 16: 30260–30268.

[34] Lamari L., Zitouni A., Boudjella H., Badji B., Sabaou N., Lebrihi A., Lefebvre G., Seguin E., Tillequin F. (2002). New dithiolopyrrolone antibiotics from *Saccharothrix* sp. SA 233 – I. Taxonomy, production, isolation and biological properties. *Journal of Antibiotics*. 55: 696–701.

[35] Bouras N., Merrouche R., Lamari L., Mathieu F., Sabaou N., Lebrihi A. (2008). Precursor-directed biosynthesis of new dithiolopyrrolone analogs by *Saccharothrix algeriensis* NRRL B-24137 *Process Biochemistry*, 43: 1244–1252.

[36] Merrouche R., Bouras N., Coppel Y., Mathieu F., Sabaou N., Lebrihi A. (2011). New dithiolopyrrolones antibiotics induced by adding sorbic acid to the culture medium of *Saccharothrix algeriensis* NRRL B-24137. *FEMS Microbiology Letters*. 318: 41–46.

[37] Merrouche R., Bouras N., Coppel Y., Mathieu F., Monje M-C., Sabaou N., Lebrihi A. (2010). Dithiolopyrrolone antibiotic formation induced by adding valeric acid to the culture broth of *Saccharothrix algeriensis* *Journal of Natural Products*. 73: 1164–1166.

[38] Lahoum A. (2017). Souches d'actinobactéries mycéliennes des sols sahariens: mise en évidence de nouvelles espèces et de nouveaux antibiotiques et réduction de la concentration en aflatoxine B1. Thèse de Doctorat soutenue à l'ENS de Kouba.

[39] Aouiche A., Meklat A., Sabaou N., Zitouni A., Bijani C., Mathieu F., Lebrihi A. (2012). *Saccharothrix* sp. PAL54, a new chloramphenicol-producing strain isolated from a Saharan soil. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 42: 943–951.

[40] Yekkour A., Meklat A., Bijani C., Toumatia O., Errakhi R., Lebrihi A., Mathieu F., Zitouni A., Sabaou N. (2015). A novel hydroxamic acid-containing antibiotic produced by a Saharan soil-living *Streptomyces* strain. *Letters in Microbiology*. 60: 589–596.

[41] Driche E.H., Belghit S., Bijani C., Zitouni A., Sabaou N., Mathieu F., Badji B. (2015). A new *Streptomyces* strain isolated from Saharan soil produces di-(2-ethylhexyl) phthalate, a metabolite active against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Annals of Microbiology*. 65: 1341-1350.

[42] Badji B., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Sabaou N. (2006). Antimicrobial compounds produced by *Actinomadura* sp. AC104, isolated from an Algerian Saharan soil. *Canadian Journal of Microbiology*. 52: 373-382.

[43] Badji B., Mostefaoui A., Sabaou N., Mathieu F., Germain P., Lebrihi A., Seguin E., Tillequin F. (2007). Isolation and partial characterization of antifungal antibiotics from a new strain, *Nonomuraea* sp. NM 94. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 34: 403-412.

[44] Badji B, Mostefaoui A, Sabaou N, Mathieu F, Lebrihi A (2011). Identification of a new strain of *Actinomadura* isolated from Saharan soil and partial characterization of its antifungal compounds. *African Journal of Biotechnology*. 10: 13878–13886.

[45] Boubetra D., Sabaou N., Zitouni A., Bijani C., Lebrihi A., Mathieu F. (2013c). Taxonomy and chemical characterization of new antibiotics produced by *Saccharothrix* SA198 isolated from a Saharan soil. *Microbiological Research*. 168: 223–230.

[46] Belghit S, Driche EH, Bijani C, Zitouni A., Sabaou N., Badji B., Mathieu F. (2016). Activity of 2,4-Di-tert-butylphenol produced by a strain of *Streptomyces mutabilis* isolated from a Saharan soil against *Candida albicans* and other pathogenic fungi. *Journal of Medical*

*Mycology*. 26:160–169.

[47] Driche E.H., Sabaou N., Bijani C., Zitouni A., Pont F., Mathieu F., Badji B. (2017). *Streptomyces* sp. AT37 isolated from a Saharan soil produces a furanone derivative active against multidrug-resistant *Staphylococcus aureus*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 33: 105–115.

[48] Toumatia O., Yekkour A., Goudjal Y., Riba A., Coppel Y., Mathieu F., Sabaou N. and Zitouni A. 2014. Antifungal properties of an actinomycin D-producing strain, *Streptomyces* sp. IA1, isolated from a Saharan soil. *Journal of Basic Microbiology*. 54: 1–8.

[49] Boudjella H., Bouti, Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Sabaou N. 2006. Taxonomy and chemical characterization of antibiotics of *Streptosporangium* Sg 10 isolated from a Saharan soil. *Microbiological Research*. 161: 288–298.

[50] Boudjelal F., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Sabaou N. 2011. Taxonomy and antimicrobial activities of two novel halophilic *Saccharomonospora* strains isolated in Algerian Sahara soils. *Annals of Microbiology*. 61: 299–305.

[51] Zitouni A. (2005). Nouveaux composés actifs mutactimycines et algamycines et leur utilisation thérapeutique. Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Sabaou N. Institut National Polytechnique de Toulouse (INPT). EP 2202293 A2.

[52] Merrouche R., Yekkour A., Lamari L., Zitouni A., Mathieu F., Sabaou N. (2017). Efficiency of *Saccharothrix algeriensis* NRRL B-24137 and its produced antifungal dithiopyrrolones compounds to suppress *Fusarium oxysporum*-Induced wilt disease occurring in some cultivated crops. *Arab Journal of Science Engineering*, 42: 2321-2327.

[53] Lahoum A., Verheecke-Vaessen C., Bouras N., Sabaou N., Mathieu F. (2017). Taxonomy of mycelial actinobacteria isolated from Saharan soils and their efficiency to reduce aflatoxin B1 content in a solid-based medium. *Annals of Microbiology*. 67: 231–237.

## VALORISATION DE LA BIODIVERSITE ACTINOBACTERIENNE DES BIOTOPES SAHARIENS PAR LA RECHERCHE DE NOUVEAUX TAXA ET DE NOUVEAUX ANTIBIOTIQUES POTENTIELLEMENT INTERESSANTS DANS LES DOMAINES AGRO-ALIMENTAIRES ET PHARMACEUTIQUES

**BOURAS N.<sup>1,2</sup>, ZITOUNI A.<sup>1</sup>, MOKRANE S.<sup>1</sup>, MEKLAT A.<sup>1</sup>, LAHOUM A.<sup>1</sup>, MERROUCHE R.<sup>1</sup>, BOUBETRA D.<sup>1</sup>, BOUZNADA K.<sup>1</sup>, CHAABANE CHAOUCH F.<sup>1</sup>, LAMARI L.<sup>1</sup>, SAKER R.<sup>1</sup>, TATA S.<sup>1</sup>, AOUCHE A.<sup>1</sup>, BADJI B.<sup>1</sup>, YEKKOUR A.<sup>1</sup>, BOUDJELLA H.<sup>1</sup>, TOUMATIA O.<sup>1</sup>, DRICHE E.H.<sup>1</sup>, KHEBIZI N.<sup>1</sup>, BOUDJELAL F.<sup>1</sup>, BELGHIT S.<sup>1</sup>, MATHIEU F.<sup>3</sup>, LEBRIHI A.<sup>3</sup>, SCHUMANN P.<sup>4</sup>, SPRÖER C.<sup>4</sup>, KLENK H-P.<sup>5</sup> et SABAOU N.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (LBSM), Ecole Normale Supérieure de Kouba, Alger, Algeria*

<sup>2</sup>*Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre, Université de Ghardaïa, BP 455, Ghardaïa 47000, Algeria*

<sup>3</sup>*Laboratoire de Génie Chimique, Université de Toulouse, CNRS, Toulouse, France*

<sup>4</sup>*DSMZ - German Collection of Microorganisms and Cell Cultures, Inhoffenstraße 7B, 38124 Braunschweig, Germany*

<sup>5</sup>*School of Biology, Newcastle University, Ridley Building, Newcastle upon Tyne, NE1 7RU, United Kingdom*

[noureddine\\_bouras@yahoo.fr](mailto:noureddine_bouras@yahoo.fr)

**Résumé :** Devant la recrudescence de la résistance des bactéries aux antibiotiques, et devant les insuffisances de la thérapie fongique, l'industrie pharmaceutique s'est tournée de nouveau vers la recherche d'antibiotiques innovants. Le présent travail consiste à rechercher de nouveaux antibiotiques et de nouvelles souches productrices, à partir de biotopes particuliers. Environ 700 souches d'actinobactéries appartenant à plusieurs genres dont certains sont rares de par le monde ont été isolées à partir d'échantillons de sols sahariens (palmeraies, regs, gisements, paléosols, sols salés, sebkhas, etc.) en utilisant des techniques sélectives mises au point dans notre laboratoire. Ces souches ont été étudiées sur la base des critères morphologique, chimique, physiologique et moléculaire. Les souches ont été rattachées à 2 nouveaux genres et 26 nouvelles espèces. Les souches d'actinobactéries ont été testées contre plusieurs microorganismes pathogènes. Après la réalisation des cinétiques de production en milieu liquide, les antibiotiques ont été purifiés par chromatographie sur plaques de gel de silice et par HPLC, puis caractérisés par des études spectroscopiques qui ont abouti à leur structure chimique. Les résultats ont montré la présence de 60 antibiotiques appartenant aux familles ou groupes suivants: anthracyclines, angucyclines, macrolides, dithiopyrrolones, caerulomycines, cyanogrisides, phénicolés, dipeptides, phthalates, alkylphenols, chaetoglobosine, furanone, antibiotiques nucléotidiques, aminosides et aromatiques. Parmi les 60 antibiotiques, 37 (près de 62%) sont des molécules originales. Les concentrations minimales inhibitrices ont été réalisées. Un brevet a été déposé pour certaines molécules appartenant aux familles des anthracyclines et des macrolides. Certaines anthracyclines, angucyclines et dithiopyrrolones sont connues pour leur activité anticancéreuse. Les macrolides et les aminosides sont très utilisés pour le traitement des infections bactériennes, et les antibiotiques nucléotidiques pour les traitements antiviraux. Certains antibiotiques appartenant à ces familles sont aussi utilisés pour le traitement des plantes contre les maladies bactériennes et fongiques. Ceci rehausse l'intérêt d'une telle étude dont les perspectives s'avèrent assez intéressantes.

**Mots clés:** actinobactéries, biotopes sahariens, taxonomie, nouvelles espèces bactériennes, nouveaux antibiotiques.

## تثمين التنوع البيولوجي للأكتينوباكترية في النظم البيئية الصحراوية من خلال البحث عن أنواع بكتيرية جديدة ومضادات حيوية جديدة مفيدة في المجالات الزراعية-الغذائية والصيدلانية

**ملخص :** تمثل زيادة المقاومة البكتيرية للمضادات الحيوية وكذا القصور في علاج الفطريات، محفزا لمصانع الأدوية للبحث عن مضادات حيوية جديدة. يتضمن هذا العمل البحث عن مضادات حيوية جديدة انطلاقا من سلالات بكتيرية جديدة معزولة من أنظمة بيئية صحراوية. تم عزل حوالي 700 سلالة من الأكتينوباكترية والتي تنتمي إلى عدة أجناس نادرة في العالم وذلك من عينات التربة الصحراوية (بساتين النخيل، والرواسب، والترب المالحة، والسبخات، إلخ) باستخدام تقنيات انتقائية تم تطويرها في مختبرنا. تمت دراسة هذه السلالات على أساس المعايير المورفولوجية والكيميائية والفسلوجية والجزئية. وقد تم تحديد جنسين جديدين و 26 نوعا جديدا. وقد تم اختبار هذه السلالات المعزولة ضد العديد من الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض. وقد أنجزت حركة إنتاج المضادات الحيوية في أوساط مغذية سائلة. وقد تم إنتاج المضادات الحيوية، وتنقيتها بواسطة مختلف الطرق الكروماتوغرافية (HPLC وغيرها)، كما تم تحديد بنيتها الكيميائية بواسطة الدراسات الطيفية. وأظهرت النتائج وجود 60 مضادا حيويا تنتمي إلى المجموعات الكيميائية التالية: الأنثراسيكلينات، الأنفوسكلينات، الماكروليديات، الديثيولوبيرولونات، السيرولوميستينات، السيانوقريزيدات، الفينيكولات، ثنائي البيبتيدات، الفثاللات، الألكيل فينولات، الكيتوغلوبوسينات، الفيورانون، المضادات الحيوية النوكليوتيدية، الأمينوغليكوزيدات والمضادات الحيوية العطرية. 37 من مجموع هذه المضادات الحيوية (وهو ما يمثل حوالي 62%) هي جزيئات أصلية تعرف لأول مرة، كما تم تحديد الحد الأدنى من التركيزات المثبطة. وقد نجم عن ذلك تقديم براءة اختراع لجزيئات معينة تعود لعائلات الأنثراسيكلينات والماكروليديات. بعض الأنثراسيكلينات، والأنفوسكلينات والديثيولوبيرولونات معروفة بأنشطتها المفيدة المضادة للسرطان. وتستخدم الماكروليديات والأمينوغليكوزيدات على نطاق واسع لعلاج الالتهابات البكتيرية. وتستخدم المضادات الحيوية النوكليوتيدية كمضادات للفيروسات. وتستخدم بعض المضادات الحيوية التي تنتمي إلى هذه المجموعات أيضا لعلاج أمراض النباتات الأمراض التي تسببها البكتيريا والفطريات. وهذا يعزز الاهتمام بمثل هذه الدراسات والتي لها آفاق مثيرة للاهتمام.

**كلمات دالة :** الأكتينوبكتيريا، الأنظمة الصحراوية، التصنيف، مضادات حيوية جديدة، أنواع بكتيرية جديدة.

### 1. INTRODUCTION

Devant la recrudescence de la résistance des bactéries aux antibiotiques, et devant les insuffisances de la thérapie fongique, l'industrie pharmaceutique s'est tournée de nouveau vers la recherche d'antibiotiques innovants [1]. A cet effet, nous présentons une rétrospective des travaux de notre laboratoire sur la recherche de nouveaux antibiotiques et de nouvelles souches ou espèces d'actinobactéries (bactéries à Gram positif, à GC  $\geq$  à 55% et dont la plupart sont mycéliennes) à partir des biotopes sahariens qui ne sont pas encore bien exploités [1].

### 2. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Environ 700 souches d'actinobactéries mycéliennes appartenant à plusieurs genres dont certains sont rares de par le monde ont été isolées à partir d'échantillons de sols sahariens (palmeraies, regs, gisements, paléosols, sols salés, sebkhas, etc.) en utilisant des techniques sélectives mises au point dans notre laboratoire. Ces souches ont été étudiées d'un point taxonomique sur la base des critères morphologiques, chimiques (analyse des constituants cellulaires), physiologiques et moléculaires (séquençage du gène codant pour l'ARNr 16S, phylogénie et parfois hybridation ADN/ADN si cela est nécessaire).

L'ensemble des résultats obtenus au niveau de laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (en collaboration avec plusieurs laboratoires européens) ont été présentés comme une synthèse d'une vingtaine d'années de travaux de recherches.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

Les souches isolées ont été rattachées à 2 nouveaux genres et 26 nouvelles espèces.

Les nouveaux taxons obtenus sont les suivants:

- Nouveaux genres (et espèces) : *Mzabimyces algeriensis* [2] et *Bounagaea algeriensis* [3].
- Genre *Saccharothrix* (6 nouvelles espèces): *S. algeriensis* [4], *S. saharensis* [5], *S. hoggarensis* [6], *S. tamanrassetensis* [7], *S. isguenensis* [8] et *S. ghardaiensis* [9].
- Genre *Actinopolyspora* (5 nouvelles espèces): *A. algeriensis* [10], *A. saharensis* [11], *A. mzabensis* [12], *A. righensis* [13] et *A. biskrensis* [14].
- Genre *Streptosporangium* (3 nouvelles espèces): *Sg. algeriense* [15], *Sg. saharensis* [16] et *Sg. becharensis* [17].

- Genre *Actinomadura* (2 nouvelles espèces): *Ac. algeriensis* [18] et *Ac. adrarensis* [19].
- Nouvelles espèces appartenant à d'autres genres: *Planomonospora algeriensis* [20], *Streptomonospora algeriensis* [21], *Nocardiosis algeriensis* [22], *Actinophytocola algeriensis* [23], *Saccharopolyspora ghardaiensis* [24], *Actinokineospora mzabensis* [25], *Prauserella isguenensis* [26], *Actinoalloteichus hoggarensis* [27] et *Thermoactinomyces khenchelensis* [28]. Nous signalons que *Thermoactinomyces khenchelensis*, bien que ce soit une bactérie mycélienne, est classée parmi les *Firmicutes* en raison de son GC < à 55% et de sa phylogénie.

Les souches d'actinobactéries ont été testées contre plusieurs microorganismes pathogènes pour les plantes (phytopathogènes) ou pathogènes et/ou toxigènes pour l'homme. Les souches ayant montré un spectre d'action intéressant ont été retenues pour une étude approfondie de leurs antibiotiques. Après la réalisation des cinétiques de production en milieux liquides, les antibiotiques ont été purifiés par chromatographie sur plaques de gel de silice ou sur colonne de séphadex LH20, et par HPLC, puis caractérisés par des études spectroscopiques (UV-Visible, Infra Rouge, RMN du proton et du carbone 13) qui ont abouti à leur structure chimique.

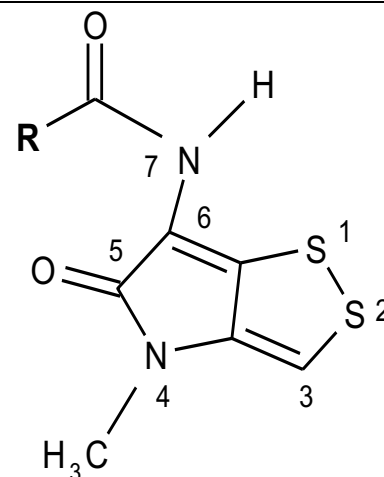
Les résultats ont montré la présence de 62 antibiotiques appartenant aux familles ou groupes indiqués ci-dessous.

- Anthracyclines: mutactimycines C, PR, F et G [29, 30].
- Angucyclines : saquayamycines A et C [31], vinéomycine A1 [25], antibiotiques X3 et X4 (Tata *et al.*, résultats non publiés).
- Angucyclinones: antibiotique R2 [32], rabélomycine (Tata *et al.*, résultats non publiés).
- Macrolides: aldgamycines G et H et swalpamycine B [28]; oligomycines A et E [33].
- Dithiopyrrolones: 3-méthyl-2-butenoyl-pyrrothine, tigloyl-pyrrothine et *n*-butyro-pyrrothine [34], valéryl-pyrrothine, benzoyl-pyrrothine, déméthyl-benzoyl-pyrrothine et formoyl-pyrrothine [35], isovaléryl-pyrrothine, crotonyl-pyrrothine, sorbyl-pyrrothine, 2-hexonyl-pyrrothine et 2-méthyl-3-pentenyl-pyrrothine [36, 37].
- Caerulomycines: caerulomycine A (isomère E), caerulomycine A (isomère Z), caerulomycine F et caerulomycinonitrile [38].
- Cyanogrisides: cyanogrisides I, J, K et L [38].
- Phénicolés (aromatique): chloramphénicol [39].
- Epoxy- $\beta$ -aminocétone : antibiotique M [37].
- Dipeptides contenant de l'acide hydroxamique [40].
- Phthalates: di-(2-ethylhexyl) phthalate [41].
- Aromatiques: maculosine [37], antibiotiques 104A1, 104A2 et 104A3 [42], NM94A1, NM94A2, NM94A3, NM94A4 et NM94A5 [43], et 170A [44].
- Composés insaturés et époxylés : antibiotiques A4 et A5 [45].
- Alkylphenols: 4-di-tert-butylphénol [46].
- Alcaloïdes : chaetoglobosine A [24].
- Furanone: antibiotique AT37 [47].
- Composés cycliques contenant des acides aminés : actinomycine D [48].
- Aminosides (structure partielle): antibiotiques A, B, C et D [49], antibiotique F1 [50].
- Antibiotiques nucléotidiques: ZA01 et ZA02 (structures partielles) [51].

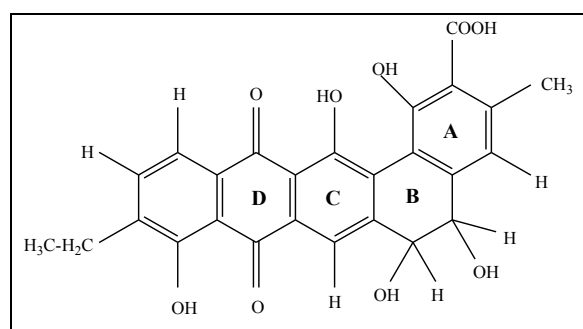
Parmi les 62 antibiotiques, 37 (environ 60%) sont des molécules originales. Les concentrations minimales inhibitrices ont été réalisées. Un brevet a été déposé pour certaines molécules appartenant aux familles des anthracyclines et des macrolides. Les figures 1, 2, 3, 4 et 5 montrent la structure de certains antibiotiques nouveaux.

**15 dithiopyrrolones selon le radical R.**

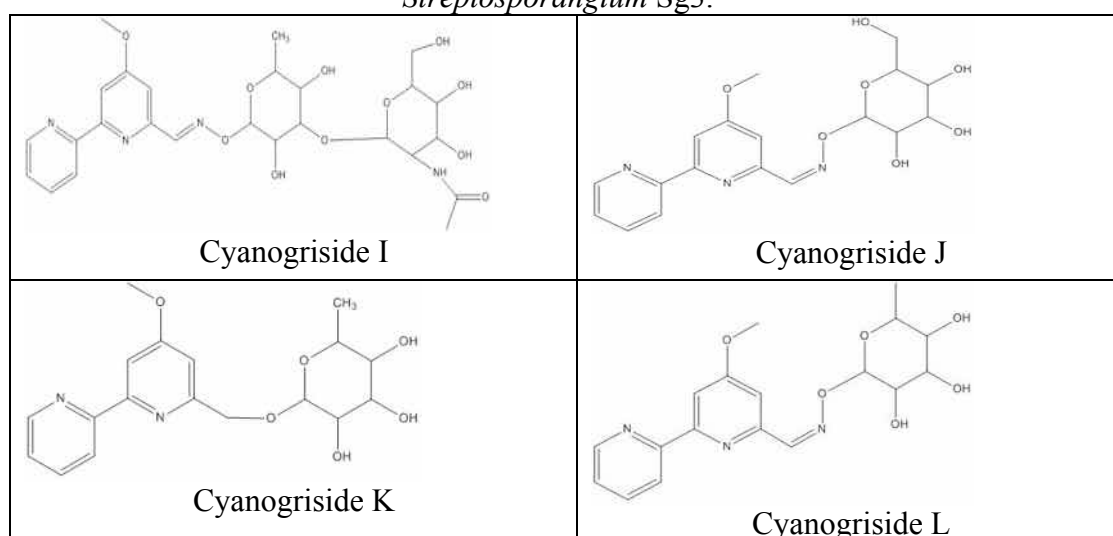
R = -CH<sub>3</sub>. Thiolutine.  
 R = -CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Iso-butyryl-pyrrothine\*.  
 R = -(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>. Butanoyl pyrrothine.  
 R = -CH=C(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Sénécioyl pyrrothine\*.  
 R = -C(CH<sub>3</sub>)=CH(CH<sub>3</sub>). Tigloyl pyrrothine\*.  
 R = -C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>. Benzoyl pyrrothine\*.  
 R = -C<sub>5</sub>H<sub>9</sub>. Penténoyl pyrrothine\*.  
 R = -H. Formyl-pyrrothine.  
 R = -CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>. Propionyl-pyrrothine (= auréothricine).  
 R = -CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>. Valéryl-pyrrothine\*.  
 R = -CH(CH<sub>3</sub>)-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>. Isovaléryl-pyrrothine\*.  
 R = -CH=CH-CH<sub>3</sub>. Crotonyl-pyrrothine\*.  
 R = -CH=CH-CH=CH-CH<sub>3</sub>. Sorbyl-pyrrothine\*.  
 R = -CH=CH-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>. Sorbyl-pyrrothine réduite\*.  
 R = -CH<sub>3</sub>. Holomycine (comme la thiolutine, mais possède un H lié à l'azote n° 4 au lieu du CH<sub>3</sub> comme la thiolutine).



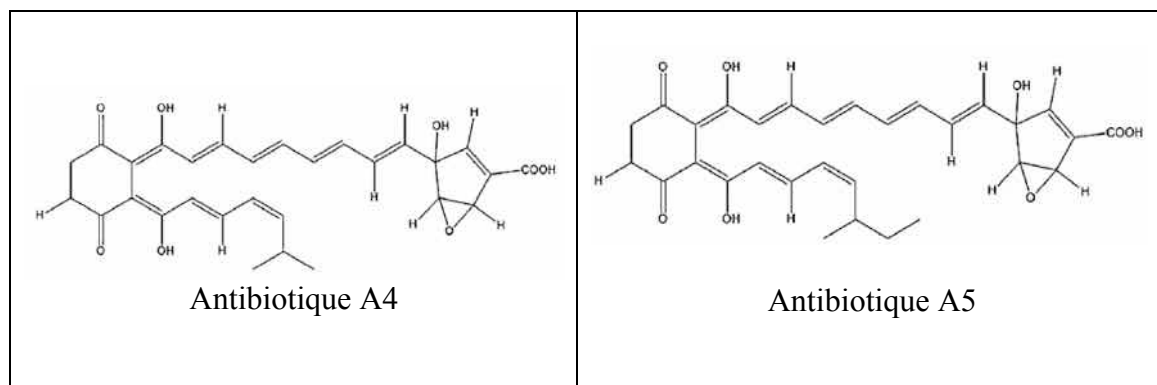
**Figure 1.** Structure des dithiopyrrolones sécrétés par *Saccharothrix algeriensis* NRRL B-24137 (\* = nouveaux antibiotiques).



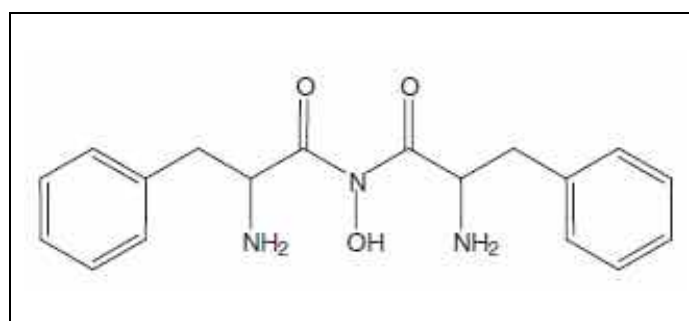
**Figure 2.** Nouvel antibiotique (R2) de la famille des angucyclinones sécrété par *Streptosporangium* Sg3.



**Figure 3.** Nouveaux antibiotiques du groupe des cyanogrisides sécrétés par *Saccharothrix* sp. ABH26.



**Figure 4.** Nouveaux antibiotiques (A4 et A5) sécrétés par *Saccharothrix tamanrassetensis* SA198.



**Figure 5.** Nouvel antibiotique dipeptidique (W9) sécrété par *Streptomyces* sp. WAB9.

Les antibiotiques (parmi lesquels certains sont nouveaux) possèdent des activités qui sont très souvent très fortes contre les bactéries à Gram positif et les champignons, et faibles, moyennes à fortes contre les bactéries à Gram négatif. Les microorganismes inhibés sont pathogènes ou toxigènes pour l'homme ou encore phytopathogènes.

*Saccharothrix algeriensis* et ses dithiolyrrolones ont montré une protection très intéressante contre la fusariose de plusieurs plantes [52]. Il en est de même pour *Streptomyces mutabilis* et l'actinomycine D qu'elle sécrète [48], ainsi que d'autres souches d'actinobactéries et les antibiotiques sécrétés.

De même, plusieurs souches d'actinobactéries (appartenant aux genres *Streptomyces* et *Saccharothrix*) se sont révélées capable de dégrader presque totalement l'aflatoxine B [53], une mycotoxine qui est très cancérigène, ce qui ajoute de l'importance au souches.

Certaines anthracyclines, angucyclines, angucyclinones et dithiolyrrolones sont connues dans la littérature pour leur activité anticancéreuse. Les macrolides et les aminosides sont très utilisés pour le traitement des infections bactériennes, et les antibiotiques nucléotidiques pour les traitements antiviraux. Certains antibiotiques appartenant à ces familles sont aussi utilisés pour le traitement des plantes contre les maladies bactériennes et fongiques.

Ceci rehausse l'intérêt d'une telle étude dont les perspectives s'avèrent assez intéressantes.

## REFERENCES

- [1] Sabaou N., Boudjella H., Bennadji A., Mostefaoui A., Zitouni A., Lamari L., Bennadji H., Lefèbre G., Germain P. (1998). Les sols des oasis du Sahara algérien, source d'actinomycètes rares producteurs d'antibiotiques. *Sécheresse*. 9,147–153
- [2] Saker R., Bouras N., Zitouni A., Ghoul M., Rhode M., Schumann P., Spröer C., Sabaou

- N., Klenk H-P. (2014). *Mzabimyces algeriensis* gen. nov., sp. nov., a halophilic filamentous actinobacterium isolated from Saharan soil, and proposal of *Mzabimycetaceae* fam. nov. *Antonie van leeuwenhoek*. 106: 1021–1030.
- [3] Meklat A., Bouras N., Mokrane S., Zitouni A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2015). *Bounagaea algeriensis* gen. nov., sp. nov., an extremely halophilic actinobacterium isolated from a Saharan soil of Algeria. *Antonie van leeuwenhoek*. 108: 473–482.
- [4] Zitouni, A., Lamari, L., Boudjella, H., Badji, B., Sabaou, N., Gaouar, A., Mathieu, F., Lebrihi, A., Labeda, D.P. (2004a). *Saccharothrix algeriensis* sp. nov., isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 54: 1377–1381.
- [5] Boubetra D., Zitouni A., Bouras N., Mathieu F., Lebrihi A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2013a). *Saccharothrix saharensis* sp. nov., an actinomycete isolated from Algerian Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 63: 3744–3749.
- [6] Boubetra D., Zitouni A., Bouras N., Mathieu F., Lebrihi A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2013b). *Saccharothrix hoggarensis* sp. nov., a novel actinomycete isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 63: 549–553.
- [7] Boubetra D., Zitouni A., Bouras N., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2015). *Saccharothrix tamanrassetensis* sp. nov., an actinomycete isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 65: 1316–1320.
- [8] Bouznada K., Bouras N., Mokrane S., Chaabane Chaouch F., Zitouni A., Pötter G., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2016a). *Saccharothrix isguenensis* sp. nov., a novel actinobacterium isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 66: 4785–4790.
- [9] Bouznada K., Bouras N., Mokrane S., Chaabane Chaouch F., Zitouni A., Pötter G., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2017). *Saccharothrix ghardaiensis* sp. nov., an actinobacterium isolated from Saharan soil. *Antonie van leeuwenhoek*. 110: 399–405.
- [10] Meklat A., Bouras N., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2012). *Actinopolyspora algeriensis* sp. nov., a novel halophylic actinomycete isolated from Saharan soil. *Extremophiles*. 16: 771–776.
- [11] Meklat A., Bouras N., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2013a). *Actinopolyspora saharensis* sp. nov., a novel halophilic actinomycete isolated from a Saharan soil of Algeria. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 103: 771–776.
- [12] Meklat A., Bouras N., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2013b). *Actinopolyspora mzabensis* sp. nov., a halophilic actinomycete isolated from an Algerian Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 63: 3787–3792.
- [13] Meklat A., Bouras N., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2013c). *Actinopolyspora righensis* sp. nov., a novel halophilic actinomycete isolated from Saharan soil in Algeria. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 104: 301–307.
- [14] Saker R., Bouras N., Meklat A., Zitouni A., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2015a). *Actinopolyspora biskrensis* sp. nov., a novel halophilic actinomycete isolated from northern Sahara. *Current Microbiology*. 70: 423–428.
- [15] Boubetra D., Bouras N., Zitouni A., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2016). *Streptosporangium algeriense* sp. nov., an actinobacterium isolated from desert soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 66: 1034–1038.
- [16] Chaabane Chaouch F., Bouras N., Mokrane S., Zitouni A., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2016a). *Streptosporangium saharense* sp. nov., an actinobacterium



- isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 66: 1371–1376.
- [17] Chaabane Chaouch F., Bouras N., Mokrane S., Zitouni A., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2016b). *Streptosporangium becharensense* sp. nov., an actinobacterium isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 66: 2484–2490.
- [18] Lahoum A., Bouras N., Mathieu F., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2015). *Actinomadura algeriensis* sp. nov., an actinobacterium isolated from Saharan soil. *Antonie van leeuwenhoek*. 109: 159–165.
- [19] Lahoum A., Bouras N., Verheecke C., Mathieu F., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2016). *Actinomadura adrarensis* sp. nov., an actinobacterium isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 66: 2724–2729.
- [20] Chaabane Chaouch F., Bouras N., Mokrane S., Bouznada K., Zitouni A., Pötter G., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2017). *Planomonospora algeriensis* sp. nov., an actinobacterium isolated from a Saharan soil of Algeria. *Antonie van leeuwenhoek*. 110: 245–252.
- [21] Meklat A., Bouras N., Riba A., Zitouni A., Mathieu F., Rhode M., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P., Sabaou N. (2014a). *Streptomonospora algeriensis* sp. nov., a halophilic actinomycete isolated from soil in Algeria. *Antonie van leeuwenhoek*. 106: 287–292.
- [22] Bouras N., Meklat A., Zitouni A., Mathieu F., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2015). *Nocardiopsis algeriensis* sp. nov., an alkalitolerant actinomycete isolated from Saharan soil. *Antonie van leeuwenhoek*. 107: 313–320.
- [23] Bouznada K., Bouras N., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2016b). *Actinophytocola algeriensis* sp. nov., an actinobacterium isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 66: 4785–4790.
- [24] Meklat A., Bouras N., Zitouni A., Sabaou N., Mathieu F., Schumann P., Spröer C., Klenk H-P. (2014b). *Saccharopolyspora ghardaiensis* sp. nov., an extremely halophilic actinomycete isolated from Algerian Saharan soil. *Journal of Antibiotics*. 67: 299–303.
- [25] Aouiche A., Bouras N., Mokrane S., Zitouni A., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2015). *Actinokineospora mzabensis* sp. nov., a halophilic actinomycete isolated from soil in Algeria. *Antonie van leeuwenhoek*. 107: 291–296.
- [26] Saker R., Bouras N., Meklat A., Zitouni A., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2015b). *Prauserella isguenensis* sp. nov., a halophilic actinomycete isolated from desert soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 65: 1598–1603.
- [27] Boudjelal F., Zitouni A., Bouras N., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2015). *Actinoalloteichus hoggarensis* sp. nov., an actinomycete isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 65: 2006–2010.
- [28] Mokrane S., Bouras N., Meklat A., Lahoum A., Zitouni A., Verheecke C., Mathieu F., Schumann P., Spröer C., Sabaou N., Klenk H-P. (2016). *Thermoactinomyces khenchelensis* sp. nov., a filamentous bacterium isolated from soil sediment of terrestrial hot spring. *Antonie van leeuwenhoek*. 109: 311–317.
- [29] Zitouni A., Boudjella H., Mathieu F., Sabaou N., Lebrihi A. (2004b). Mutactimycin PR, a new anthracycline antibiotic from *Saccharothrix* sp. SA 103. I. Taxonomy, fermentation, isolation and biological activities. *Journal of Antibiotics*. 57: 367–372.
- [30] Zitouni A., Mathieu F., Coppel Y., Pont F., Sabaou N., Lebrihi A. (2004c). Mutactimycin PR, a new anthracycline antibiotic from *Saccharothrix* sp. SA 103. II. Physicochemical properties and structure elucidation. *Journal of Antibiotics*. 57: 373–378.
- [31] Aouiche A., Bijani C., Zitouni A., Mathieu F., Sabaou N. (2014). Antimicrobial activity of saquayamycins produced by *Streptomyces* spp. PAL114 isolated from a Saharan soil.

*Journal of Medical Mycology*. 24: 17–23.

[32] Boudjella H., Zitouni A., Coppel Y., Mathieu F., Monje M-C, Sabaou N., Lebrihi A. (2010). Antibiotic R2, a new angucyclinone compound from *Streptosporangium* sp. Sg3. *Journal of Antibiotics*. 63: 709–711.

[33] Khebizi N., Boudjella H., Bijani C., Bouiras N., Klenk H-P., Mathieu F., Sabaou N. (2017). Oligomycins A and E, major bioactive secondary metabolites produced by *Streptomyces* sp. strain HG29 isolated from a Saharan soil. *Journal of Medical Mycology*. 16: 30260–30268.

[34] Lamari L., Zitouni A., Boudjella H., Badji B., Sabaou N., Lebrihi A., Lefebvre G., Seguin E., Tillequin F. (2002). New dithiolopyrrolone antibiotics from *Saccharothrix* sp. SA 233 – I. Taxonomy, production, isolation and biological properties. *Journal of Antibiotics*. 55: 696–701.

[35] Bouras N., Merrouche R., Lamari L., Mathieu F., Sabaou N., Lebrihi A. (2008). Precursor-directed biosynthesis of new dithiolopyrrolone analogs by *Saccharothrix algeriensis* NRRL B-24137 *Process Biochemistry*, 43: 1244–1252.

[36] Merrouche R., Bouras N., Coppel Y., Mathieu F., Sabaou N., Lebrihi A. (2011). New dithiolopyrrolones antibiotics induced by adding sorbic acid to the culture medium of *Saccharothrix algeriensis* NRRL B-24137. *FEMS Microbiology Letters*. 318: 41–46.

[37] Merrouche R., Bouras N., Coppel Y., Mathieu F., Monje M-C., Sabaou N., Lebrihi A. (2010). Dithiolopyrrolone antibiotic formation induced by adding valeric acid to the culture broth of *Saccharothrix algeriensis* *Journal of Natural Products*. 73: 1164–1166.

[38] Lahoum A. (2017). Souches d'actinobactéries mycéliennes des sols sahariens: mise en évidence de nouvelles espèces et de nouveaux antibiotiques et réduction de la concentration en aflatoxine B1. Thèse de Doctorat soutenue à l'ENS de Kouba.

[39] Aouiche A., Meklat A., Sabaou N., Zitouni A., Bijani C., Mathieu F., Lebrihi A. (2012). *Saccharothrix* sp. PAL54, a new chloramphenicol-producing strain isolated from a Saharan soil. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 42: 943–951.

[40] Yekkour A., Meklat A., Bijani C., Toumatia O., Errakhi R., Lebrihi A., Mathieu F., Zitouni A., Sabaou N. (2015). A novel hydroxamic acid-containing antibiotic produced by a Saharan soil-living *Streptomyces* strain. *Letters in Microbiology*. 60: 589–596.

[41] Driche E.H., Belghit S., Bijani C., Zitouni A., Sabaou N., Mathieu F., Badji B. (2015). A new *Streptomyces* strain isolated from Saharan soil produces di-(2-ethylhexyl) phthalate, a metabolite active against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Annals of Microbiology*. 65: 1341-1350.

[42] Badji B., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Sabaou N. (2006). Antimicrobial compounds produced by *Actinomadura* sp. AC104, isolated from an Algerian Saharan soil. *Canadian Journal of Microbiology*. 52: 373-382.

[43] Badji B., Mostefaoui A., Sabaou N., Mathieu F., Germain P., Lebrihi A., Seguin E., Tillequin F. (2007). Isolation and partial characterization of antifungal antibiotics from a new strain, *Nonomuraea* sp. NM 94. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 34: 403-412.

[44] Badji B, Mostefaoui A, Sabaou N, Mathieu F, Lebrihi A (2011). Identification of a new strain of *Actinomadura* isolated from Saharan soil and partial characterization of its antifungal compounds. *African Journal of Biotechnology*. 10: 13878–13886.

[45] Boubetra D., Sabaou N., Zitouni A., Bijani C., Lebrihi A., Mathieu F. (2013c). Taxonomy and chemical characterization of new antibiotics produced by *Saccharothrix* SA198 isolated from a Saharan soil. *Microbiological Research*. 168: 223–230.

[46] Belghit S, Driche EH, Bijani C, Zitouni A., Sabaou N., Badji B., Mathieu F. (2016). Activity of 2,4-Di-tert-butylphenol produced by a strain of *Streptomyces mutabilis* isolated from a Saharan soil against *Candida albicans* and other pathogenic fungi. *Journal of Medical*

*Mycology*. 26:160–169.

[47] Driche E.H., Sabaou N., Bijani C., Zitouni A., Pont F., Mathieu F., Badji B. (2017). *Streptomyces* sp. AT37 isolated from a Saharan soil produces a furanone derivative active against multidrug-resistant *Staphylococcus aureus*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 33: 105–115.

[48] Toumatia O., Yekkour A., Goudjal Y., Riba A., Coppel Y., Mathieu F., Sabaou N. and Zitouni A. 2014. Antifungal properties of an actinomycin D-producing strain, *Streptomyces* sp. IA1, isolated from a Saharan soil. *Journal of Basic Microbiology*. 54: 1–8.

[49] Boudjella H., Bouti, Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Sabaou N. 2006. Taxonomy and chemical characterization of antibiotics of *Streptosporangium* Sg 10 isolated from a Saharan soil. *Microbiological Research*. 161: 288–298.

[50] Boudjelal F., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Sabaou N. 2011. Taxonomy and antimicrobial activities of two novel halophilic *Saccharomonospora* strains isolated in Algerian Sahara soils. *Annals of Microbiology*. 61: 299–305.

[51] Zitouni A. (2005). Nouveaux composés actifs mutactimycines et algamycines et leur utilisation thérapeutique. Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., Sabaou N. Institut National Polytechnique de Toulouse (INPT). EP 2202293 A2.

[52] Merrouche R., Yekkour A., Lamari L., Zitouni A., Mathieu F., Sabaou N. (2017). Efficiency of *Saccharothrix algeriensis* NRRL B-24137 and its produced antifungal dithiopyrrolones compounds to suppress *Fusarium oxysporum*-Induced wilt disease occurring in some cultivated crops. *Arab Journal of Science Engineering*, 42: 2321-2327.

[53] Lahoum A., Verheecke-Vaessen C., Bouras N., Sabaou N., Mathieu F. (2017). Taxonomy of mycelial actinobacteria isolated from Saharan soils and their efficiency to reduce aflatoxin B1 content in a solid-based medium. *Annals of Microbiology*. 67: 231–237.

# CONTRAINTES AGRO-ENVIRONNEMENTALES ET DEVELOPPEMENT AGRICOLE AU SAHARA SEPTENTRIONAL

**DADDI BOUHOUN M.**

*Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-Arides, Université Kasdi Merbah-Ouargla*  
[daddibm@yahoo.fr](mailto:daddibm@yahoo.fr)

**Résumé :** Les palmeraies au Sahara algérien restent confrontées à des contraintes agro-environnementales, notamment hydro-édaphiques. Au Sahara septentrional, la nappe phréatique est considérée comme source d'eau, de sels solubles et peu solubles, en fonction de la profondeur de la nappe phréatique et le mode d'exploitation. Les contraintes hydro-édaphiques sont de type hydrique, mécanique de croûtes gypseuses et salines. Les approches adoptées dans le cadre des recherches entreprises sur plusieurs années ont eu pour objectif principal d'étudier les modes d'exploitation en palmeraies des eaux phréatiques, et d'apprécier leurs impacts abiotique et biotique. Les résultats acquis montrent que les régions sahariennes étudiées, comme Ouargla, Oued Righ, Oued Souf et Oued M'Zab présentent souvent des sols de caractéristiques morpho-analytiques variables, de nappes phréatiques profondes à superficielles, avec ou sans obstacles mécaniques. Les effets de la fluctuation de la nappe phréatique ont conduit à l'assèchement ou à l'engorgement des palmeraies. Ils produisent avec les obstacles mécaniques des dynamiques hydro-salines variables en fonction des biotopes. Il semble que les ressources phréatiques peuvent constituer une contrainte environnementale majeure dans les oasis sahariennes par les stress abiotiques qu'elle produit, notamment en limitant le potentiel agricole des palmeraies. Des aménagements régionaux restent primordiaux pour une meilleure conservation et valorisation des ressources phréatiques, garant du développement durable des régions sahariennes.

**Mots clés :** ressources, phréatiques, contraintes, environnement, palmeraies, Sahara.

## العوائق الزراعية البيئية والتنمية الزراعية في شمال الصحراء

**ملخص :** لا تزال بساتين النخيل في الصحراء الجزائرية تواجه قيودا بيئية زراعية، خاصة المائية الترابية. في شمال الصحراء، يعتبر المسطح المائي مصدرا للمياه، والأملاح القابلة للذوبان و غير القابلة للذوبان، حسب عمق المسطح المائي وطريقة استغلال. والعوائق المائية الترابية هي مائية، وميكانيكا على شكل قشور جبسية مالحة. وتمثلت الأهداف الرئيسية للبحوث التي أجريت على مدى عدة سنوات في دراسة طرق الاستغلال في بساتين نخيل للمياه الجوفية وتقييم أثارها الغير الحيوية والأحيائية. وتظهر النتائج التي تم الحصول عليها أن المناطق الصحراوية التي تمت دراستها، مثل ورقلة وواد ريف وواد سوف وواد مزاب تتميز غالبا بترية ذات خصائص شكلية تحليلية متغيرة، و ذات طبقة مياه جوفية عميقة إلى ضحلة، مع أو بدون عوائق ميكانيكية. وقد أدت آثار تقلب مستوى المياه الجوفية إلى تجفيف أو غمر بساتين النخيل. تنتج مع العوائق الميكانيكية حركية مائية مالحة متغير وفقا للملج الأحيائي. ويبدو أن موارد الطبقة المائية السطحية يمكن أن تشكل عائقا بيئيا رئيسيا في الواحات الصحراوية بسبب التثبيط اللاأحيائية التي تنتجها، ولا سيما من خلال الحد من الإمكانيات الزراعية لبساتين النخيل. والتهيئة المحلية تبقى ضرورية للمحافظة واستثمار الموارد المائية السطحية لضمان التنمية المستدامة للمناطق الصحراوية.

**كلمات دالة :** الموارد، المسطح المائي، عوائق، البيئة، بساتين النخيل، الصحراء.

## 1. INTRODUCTION

Les régions sahariennes restent confrontées à des problèmes d'exploitations de leurs ressources naturelles, particulièrement celles liées aux ressources hydro-édaphiques. Celles-ci posent des contraintes, de type hydrique de nappe phréatique, mécanique de croûtes gypso-calcaires et salines par les eaux d'irrigation et la remontée capillaire des eaux phréatiques. Les régions sahariennes présentent le plus souvent des caractéristiques morpho-analytiques variables, de nappes phréatiques profondes à superficielles, avec ou sans obstacles mécaniques. Nos recherches visent à apprécier les ressources phréatiques et les contraintes environnementales posées en palmeraies sahariennes par un diagnostic de causes à effets agro-environnemental, reposant sur les résultats observés au cours des dernières années de recherches.

En 1996, la surface irriguée dans le monde représente 275 millions d'hectares, soit un peu moins du sixième des terres cultivées. Il faut dire que, sous un climat aride, l'irrigation

apparaît indispensable [1].

L'irrigation entraîne généralement la remontée des nappes dans les sols jusqu'à l'engorgement de la zone racinaire des cultures. La nature saline des nappes phréatiques, en particulier dans les régions arides et semi-arides du monde, provoque l'accumulation des sels dans la zone racinaire [2]. La salinisation des sols mal drainés, par les eaux d'irrigation et les eaux phréatiques chargées en sels, provoque la diminution des rendements du palmier dattier [3, 4].

La mauvaise gestion des eaux d'irrigation et de drainage présente des conséquences préjudiciables sur l'environnement phoenicicole dans les régions sahariennes [5]. Elle a entraîné dans les régions du Sud Est algérien, notamment dans l'Oued Righ et dans la cuvette de Ouargla la salinisation des sols et la chute des rendements [6, 7, 8, 9].

## **2. MATERIELS ET METHODES**

Nos activités de recherches se proposent de faire le point sur les problèmes en relation avec l'environnement agro-écologique, réalisées au laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides. Les thèmes de recherches s'inscrivent dans le cadre des axes de l'équipe pédologie, concrétisés par l'encadrement en graduation et post-graduation, les projets de recherches avec les C.R.S.T.R.A., C.N.E.P.R.U. et P.N.R., ainsi que la publication d'articles scientifiques, entre 2006 et 2018. Les études ont couvert principalement les régions de Ouargla, de Oued M'Zab, de Oued Righ et Oued Souf. Sur la base des préoccupations agro-écologiques des régions sahariennes, les thématiques développées restent liées aux problèmes agro-pédologiques et écologiques.

Cette approche méthodologique a permis d'identifier les contraintes posées, dans une relation agro-environnementale complexe, de causes à effets. Aussi, de dégagé des recommandations d'aménagement agro-environnementale adéquat qui permettent d'assurer un développement agricole saharien durable.

## **3. RESULTATS ET DISCUSSIONS**

### **3.1. Problèmes agro-pédologiques**

Les problèmes agro-pédologiques traitent de l'impact :

1. de l'irrigation-drainage sur la nappe phréatique, l'engorgement et la dynamique des sels dans les sols agricoles.
2. de la fertilisation organo-minérale sur les sols notamment l'effet de la fertilisation phosphatée sur les sols calcaire.

Les résultats obtenus montrent que [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20] :

1. Le dysfonctionnement des périmètres agricole et les niveaux des rendements à Ouargla, Oued Righ et Oued Souf sont liés aux potentialités hydro-édaphiques et leur gestion ;
2. La salinisation des sols à Ouargla est intimement liée à la fluctuation de la nappe phréatique et présente des effets néfastes sur la nutrition minérale des cultures en palmeraies.

### **3.2. Problèmes écologiques**

#### **3.2.1. Gestion de l'environnement hydro-édaphique**

L'étudié de la gestion de l'environnement hydro-édaphique a été évalué à travers l'estimation des potentialités agro-environnementales et les stress abiotiques engendrés. Les résultats montrent que [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29] :

1. Les eaux des nappes superficielles de Oued M'Zab et de Ouargla sont polluées pas le déversement des eaux usées. Les crues d'Oued M'Zab réduisent cette pollution par la dilution des eaux ;

2. Le fonctionnement géochimique des Sebkhass et des Chotts à Ouargla et Oued Righ est conditionné par le bilan hydrique et la géomorphologie régionale ;
3. La remontée des nappes phréatiques est produite par le mode de gestion environnementale de ces régions, par :
  - ✓ Le manque d'aménagements hydrauliques pour évacuer les excédents des eaux ;
  - ✓ La mauvaise gestion de l'irrigation-drainage dans les palmeraies ;
4. La mauvaise gestion des ressources hydriques a contribué à la dégradation des sols et la rupture de l'équilibre écologique dans les palmeraies.

### 3.2.2. Dégradation de l'environnement hydro-édaphique

Les thèmes abordés ont étudié l'impact des crues des oueds et des problèmes de dégradation environnementale sur les conditions hydro-édaphiques, principalement la pollution des eaux et la remontée des eaux phréatiques. Nos travaux de recherches dans les oasis montrent que [30, 31, 32, 33] :

1. Le déversement des eaux usées pollue les sebkhas de Ouargla ;
2. Les crues de l'Oued M'Zab réduisent la salinité des sols par lixiviation ;
3. La remontée des nappes phréatiques à Ouargla, Oued Righ et Oued Souf augmente l'hydro-halomorphie des sols et met en péril l'équilibre du système oasien.

### 3.2.3. Impact des stress abiotiques sur la végétation

Ces recherches ont concerné l'étude de l'impact des stress abiotiques dans les oasis sur le développement floristique et la phoeniciculture. Les résultats montrent que [34, 35, 36, 37, 38] :

1. Les stress engendrés par la remontée des eaux phréatiques favorisent la prédominance de plantes tolérantes : hydrophytes, halophytes et gypsophytes ;
2. Les stress hydro-salin et mécanique à Ouargla et hydrique à Oued Souf ont des impacts négatifs sur le développement racinaire et la nutrition des palmiers dattiers "Déglet-Nour et Ghars" ;
3. Les stress abiotiques engendrés par l'environnement de ces oasis contribuent à la chute des rendements et au dépérissement des palmiers dans certaines situations extrêmes.

Les travaux sur le palmier dattier en rapport avec les contraintes hydriques, mécaniques et salines ont abouti aux propositions suivantes :

- De nouveaux modèles de chutes de rendements ;
- La classification des palmeraies suivant les niveaux des contraintes.

### 3.3. Développement agricole

Le développement de l'activité agricole doit s'intégrer dans une vision de développement durable, respectueuse de l'environnement. Les problèmes observés dans les régions sahariennes montrent une défaillance dans la gestion des ressources agro-environnementales. Il devient nécessaire pour la réussite et la durabilité des projets de mise en valeur que :

1. Le plan d'aménagement régional agricole doit maintenir l'équilibre écologique, en évitant la dégradation des sols par hydro-halomorphie;
2. La gestion rationnelle des ressources hydriques (souterraines, usées et de drainage) doit assurer l'équilibre hydrique par rapport aux besoins agricoles et aux fluctuations des nappes superficielles;
3. La gestion des sols doit prendre en considération les besoins des cultures et les contraintes hydro-salines et mécaniques des stress;
4. La phoeniciculture reste stratégique à promouvoir et valoriser, vu sa place dans le

système oasien et son rôle socio-économique.

Devant cette situation sensible, il est impératif de mettre en application un plan d'aménagement global en vue de valoriser les ressources hydro-édaphiques disponibles et améliorer la situation de l'agriculture dans les régions sahariennes.

#### 4. CONCLUSION

Les éléments dégagés de notre activité de recherches ont permis d'apporter de nouveaux éléments dans l'analyse des risques de la dégradation des milieux oasiens. Il ressort que l'activité agro-urbaine doit s'intégrer dans une vision de développement durable respectueuse de l'environnement. Les problèmes observés dans les régions sahariennes montrent une défaillance dans la gestion des ressources phréatiques. Il devient nécessaire pour la réussite et la durabilité de l'environnement oasien que :

- ❖ Le plan d'aménagement régional et agricole doit maintenir l'équilibre écologique, en évitant la dégradation des sols par hydro-halomorphie ;
- ❖ La gestion rationnelle des ressources hydriques (souterraines, usées et de drainage) doit assurer l'équilibre hydrique par rapport aux besoins agricoles et aux fluctuations des nappes phréatiques.

#### REFERENCES

- [1] Robert M., Cheverry C., 1996.- Les ressources mondiales en eau et en sols : une limitation pour l'avenir. Cah. Agr., 5 : 243-248.
- [2] Yeo A., 1999.- Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. Sci Horticulture-Amsterdam, 78: 159-174.
- [3] Furr J.R., 1975.- Water and salinity problems of Abadan Island date gardens. Date Growers' Inst. Rep., 52 : 14-17.
- [4] Dubost D., Haddad D., Kafi A., Maane H., 1983.- Rapport préliminaire sur les essais d'irrigation localisée du palmier dattier à la station expérimentale de Sidi Mahdi (Touggourt). Bull. Agr. Saha., 5 : 26-60.
- [5] Munier P., 1973.- Le palmier dattier. Techniques agricoles et productions tropicales. Paris : Maisonneuve et Larose, 367 p.
- [6] Dutil P., 1971.- Contribution à l'étude des sols et paléosols du Sahara. Thèse Doct, Fac Sci Univ, Strasbourg, 346 p.
- [7] Dubost D., 1991. - Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes. Thèse Doct, Université François Rabelais, Tours, 544 p.
- [8] Saker M.L., 2000.- Les contraintes du patrimoine phoenicicole de la région de l'Oued Righ et leurs conséquences sur la dégradation des palmeraies. Problèmes posés et perspectives de développement. Thèse Doct, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 335 p.
- [9] Hamdi Aïssa B., 2001.- Le fonctionnement actuel et passé des sols du nord Sahara (Cuvette de Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale. Thèse Doct, INA, Paris, 307 p.
- [10] Daddi Bouhoun M. et Brinis L., 2006. - Etude de la dynamique des sels solubles dans un sol irrigué gypso-salin : cas d'une palmeraie de la cuvette de Ouargla. Journal Algérien des Région Arides, N° spécial : 17-20.
- [11] Saker M.L. et Daddi Bouhoun M., 2007. - La phoeniciculture algérienne, situation actuelle, problèmes posés et perspectives de développement. Annales de la faculté des sciences et sciences de l'ingénieur, Vol. 1, 2 : 51-57.
- [12] Saker M.L. et Daddi Bouhoun M., 2007. - Ressources naturelles sahariennes, gestion et impact sur le développement. Annales de la faculté des sciences et sciences de l'ingénieur, Vol. 1, 2 : 58-62.
- [13] Saker M.L., Daddi Bouhoun M., Boutoutaou D., Hacini M. and Ould el Hadj M.D.,

2013. - Algerian palm grooves: Facts and prospects of development. *International Journal of the Environment and Water*. Vol. 2, Issue 1: 173-179.
- [14] Ladjici A., Saker M.L., Boutoutaou D., Meissa B., Daddi Bouhoun M. et Kemassi A., 2015.- Etude comparative de l'influence de deux techniques d'irrigation (goutte à goutte et par pivot) sur la culture de pomme de terre dans la région du Souf. *El Wahat pour les Recherches et les Etudes*, Vol. 8, 2: 1-7.
- [15] Boukhalfa-Deraoui N., Hanifi-Mekliche L., Mekliche A., Mihoub A. and Daddi Bouhoun M., 2015.- Effect of Phosphorus Application on Durum Wheat in Alkaline Sandy Soil in Arid Condition of Southern Algeria. *Asian Journal of Crop Science*, 7: 61-71.
- [16] Rezagui D., Daddi Bouhoun M., Boutoutaou D. and A. Djaghoubi A., 2016.- Study of hydro-saline characteristics of soils a palm grove in basin of Ouargla (Northern Algerian Sahara). *AIP Conf. Proc.* 1758, 030023:1-8.
- [17] Mihoub A., Daddi Bouhoun M. and Saker M.L., 2016.- Phosphorus Adsorption Isotherm: A Key Aspect for Effective Use and Environmentally Friendly Management of Phosphorus Fertilizers in Calcareous Soils, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Vol. 47, 16: 1920-1929.
- [18] Mihoub A., Daddi Bouhoun M., Naeem A. and Saker M.L., 2017.- Low-molecular weight organic acids improve plant availability of phosphorus in different textured calcareous soils, *Archives of Agronomy and Soil Science*, Vol. 63, 7: 1023-1034.
- [19] Acila S., Saker M.L., Daddi Bouhoun M., Taamalli A., Ould El Hadj M.D. and Mokhtar Zarrouk M., 2017.- An alternative assessment of olive (*Olea europaea* L.) cultivars adaptation in the Mediterranean Saharan context of Algeria. *Journal of Applied Horticulture*, Vol. 19, 1: 51-57.
- [20] Mihoub A., Daddi Bouhoun M., Naeem A., 2018.- Short-term effects of phosphate fertilizer enriched with low-molecular-weight organic acids on phosphorus release kinetics and its availability under calcareous conditions in arid region. *Journal of Scientific Agriculture*, 2: 66-70.
- [21] Daddi Bouhoun M., Brinis L., Saker M. L., Ould el Hadj M.D., Côte M. et Rabier J., 2008. - Impact du drainage sur la dégradation des sols et des palmeraies : cas de l'oasis de Ouargla (Sud Est Algérien). *Bulletin du GFHN*, 54 : 193-194.
- [22] Saker M.L., Daddi Bouhoun M., Ould el Hadj M.D. et Côte M., 2008. - Les conséquences de la mauvaise gestion des eaux sur les palmeraies de la vallée de l'Oued Righ. *Bulletin du GFHN*, 54 : 203-204.
- [23] Saker M. L., Daddi Bouhoun M. et Ould el Hadj M. D., 2011. - Impact de la gestion des eaux sur le développement des oasis sahariennes. *Algerian journal of arid environment*, Vol. 1, 2 : 77-81.
- [24] Saker M. L., Daddi Bouhoun M., Brinis A. et Brinis L., 2011 - L'Agriculture saharienne : réalités et perspectives : cas de la vallée de l'Oued Righ (Sud-Est algérien). *Agriculture*, 2: 66-78.
- [25] Saker M. L., Daddi Bouhoun M., Hacini M., Ould el Hadj M. D. et Brinis L., 2011. - Remontée des nappes phréatiques à Oued Righ : situation actuelle et perspectives d'aménagement (Sud Est Algérien). *Annales des Sciences et Technologie*, Vol. 3, 1: 21-24.
- [26] Saker M. L., Daddi Bouhoun M. et Ould el Hadj M. D., 2011.- Impact de la gestion des eaux sur le développement des oasis sahariennes. *Algerian Journal of Arid Environment*, Vol. 1, 2 : 77-81.
- [27] Saker M.L., Daddi Bouhoun M., Boutoutaou D. et Ould el Hadj M.D., 2013.- Gestion des potentialités hydriques en régions sahariennes. *Algerian Journal of Arid Environment*, Vol.3, Issue 2: 96 - 102.
- [28] Saker M. L., Daddi Bouhoun M., Boutoutaou D. et Kemassi A., 2015.- Gestion des eaux et développement des oasis sahariennes. *El Wahat pour les Recherches et les Etudes*, Vol. 8,



2: 8-14.

- [29] Recioui I., Daddi Bouhoun M., Boutoutaou D. and Mihoub A., 2017.- Spatial variation of the water rising and water table salinity in the Basin of Ouargla (Algerian Sahara). *Energy Procedia*, 119: 571–578
- [30] Daddi Bouhoun M., Saker M. L., Hacini M., Ould el Hadj M. D. et Brinis L., 2011. - Effets de la remontée des eaux phréatiques sur la salinisation des sols dans les Ghouts à Oued Souf (Sud Est Algérien). *Annales des Sciences et Technologie*, Vol. 3, 1: 25-27.
- [31] Daddi Bouhoun M., Saker M.L., Boutoutaou D., Brinis L. et Ould el Hadj M.D., 2012. - Effets du niveau des nappes phréatiques sur la variabilité spatiale de la salinité des sols à l'Oued Souf (Sahara septentrional algérien). *Bulletin du GFHN*, 58: 223-226.
- [32] Saker M.L., Daddi Bouhoun M., Boutoutaou D., Brinis L. et Ould el Hadj M.D., 2012. - Effets du niveau des nappes phréatiques sur la variabilité spatiale de la salinité des sols des oasis de l'Oued Righ (Sahara septentrional algérien). *Bulletin du GFHN*, 58 : 233-235.
- [33] Daddi Bouhoun M., Saker M.L., Hacini M., Boutoutaou D. and Ould el Hadj M.D., 2013 - The soil degradation in the Ouargla basin: a step towards the desertification of the palm plantations (north East Sahara Algeria). *International Journal of the Environment and Water*. Vol. 2, Issue 1: 93-98.
- [34] Daddi Bouhoun M., Brinis L., Saker M.L., Côte 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*, Vol. 35: 41-48.
- [35] Daddi Bouhoun M., MARLET S., Brinis L., Saker M. L., Rabier J., et Côte M., 2011 - A survey of the combined effects of waterlogging and salinity on fruit yield in the date palm groves of the Wargla basin, Algeria. *Fruits*, Vol. 66 (1): 11-24.
- [36] Daddi Bouhoun M., Saker M.L., Boutoutaou D., Brinis L., Kemassi A. et Ould el Hadj M.D., 2012 - Impact des eaux phréatiques sur la salinité et le rendement du palmier dattier à Ouargla. *Algerian journal of arid environment*, vol. 2, n° 2 : 71-77.
- [37] Daddi Bouhoun M., Saker M.L., Ould el Hadj M.D., Brinis L., 2013 - Impact of hydro-edaphic stress on rooting and productivity of 'Deglet Noor' date palm of the Ouargla basin (Northern Algerian Sahara). *Acta Horticulturae (ISHS)* 994 : 93-97.
- [38] Daddi Bouhoun M., Saker M.L. et Brinis L., 2015. Conception de modèles de chutes des rendements du palmier dattier adaptés à l'environnement du Sahara septentrional algérien. *El Wahat pour les Recherches et les Etudes*, Vol. 8, n°2 : 78-89.

# EFFET DE LA BIOACCUMULATION SUR LA QUALITE DES EAUX D'IRRIGATION DE LA REGION DE OUARGLA

**DJAGHOUBI A.<sup>1</sup>, HADJ SAID S.<sup>1</sup>, DADDI BOUHOUN M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Univ.Oaurgla, Lab. Les réservoirs souterrains pétroliers, gaziers et aquifères.B.P 511 Ouargla 30 000, Algérie.

<sup>2</sup>Univ.Oaurgla, Lab. Protection des écosystèmes des zones arides et semi arides.B.P 511 Ouargla 30 000, Algérie  
dja\_af@live.fr

**Résumé :** La qualité des eaux d'irrigation par leur composition peut avoir une influence sur la salinité du sol et sur les cultures. Le problème de la qualité des eaux à Ouargla s'impose car les réserves d'eau existantes sont dans l'ensemble de mauvaise qualité. L'intégration de ces eaux avec les micro-algues est apparue comme une solution dans une optique de durabilité environnementale qui s'impose pour répondre aux normes environnementales en constante évolution. Dans cette recherche, le travail mené a pour objectif de présenter la possibilité d'utilisation des micro-algues, soit la Spiruline, dans l'amélioration de la qualité des eaux d'irrigation à Ouargla. L'étude de l'effet de la bioaccumulation chez l'algue Spiruline sur la qualité des eaux d'irrigation a permis de montrer la faisabilité de l'utilisation de cette espèce pour la bioaccumulation et la réduction minérale. Cette étude pourrait proposer une démarche intégrée dans la mise en place d'un procédé de traitement et d'amélioration de la qualité des eaux à Ouargla par la culture des micro-algues.

**Mots clés :** Bioaccumulation , eaux , qualité , Spiruline , Ouargla

## تأثير التراكم الأحيائي على نوعية مياه الري في منطقة ورقلة

**ملخص:** نوعية مياه الري من حيث التركيب يمكن أن يكون لها تأثير على ملوحة التربة والمحاصيل. نوعية المياه في ورقلة هي مشكل أساسي مطروح لأن احتياطات المياه الموجودة عموماً هي ذات نوعية رديئة. وقد برز دمج هذه المياه مع الطحالب كحل بهدف تحقيق الاستدامة البيئية وهو ما يلزم لتلبية المعايير البيئية المتغيرة باستمرار. في هذا البحث، يهدف العمل المضطلع به إلى عرض إمكانية استخدام الطحالب الدقيقة، سبيرولينا، في معالجة المياه في ورقلة. إن دراسة تأثير التراكم الأحيائي في الطحالب سبيرولينا على نوعية مياه الري أظهرت صلاحية استخدامها في التراكم الأحيائي وفي تخفيض المعادن. هذه الدراسة تقترح نهجاً متكاملًا لإنشاء عملية معالجة وتحسين نوعية المياه في الصحراء من خلال زرع الطحالب الدقيقة.

**كلمات دالة :** التراكم الأحيائي, مياه, نوعية, سبيرولينا, ورقلة.

## 1. INTRODUCTION

Les terres arides et semi arides représentent un tiers de la surface du globe. Dans ces zones, la salinité des sols et des eaux d'irrigation est l'un des facteurs limitatifs de la productivité végétale et du rendement agricole [1]. Cette salinité résulte de la forte évaporation de l'eau à partir du sol et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie. Ce facteur provient aussi de l'irrigation le plus souvent mal contrôlée [2, 3]. Le problème de la salinité commence à prendre de l'ampleur dans les périmètres irrigués, en particulier ceux des régions arides et présahariennes [4, 5]. L'utilisation de divers types d'eau pour l'irrigation et la capacité de prédire les problèmes qui peuvent survenir au cours de leur utilisation, a invoqué la nécessité de créer un système de classification de la qualité de l'eau qui devrait être complètement différent des systèmes utilisés à des fins industrielles, sanitaires et autres. Deux facteurs opposés doivent être pris en compte pour classer les eaux d'irrigation ; la concentration de sels, estimée conventionnellement par la conductivité électrique (CE), et le risque de sodium, tel que reflété dans le rapport d'adsorption de sodium (SAR) [6].

L'agriculture, de façon générale, est une grande consommatrice d'eau. Il nous a donc paru intéressant de faire le point sur la qualité des eaux utilisées pour l'irrigation. Les eaux souterraines de la zone d'étude qui sont largement utilisées pour l'irrigation, caractérisées par

une minéralisation totale excessive, certains des réservoirs sont fortement salées à excessivement salées [7, 8, 9]. Une eau de mauvaise qualité peut causer de graves dommages à long terme au sol et ruiner les récoltes. Il est possible de gérer de l'eau de mauvaise qualité avec des traitements chimiques et biologiques. L'utilisation des molécules comme un adsorbant pour accumuler les minéraux des eaux est entreprise depuis une soixantaine d'années [10, 11, 12, 13]. Bien que la bioaccumulation par la biomasse microalgale a attiré l'attention des chercheurs comme l'indiquent les centaines de publications [14, 15, 16]. Ces biomatériaux peu coûteux, appelés biosorbants, exigent que le substrat présente une absorption et une sélectivité élevées des minéraux, ainsi que des propriétés mécaniques appropriées [17, 18, 19].

La principale raison de mener cette recherche était de montrer la sélectivité de la bioaccumulation chez la microalgue *Spiruline*. Tandis que le principal objectif est de réduire la minéralisation totale des eaux d'irrigation.

## **2. MATERIELS ET METHODES**

### **2.1 Zone d'étude**

La cuvette de Ouargla est située dans le Sud-est algérien. Le paysage du sol de cette dépression est dominé principalement par le caractère salin [4] et engorgé d'eau provenant des eaux d'irrigation excédentaires et usées [20]. La zone d'étude est choisie à cause de la surexploitation des eaux d'irrigation qui sont chargées et peuvent avoir une influence sur la salinité du sol et sur les cultures.

### **2.2 Approche méthodologique**

Notre approche méthodologique vise à vérifier l'effet de la bioaccumulation algale sur la qualité des eaux d'irrigation testées des nappes de Sénonien et du Miopliocène. L'efficacité de la spiruline sur la réduction minérale par l'évolution de la conductivité électrique a été criblée, et l'évolution du SAR pourrait être estimée.

#### **2.2.1 Prélèvement des eaux souterraines**

Les échantillons d'eau ont été prélevés à partir des forages situés au sein de l'exploitation de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de Ouargla. L'un d'un forage de la nappe du Sénonien, situé après le secteur A, au nord-est du secteur B1, et l'autre d'un forage de la nappe Miopliocène situé au nord-est du secteur A1 [21]. Ces eaux prélevées étaient échantillonnées dans des bouteilles en plastique.

#### **2.2.2 Milieu et conditions de culture**

Des micro-algues, *Spiruline*, provenant de l'exploitation de l'université de Ouargla (ex ITAS) ont été utilisées dans cette étude. Afin d'obtenir les quantités nécessaires pour l'inoculation, la spiruline a été cultivée dans un bioréacteur (volume de travail 8 L) à 30 ° C avec un milieu liquide préconisé [22] sous illumination et barbotage d'air pendant 3 semaines.

L'expérimentation exposée en triplicat pendant cinq jours dans des bouteilles en plastique sontensemencées avec un volume 1/10 (v/v%) de l'inoculum, et installées dans un agitateur-incubateur.

#### **2.2.3 Évaluation de la qualité des eaux**

Pour évaluer la qualité des eaux en vue d'un usage agricole, la bioaccumulation des minéraux a été estimée par l'évolution de la conductivité électrique (CE) et du taux d'adsorption de sodium SAR. Le SAR est utilisé pour prédire le potentiel d'accumulation du sodium dans le sol qui confère une instabilité aux agrégats du sol et dont la perturbation est suivie par la dispersion des particules d'argile entraînant le colmatage des pores du sol. Ce

taux représente le taux de sodium adsorbable par rapport aux cations de calcium et de magnésium selon l'équation suivante [23] :

$$SAR = Na^+ / \sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}$$

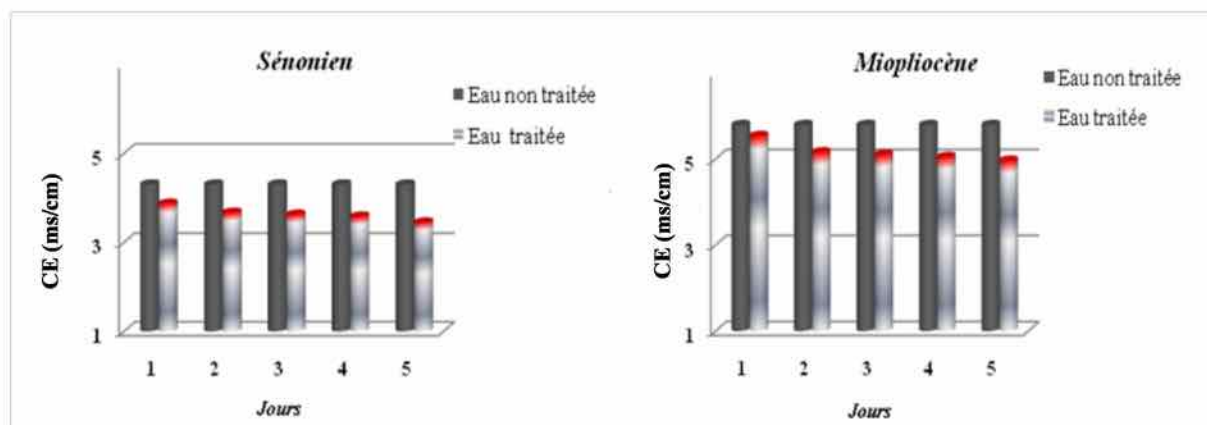
Le sodium est dosé par photométrie d'émission de flamme, tandis que le calcium et le magnésium sont dosés par la méthode titrimétrique à l'EDTA [24].

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 Évaluation de la conductivité électrique

Il est nécessaire d'exprimer la concentration totale des sels dissous dans les eaux d'irrigation en termes de conductivité électrique de l'eau à des fins de diagnostic et de classification.

Les microalgues utilisent les minéraux des eaux comme des nutriments et leurs assimilation, similaire à d'autres 222polluants, se produit en deux phases : une phase initiale rapide (absorption passive), à la surface de la biomasse, suivie par un processus beaucoup plus lent (absorption actif) [25]. La tendance à la diminution de la conductivité électrique au cours d'expérimentation témoigne d'une augmentation du taux de la bioaccumulation des minéraux par l'algue en fonction du temps de traitement comme indiqué sur Figure 1 avec un taux de réduction maximal de la conductivité de 19,84% et 14,34% pour les eaux de Sénonien et de Miopliocène respectivement dans un temps de contact de 5 jours.

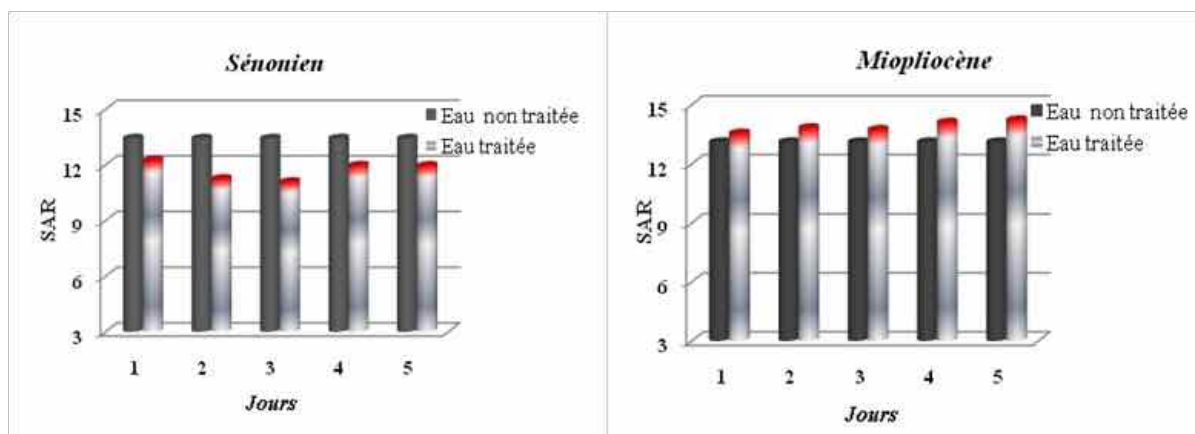


**Figure 1.** Conductivité électrique des eaux étudiées en fonction du temps de traitement

De façon générale, la bioaccumulation augmente lorsque le temps de contact augmente. Toutefois, on a enregistré une valeur de CE pour les eaux de Sénonien traitées de l'ordre de  $3,87 \pm 0,05$  et de  $3,45 \pm 0,02$   $ms.cm^{-1}$  avec un temps de contact de 1 jour et de 5 jours respectivement. Cependant, pour les eaux de Miopliocène, la valeur de la CE a été de l'ordre de  $5,53 \pm 0,19$  et de  $4,96 \pm 0,02$   $ms.cm^{-1}$  avec un temps de contact de 1 jour et de 5 jours respectivement.

#### 3.2 Évaluation de SAR

La bioaccumulation minérale sur les deux milieux étudiés ne suit pas le même profil. De plus, comme indiqué sur Figure 2, les résultats du SAR qui reflètent le taux d'absorption des minéraux  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$  sont nettement différents entre les deux types.



**Figure 2.** SAR des eaux étudiées en fonction de temps de traitement

Le processus de la bioaccumulation par l'algue *Spiruline* n'est pas soumis à la même vitesse ; la diminution du SAR en fonction du temps de traitement dans les eaux du Sénonien témoigne d'une vitesse d'absorption cationique relativement identique. Tandis que l'augmentation du SAR au cours du temps dans les eaux du Miopliocène est liée étroitement à la bioaccumulation lente du sodium par rapport à la bioaccumulation rapide du calcium et du magnésium. Toutefois, l'absorption de certains minéraux tels que le sodium a diminué avec l'augmentation des ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  [26]; c'est le cas des eaux du Miopliocène si on les compare aux eaux du Sénonien moins chargées. Bien que les résultats de SAR après traitement varient considérablement, toutes les valeurs se situent dans des limites acceptables pour l'eau destinée à l'irrigation d'après la classification de Richard (1954) [22].

Néanmoins, le SAR n'intervient pas dans l'expression du taux de la réduction minérale mais il pourrait exprimer la sélectivité de la bioaccumulation cationique chez les microalgues et la compétition entre les minéraux.

#### 4. CONCLUSION

La qualité de l'eau d'irrigation doit être évaluée pour éviter ou, au moins, minimiser les impacts sur l'agriculture. Chaque situation est unique et il n'existe pas une solution globale simple. Dans notre cas, l'utilisation de l'algue *Spiruline* paraît appropriée pour réduire le taux de la minéralisation totale. Toutefois, les eaux d'irrigation ne suivent pas le même profil de réduction minérale qui est liée à la spéciation de processus de la bioaccumulation soit en équilibre ou bien en sélectivité. Cette spéciation pourrait expliquer l'augmentation du SAR dans les eaux du Miopliocène. Dans des recherches futures, il nous a donc paru intéressant de faire le point sur la physicochimie du milieu testé et sur l'interaction des minéraux entre eux.

#### REFERENCES

- [1] Dubost D., 1992.- Aridité, agriculture et développement: cas des oasis algériennes. *Sécheresse*, 3: 85-96.
- [2] Daddi Bouhoun M., Brinis L., Saker M.L, Ould El Hadj M.D, Côte M., Rabier J., 2008.- Impact du drainage sur la dégradation des sols et des palmeraies : cas de l'oasis de Ouargla (Sud Est Algérien). *Bulletin du GFHN*, 54 : 193-194.
- [3] Khadraoui A., 2007.- Eau et impact environnemental dans le Sahara Algérien. Ed. O.N.M., Ouargla, 299 p.
- [4] Hamdi-Aïssa B., Valles V., Aventurier A., Ribolzi O., 2004.- Soils and Brine Geochemistry and Mineralogy of Hyperarid Desert Playa, Ouargla Basin, Algerian Sahara. *Arid Land Research and Management*, 18: 103-126.

- [5] Saker M.L., DaddiBouhoun M., 2007.- Ressources naturelles sahariennes, gestion et impact sur le développement. Annales de la faculté des sciences et science de l'ingénieur, 1., 2: 58-62.
- [6] Tanji K.K., 1990.- Agricultural Salinity Assessment and Management, Manuals and Reports on Engineering Practice. American Society of Civil Engineers (Eds), 619p.
- [7] Achour S., 1990.- La qualité des eaux du Sahara septentrional en Algérie- Etude de l'excès en fluor, Tribune de l'eau. Bulletin Cebedeau, 42., 542 : 53-57.
- [8] Nezli I. E., Achour S., Hamdi-Aïssa B., 2009.- Approche hydrogéochimique à l'étude de la fluoration des eaux de la nappe du complexe terminal de la basse vallée de l'Oued M'ya (Ouargla). Courrier du Savoir, 9: 57-62.
- [9] Benaïssa A., Bissati S., 2017.- Evaluation de la qualité des eaux des forages albiens et miopliocènes de la zone de Hassi Ben Abdellah- wilaya de ouargla. Revue des bioressources, 7., 1: 107-112.
- [10] Giles C.H., Mac Evan T.H., Nakhwa S.N., Smith D., 1960.- Studies in adsorption. Part XI: A system of classification of solution adsorption isotherms, and its use in diagnosis of adsorption mechanisms and in measurement of specific surface areas of solids. Journal of the Chemical Society, 10: 3973-3993.
- [11] Kovanda F., Kovacsova E., Kolousek D., 1999.- Removal of anions from solution by calcined hydrotalcite and regeneration of used sorbent in repeated calcination-rehydration-anion exchange. Collect Czech Chem. Commun, 64 : 1517-1528.
- [12] Forano C., 2004.- Environmental Remediation Involving Layered Double Hydroxides, In: F. Wypych, K.G. Satynarayana (Eds.), Clay Surfaces. Fundamentals and Applications. Elsevier, New York, p438-439.
- [13] Luo X., Lei X., Cai N., Xie X., Xue Y., Yu F., 2016.- Removal of Heavy Metal Ions from Water by Magnetic Cellulose-Based Beads with Embedded Chemically Modified Magnetite Nanoparticles and Activated Carbon. ACS Sustainable Chem Eng, 4., 7: 3960-3969.
- [14] Volesky B., 1990.- Biosorption of Heavy Metals. CRC Press (Eds), Canada, 408 p.
- [15] Schiewer S., Volesky B., 2000. Biosorption by marine algae, In: Valdes JJ (Eds), Remediation. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, p139-69.
- [16] Davis T.A., Volesky B., Mucci., 2003.- A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae. Water Research, 37: 4311-4330.
- [17] Fourest E., Roux J.C., 1992.- Heavy metal biosorption by fungal mycelial products: mechanisms and influence of pH. Appl Microbiol Biotechnol, 37: 399-403.
- [18] Danesi E.D.G., Rangel-Yagui C.O., Carvalho J.C.M., Sato S., 2004.- Effect of reducing the light intensity on the growth and production of chlorophyll by *Spirulina platensis*. Biomass and Bioenergy, 26., 4: 329-335.
- [19] Al-Homaidan A.A., Alabdullatif J.A., Al-Hazzani A.A., Al-Ghanayem A.A., Alabbad A.F., 2015.- Adsorptive removal of cadmium ions by *Spirulina platensis* dry biomass. Saudi Journal of Biological Sciences, 22 :795-800.
- [20] Idder T., 2007.- Le problème des excédents hydriques à Ouargla : situation actuelle et perspectives d'amélioration. Sécheresse, 18: 161-167.
- [21] UKMO., 2013.- Rapport d'activité sur l'exploitation agricole de l'université de Ouargla. Publication de l'université de Ouargla, 26p.
- [22] Djaghoubi A., Daddi Bouhoun M., Hadj Said S., Seggai A., Sobti S., Hamdi Aïssa B., 2015.- Growth and Nitrogen Removal as Protein Content from Tertiary Municipal Wastewater in Ouargla. Procedia Energy, 74: 1402-1409.
- [23] Richards L.A., 1954.- Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Richards L.A (Eds), Agriculture Handbook; 60, Washington D.C, 159p.

- [24] Gavrilesco M., 2004.- Removal of heavy metals from the environment by biosorption. *Eng Life Sci*, 4: 219–232.
- [25] Rodier J., Legube B., Merlet N., 2009.- *L'Analyse de l'Eau*. Dunod 9<sup>ème</sup> édition. Paris, 1579p.
- [26] Nagase H., Inthron.D, Isaji, Y. Oda A., Hirata K., Miyamoto K., 1997.- Selective cadmium removal from hard water using NaOH-treated cells of the cyanobacterium *Tolypothrix tenuis*. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 84: 151-154.

# CONTRIBUTION A L'ETUDE DES CARACTERISTIQUES DU FONCIER DES EXPLOITATIONS AGRICOLES DES REGIONS SAHARIENNES

**ZENKHRI S.<sup>1</sup>, KARABI M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Département des sciences agronomiques Université de Ouargla

<sup>2</sup>Laboratoire de Biogéochimie des milieux désertiques, Université de Ouargla

[zensalah@yahoo.fr](mailto:zensalah@yahoo.fr)

**Résumé :** En Algérie, le foncier agricole est l'un des importants patrimoines de l'exploitation agricole. Ce dernier influence directement, la politique d'investissement, cycle d'exploitation et la trésorerie. La problématique du foncier des exploitations agricoles des régions sahariennes ne doit donc pas être analysée de manière cloisonnée, mais doit être intégrée à la question centrale de la politique foncière nationale. Le présent travail vise à caractériser le foncier agricole des régions sahariennes. Après un descriptif succinct de l'agriculture saharienne et une approche sur la situation actuelle du foncier agricole des régions sahariennes. Nous discuterons de la capitalisation des aides et des soutiens actuels, mais aussi future. La dernière partie du présent travail décrira les difficultés propres aux jeunes agriculteurs pour accéder au foncier.

**Mots clés :** Foncier agricole, Régions Sahariennes, politique agricole, Exploitation, Algérie

## المساهمة في دراسة خصائص الأراضي الزراعية في المناطق الصحراوية

**ملخص :** في الجزائر، الأراضي الزراعية هي واحدة من الأصول الهامة للمزرعة. ويؤثر هذا الأخير تأثيراً مباشراً على سياسة الاستثمار ودورة التشغيل والتدفقات النقدية. ولذلك، لا ينبغي تحليل مسألة حيازة الأراضي للمزارع في المناطق الصحراوية بطريقة صامتة، بل يجب أن تدمج في المسألة المركزية للسياسة الوطنية للأراضي. ويهدف العمل إلى وصف الأراضي الزراعية في المناطق الصحراوية. وبعد وصف موجز للزراعة الصحراوية ونهج بشأن الوضع الراهن للأراضي الزراعية في المناطق الصحراوية. سوف نناقش رسملة الدعم الحالي والمستقبلي. وسيصف الجزء الأخير من هذا العمل الصعوبات التي يواجهها صغار المزارعين في الحصول على الأراضي.

**كلمات دالة:** الأراضي الزراعية، المناطق الصحراوية، السياسة الزراعية، الاستغلال، الجزائر

## 1. INTRODUCTION

Sur une superficie de 2.381.741 Km<sup>2</sup>, dont les 4/5ème constituent les régions sahariennes, et une population estimée à 41.699.000 habitants (2016), l'Algérie se caractérise par une étendue territoriale où les différents reliefs et climats sont présents, par des ressources naturelles et des potentialités énormes (agricoles, hydrocarbures, énergétiques, etc.).

La surface agricole utile (S.A.U) ne représente que 7, 6 millions hectares soit 3% de la surface globale. La S.A.U par habitant est passée de 0,63 hectare en 1967, à 0,36 en 1982, et 0,20 en 2010. L'Algérie consacre 9,6 milliards de dollars aux importations alimentaires. Son agriculture représente 12% du PIB, elle n'occupe que 25% de la population active totale et réalise près de 15% de la valeur ajoutée. Ces indications à elles seules suffisent pour mesurer les efforts à consentir [1].

Les régions sahariennes traditionnellement agricoles, pourront contribuer substantiellement à l'extension de la SAU. La loi de mars 1983 portant Accession à la Propriété Foncière Agricole (APFA) constitue le cadre juridique de mise en place d'une nouvelle agriculture qui touche l'ensemble du territoire national avec une dominance de 3/4 dans les régions sahariennes.

L'économie des régions sahariennes repose essentiellement sur l'agriculture, qui constitue la principale source de revenus, pour une population rurale largement dominante (72% contre 50,3% au niveau national), concentrée dans les Ksours et au niveau des oasis [2].



L'agriculture au Sud Algérien, comme tous les autres secteurs de l'économie a subi au cours de ces dernières années de profonds changements. Elle, a été façonnée par les réformes successives depuis l'indépendance à ce jour [3].

En outre, la population des régions sahariennes, a font de la problématique du foncier agricole non pas une question uniquement du domaine agricole, mais également de la gestion de territoire dans son ensemble [3].

## **2. DIAGNOSTIC**

### **2.1. Potentialités**

#### **2.1.1. Potentialités en eau**

Les eaux superficielles, qui prennent principalement origine au pied de l'Atlas saharien et dont certaines alimentent les barrages de Djorf Torba à Béchar dont la capacité est de 360 millions de mètres cubes et ceux de Foum El Gherza et fontaine des gazelles à Biskra dont les capacités sont de 50 millions de mètres cubes chacun. Cependant ces ressources restent faibles et aléatoires vu l'irrégularité des précipitations et l'envasement auquel ces barrages sont exposés. Ce qui explique d'ailleurs la faiblesse des volumes moyens annuels régularisés par rapport à la capacité totale.

Les eaux des nappes peu profondes alimentées par les eaux de pluie principalement dans la chebka de l'Oued-M'zab et certains oueds qui longent les piedmonts de l'Atlas saharien. Les eaux des nappes d'importance moyenne, mal étudiées et mal évaluées et qui servent à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation de surfaces modestes de certaines régions (nappes des régions d'Illizi, Tindouf, Tamanrasset). Les nappes phréatiques (très souvent salées) créées par l'irrigation participent à satisfaire les besoins en eau des cultures en oasis (Oued-Souf, Oued-Righ, etc...). Les nappes fossiles non renouvelables constituées par le CI et le CT constituent incontestablement la ressource la plus importante et la mieux étudiée. Malheureusement ces deux nappes sont faiblement réalimentées (600 millions de mètres cubes/an soit environ 10 % des prélèvements prévus à l'horizon 2010).

La nappe du Complexe Terminal (CT) qui est un système aquifère peu profond (de 80 à 400 mètres) et dont les eaux sont froides et généralement salées (de 3 à 8 Gr/litre). Cette nappe est exploitée dans les Zibans - l'Oued Rhir - le Souf et Ouargla et représente environ les 7/10<sup>ème</sup> des ressources de ces régions. La nappe du Continental Intercalaire (CI) ou albien est un grand réservoir d'eau fossile qui s'étend sur les 2/3 du Sahara septentrional et couvre une superficie de 600.000 Km<sup>2</sup>. Les limites d'exploitation de cette nappe restent au stade de simulation. Les principales contraintes dues à son exploitation sont : le coût très élevé de son exhaure et la qualité de son eau (haute température très corrosive).

Pour une gestion raisonnée de ces ressources et sur la base de l'étude ERESS-RAB-1983, un modèle mathématique a été élaboré et actualisé par les services de l'ANRH en 1985. L'hypothèse forte (correspondant à la simulation CI 24 et CT 22) du modèle, détermine un seuil de mobilisation de l'eau, à l'horizon 2010, évalué aux environs de 156.000 l/s soit environ 5 milliards de mètres cubes annuellement pour les régions sahariennes couvertes par les deux nappes.

#### **2.1.2. Potentialités foncières**

Les 9/10<sup>ème</sup> des superficies des régions sahariennes sont occupés par des plateaux rocheux (reg - hamada), des accumulations sableuses (grand erg oriental et occidental) et des dépressions salées (chotts) qui sont impropres à l'agriculture.

Les aires les plus favorables se situent dans les vallées fossiles des oueds, dans les dépressions (dayas) et les plaines sableuses. Au sud, les propriétés physiques des sols (granulométrie) jouent un rôle d'autant plus important que les conditions d'aridité sont plus contraignantes et que la qualité des eaux est plus mauvaise.

Les sols sableux, profonds sur substratum perméable sont ceux qui donnent les rendements les moins aléatoires, les sels ne s'y fixent pas et en sont facilement éliminés. La mise en valeur de ces sols filtrants, pauvres et à faible capacité de stockage des éléments nutritifs et de l'eau, est délicate. Elle suppose un suivi régulier du niveau de leur fertilité, de leur déficit en eau et de leur salinité.

### 2.1.3. Ressources en sols

L'agriculture saharienne dispose d'un potentiel en sol de loin supérieur aux ressources en eau disponibles. L'étude réalisée par le CDARS et relative au plan directeur général du développement des régions sahariennes (PDGDRS) a porté sur 3 529 628 ha et seuls 1 401 000 ha présentent des aptitudes de mise en valeur dont le détail par régions naturelles est repris dans le tableau ci-après :

**Tableau 1.** Ressources en sols [4]

RNS	Classe de sols (ha)				TOTAL
	Sa1	Sa2	Sa3	Sa4	
OUED RIGH		4212	9039		13251
HOGGAR		6652		29688	36339
ZIBON				211850	211850
SAOURA	70565	12338		173513	256417
M'ZAB	100047			206472	306519
OUARGLA		178278	157105		335383
TIDIKELT	81569	231102	41036	60010	413717
TASSILI	82954	107360	225814	48594	464721
GOURARA	518894	123467	2349	64100	708810
TOUAT	224926	419353	51801	86540	782620
TOTAL	1078955	1082762	487144	880768	3529628

Source : PDGDRS 1999

D'après également l'inventaire des études des ressources en sols établi par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (l'ANRH) en décembre 2001 pour la période allant de 1963 à 2001, la superficie prospectée et cartographiée sur le plan pédologique, sur l'ensemble du territoire du Sahara est de 2 328 730 ha.

Dans ce cadre, quatre classes d'aptitude de sols ont été identifiées :

- **Sa1** : Surfaces pédologiques d'aspect hétérogène et grossier
- **Sa2** : Surfaces pédologiques d'aspect homogène et fin
- **Sa3** : Surfaces pédologiques d'apports éoliens et d'accumulations gypseuses fines
- **Sa4** : Dépôts alluviaux dans les oueds et épandages dans les zones en dépression.

Au plan socio-économique, les Wilayate du sud comptaient en 1977, une population de 1 500 000 habitants. Actuellement, elle est de l'ordre de pré de 5 Millions.

Les centres urbains les plus importants sont généralement les chefs lieu de Wilaya. Aujourd'hui, le patrimoine phoenicicole est estimé à plus de 18,5 millions de palmiers dattiers. Ce chiffre tient compte de 2 millions de palmiers dattiers improductifs et 6 millions de palmiers nouveaux plantés dans le cadre des différents programmes et qui rentreront progressivement en production. La production dattière a été estimée jusqu'à présent autour de 1.010.000 T. La superficie occupée par cette culture est de 165.000 ha.

Le patrimoine est riche de plusieurs centaines de variétés dont la plus appréciée sur le marché est la Déglet Nour qui constitue 45% du verger phoenicicole.

L'application de la loi 83-18 portant APFA a permis d'une part de redynamiser l'activité phoenicicole par la création dans des sites nouveaux de nouvelles plantations modernes et d'autre part de favoriser l'extension du verger actuel. Ceci explique la plantation d'environ 6 millions de palmiers nouveaux sur une superficie de 55.000 ha.

**Tableau 2.** Situation du système Oasien [5].

WILAYA	Nombre d'Oasis	Superficie totale (ha)		Cultures sous palmiers (ha)	Mode d'irrigation
Adrar	04 U	18759	18759	12777	Trad. +g/g
Bechar	86 U	3030	3017	1472	Trad. +g/g
Tindouf	01 U	07	07	0.50	Trad.
Tamanrasset	14 U	2350	2350	392	Trad. +g/g
Ouargla	69 U	15194	15166	4361	Trad+bour
El-oued	30 U	25470	25470	4632	Trad. +g/g
Biskra	30 U	23000	22922	4454	Trad. +g/g
Ghardaïa	37 U	8722	4434	1391	Trad. +g/g
Illizi	02 U	243	211,5	132	Trad. +g/g
<b>Total</b>	<b>273</b>	<b>96 775</b>	<b>92 336,50</b>	<b>29611,50</b>	

(Source : CDARD 2014)

## 2.2. Politiques de développement agricoles

### 2.2.1. La mise en valeur par L'APFA

La loi 83-18 relative à l'accèsion à la propriété foncière agricole par la mise en valeur des terres a permis la mise en marche d'un vaste programme d'attribution et de mise en valeur des terres . Ceci grâce au soutien matériel de l'Etat consolide l'adhésion des promoteurs

Un nouveau système de production vers une économie dite de marché s'est mis progressivement en place.

Les niveaux atteints de la mise en valeur, sont de 78.451 ha, ils ont permis d'augmenter la surface agricole utile des régions sahariennes et faire évoluer le patrimoine phoenicicole par la plantation de près de 22.000 ha de palmier dattier.

**Tableau 4 :** Situation de la mise en valeur APFA

Wilayate	Attribué	Mise en valeur	% mise en valeur
Adrar	90659	16500	28,2
Béchar	6368	1711	26,9
Biskra	76641	25668	33,5
El oued	42154	19657	46,6
Ghardaïa	20753	6503	31,3
Illizi	1812	1812	100
Ouargla	11483	4546	39,6
Tamanrasset	9987	1800	18
Tindouf	971	254	26,2
<b>Total</b>	<b>260828</b>	<b>78451</b>	<b>30,1</b>

### 2.2.2. Les dispositions intervenues durant les années 1990

Durant les années quatre-vingt-dix, d'autres dispositions juridiques ont été promulguées dont les plus importantes sont la loi d'orientation foncière et la loi portant concession foncière. La concession est un programme mis en place par le décret n° 97-483 du 15 décembre 1997. Les objectifs tracés par ce programme sont la mise en valeur de 60000 ha et la création de 500000 emplois. Il se fixe comme objectifs essentiels :

- La fixation et la stabilité des populations rurales par l'amélioration de leurs revenus et leurs conditions de vie, l'extension de la superficie agricole utile (SAU),
- . La valorisation, le conditionnement et la transformation des produits provenant du Patrimoine de mise en valeur,
- La création d'activités dans différents domaines en relation avec les objectifs de la mise en Valeur.

Afin d'atteindre ces objectifs, d'importantes mesures nouvelles concernant L'encadrement du programme ont été prises. Nous notons :

- La réalisation par la loi de finance complémentaire de 1998 d'un fond de mise en valeur des terres.
- La création d'une entreprise économique publique spécifique appelée Général des Concessions Agricoles (GCA), chargé de la gestion des programmes,
- Le lancement de six (6) projets test. Les concessions concerneront la mise en valeur des terres, les services en rapport avec la mobilisation des eaux d'irrigation et les réalisations des actions d'investissements.

Les concessions sont également accordées pour :

- Gérer et exploiter les ressources naturelles avec un bail de longue durée, exploiter les investissements réalisés (plantations, puits), dont ils deviendront par ailleurs propriétaires,
- Exploiter les terres mises en valeur dont ils peuvent devenir propriétaires,

Les concessions porteront sur les domaines suivants :

- En zones de montage : 14 zones de projet ont été identifiées,
- En zones steppiques : 11 zones de projet ont été identifiées,
- En zones sahariennes : 42 zones de projet ont été identifiées.

Cette phase donc a été caractérisée par la mise en œuvre des réformes économiques, rendant ainsi difficile l'appréciation des investissements. En effet, les mutations qu'a connues le secteur durant cette période, à travers la réorganisation de la quasi-totalité des structures publiques d'appui à la production agricole, a entraîné la réduction du champ d'intervention des pouvoirs publics en matière d'investissements directs.

### **2.2.3. La politique du renouveau agricole et rural depuis 2000**

En 2003, le ministère délégué en charge du développement rural (MDDR) est créé au sein du ministère de l'agriculture. Ainsi le MDDR engage l'élaboration d'une stratégie à l'horizon 2013, la stratégie nationale de développement agricole et rural [6].

Deux objectifs majeurs :

- relance de l'économie agricole, mise, à niveau et modernisation des exploitations agricoles : sécurité alimentaire et préparation à la libéralisation des échanges ;
- revitalisation et développement de proximité des espaces ruraux, tout en veillant à la préservation des ressources naturelles : stabilisation et amélioration des conditions de vie des ménages ruraux, valorisation des atouts du monde rural.

La stratégie est mise en œuvre à travers le Plan national de développement agricole et rural (PNDA).

Le volet agricole est abordé par le soutien à l'investissement dans les exploitations agricoles et divers programmes de filière. Le processus est en fait initié depuis 2000 (PNDA) ;

Le volet développement rural se construit peu à peu par le MDDR en mettant en avant plusieurs principes :

- le développement rural doit se réaliser au plus près des populations rurales : déconcentration des décisions ; approche participative, l'administration change de rôle et devient «accompagnatrice » de cette dynamique.

- il repose sur la dynamique des territoires (infra communal avec un échelon de cohérence administrative qui est la commune) et met en mouvement l'ensemble des acteurs : les ménages, les élus communaux, les services publics, la société civile représentée par le mouvement associatif, les acteurs économiques,...

- il est «intégré », c'est à dire qu'il met en synergie l'ensemble des secteurs économiques en plus de l'agriculture [7].

La politique d'ajustement structurel en Algérie s'est traduite par la libéralisation du marché extérieur et la levée des subventions des intrants agricoles.

Pour diminuer le déficit sans augmenter les recettes, les pays qui appliquent une politique d'ajustement sont conduits à diminuer les dépenses publiques. Les différentes catégories de dépenses ont en fait été inégalement réduites. Le plus souvent, parce que c'était politiquement facile. Les dépenses rurales ont baissé plus que les dépenses urbaines, les dépenses de fonctionnement plus que les dépenses d'équipements et les dépenses d'investissement plus que les dépenses courantes [8].

Bien que les résultats observés en matière de croissance agricole ne soient pas purgés de l'influence exogène, ils permettent de ne pas rejeter l'hypothèse selon laquelle les politiques d'ajustement ont plutôt favorisé la croissance agricole [8].

#### **2.2.4. Le Plan National de Développement Agricole (PNDA)**

Le PNDA a été élaboré et mis en œuvre en 2000, peut être considéré comme une manifestation

de la volonté politique d'apporter des solutions aux problèmes ayant jusque-là freiné le développement d'un secteur aussi vital que celui de l'agriculture. Se fondant sur l'expérience accumulée depuis l'indépendance en matière de réformes, stratégies et de politiques agricoles [9].

Le plan national de développement agricole s'inscrit dans le cadre de la relance économique et vise donc à promouvoir le secteur vu son importance au plan des équilibres social, économique et du développement durable. De ce fait, ses principaux objectifs sont :

- L'utilisation rationnelle et durable des ressources naturelles ;
- La consolidation durable de la sécurité alimentaire du pays ;
- L'amélioration des conditions de vie et de revenus des agriculteurs ;
- La reconstruction de l'espace agricole et la réhabilitation des vocations naturelles des différentes régions du pays ;
- La promotion des productions à avantage comparatif avéré pour leur exploitation ;
- La promotion et l'encouragement de l'investissement agricole ;
- L'amélioration de la compétitivité de l'agriculteur et son intégration dans l'économie Nationale ;
- La libération des initiatives privées au niveau des approvisionnements en intrants, de l'écoulement et du conditionnement de la production et de la dissémination du savoir et du savoir-faire.

Le bilan des activités soutenues par les pouvoirs publics durant la période 2000-2005 dressé par le gredaal a permis de relever l'effort consenti en ce domaine puisque sur un investissement total de près de 4 milliards d'euros, le FNRDA a participé pour 58 % au financement des activités agricoles pour un montant de 2.3 milliards d'euros (tableau suivant). Ceci souligne l'importance des fonds qui ont été investis ces dernières années dans le secteur agricole.

### **2.2.5. Le programme de mise en valeur des terres par les concessions**

Le programme de mise en valeur des terres agricoles par la concession a été adopté en 1998 par le gouvernement [10].

En septembre 1999, la GCA a lancé 63 projets de mise en valeur des terres agricoles par concessions dont 32 en zone montagneuses, 22 dans des régions steppiques et 9 au Sahara. La superficie totale qu'occupe l'ensemble de ces projets est estimée à 103000 hectares. Ce programme a concrétisé ainsi 2092 concessions et permit la création de 8623 emplois [11]. L'Etat peut contribuer à la prise en charge totale ou partielle des dépenses nécessaires aux infrastructures de base (voies d'accès, électrification mobilisation de l'eau) jusqu'à la limite des terres objet de la concession.

L'Etat accorde toutes les facilités et assistance nécessaire à la réussite de la mise en valeur. L'Etat met à la disposition du concessionnaire toute la documentation nécessaire.

Afin de mener à bien cette mission de mise en valeur des terres par les concessions un organisme régi par le statut d'EPE a été créé le 19 janvier 1998, sous la dénomination de LA GENERAL DES CONCESSIONS AGRICOLES.

A la suite d'une résolution de l'assemblée générale de la société en date du 29 juin 1999, il a été décidé la création de structures décentralisées. C'est ainsi que la société a créé 07 filiales dont elle est l'unique propriétaire. ces filiales sont les suivant :

- SCA du CENTRE.-SCA de DJELFA.-SCA de SETIF.-SCA de BATNA.
- SCA de OUARGLA. -SCA de SAIDA.-SCA de ORAN.

La concession au sens des dispositions légales sus- visées, est l'acte par lequel l'Etat confère, pour une certaine durée, la jouissance d'un terrain disponible relevant de son domaine privé, à toute personne physique ou morale, dans le cadre de la mise en valeur en zones sahariennes, de montagne et steppique.

### **2.2.6. La politique de renouveau rural**

Cette politique repose sur 4 axes :

- l'amélioration des conditions de vie des populations rurales : les villages et les Ksour (villages fortifiés du Sud-algérien), ...
- l'amélioration et la diversification des revenus : création et développement des activités  
Économiques ;
- la gestion durable des ressources naturelles : sols, eaux, forêts, ressources fourragères,
- la mise en valeur des patrimoines matériels et immatériels : histoire et culture.

Un cinquième axe, transversal, est également arrêté : le renforcement des capacités humaines et l'assistance technique. Il définit le dispositif d'accompagnement de la PRR : formation des acteurs de l'administration, des élus et de la société civile, implication de l'enseignement, de la recherche et de la coopération internationale ; il prévoit aussi l'organisation de la gouvernance de la PRR (pilotage administratif, budgétaire et financier, évaluation, observatoire,...). Le calendrier de mise en œuvre est ainsi arrêté : 2007 est l'année pilote de la mise en œuvre, 2008 l'année de consolidation et 2009 l'année de généralisation

[6].

### 3. CONCLUSION

Après l'indépendance en 1962 ; le secteur agricole devait contribuer avec efficacité au développement général du pays. L'Algérie s'est réapproprié le domaine agricole colonial. Près de 2,8 millions d'hectares, ont permis la mise en place du système autogéré.

La Révolution Agraire de 1971 qui visait la transformation du monde agricole et rural et son intégration dans le processus global de développement économique et social du pays, s'est soldée par un échec malgré les tentatives de restructuration du secteur agricole public menées.

Les nouvelles mesures de la politique économique, initiées au cours de la décennie 1980. Les réformes économiques de 1987 modifie les modes de gestion des terres appartenant au domaine public et transfère ses terrains à des fermes collectives ou individuelles ayant un statut privé n'ont pas également abouti aux objectifs escomptés.

Dans le sillage des réformes et plus encore du programme d'ajustement structurel (PAS), soutenu par le Fonds monétaire international, des réformes importantes sont entreprises elles ont abouti à l'abolition des restrictions quantitatives à l'importation des biens et services, démantèlement des procédures administratives d'allocation des devises étrangères, libéralisation des prix et réduction des subventions, dévaluation du dinar, passage progressif à un régime de change flexible. Le PAS (1995-1997) ayant touché plusieurs secteurs dont l'agriculture a permis de poursuivre et approfondir les efforts déjà engagés. Les résultats durant cette période restent marqués par :

- une croissance appréciable de l'indice de production agricole de 04%,
- la croissance annuelle moyenne du secteur agricole supérieure à celles des autres secteurs d'activité : 3,3 % contre 1 % pour l'industrie et 2,3 % pour les services.
- des tentatives de mettre fin au cloisonnement des structures et à la dispersion des moyens et des efforts mobilisés pour le développement agricole.

Capitalisant les enseignements tirés des expériences précédentes en matière de développement agricole, le PNDA est venu rompre avec les démarches centralisées et uniformisatrices qui avaient prévalu jusqu'alors et exprime une volonté clairement affirmée d'ancrer l'agriculture dans la modernité. Le processus de mutation de l'agriculture engagé depuis une quinzaine d'années a connu une nouvelle impulsion avec la mise en œuvre du Plan national de développement agricole (PNDA), intervenu dans un contexte où la « dépolitisation » de l'acte agricole et la réhabilitation de sa dimension économique sont apparues nécessaires pour adapter l'agriculture à un environnement national en évolution constante.

Après plusieurs décennies de tentatives et d'expériences de développement agricole dans les régions sahariennes, un constat s'impose : Il s'agit d'abord de tirer les enseignements sur les échecs et les relatives réussites qui ont caractérisé les politiques de développement, sur les objectifs assignés à ces politiques et les démarches et approches entreprises jusqu'ici. La nouvelle conjoncture et la spécificité et la fragilité du milieu rural oasien exigent une approche d'intervention nouvelle plus adaptée [7].

### REFERENCES

- [1] MADR. 2004.- Stratégie nationale de développement rural durable. Ministre délégué chargé du développement rural. Imprimerie officielle. Alger. 44 p
- [2] Cote M., 1992.- Espoir et menace sur le Sahara ; les formes récentes de mise en valeur agricole. Université Euro-arabe itinérante. 8 ème session. Ghardaia du 11 au 20 avril 1992.

- [3] Zenkri S., 2017.- Agriculture saharienne du système oasien traditionnel à l'établissement d'une conception d'économie de marché et de développement durable
- [4] PDGDRS.1999.- Etude du plan directeur général de développement des régions sahariennes. indicateurs de développement. tome 1 : vision d'ensemble du sahara. p.22.
- [5] CDARS. 2013.- Commissariat au Développement de l'agriculture des régions saharienne. Rapport. Données statistiques.
- [6] Hamidi H., 2002.- Bilan du Plan National de Développement Agricole PNDA 76 p
- [7] Bouammar B., 2010.- Le développement agricole dans les régions sahariennes. Etude de cas de la région de Ouargla et de la région de Biskra Thèse de Doctorat Université de Ouargla 86p
- [8] Guillaumont p., 1993.- Politique d'ajustement et développement agricole. In Economie rurale
- [9] Granier J.G., 1980.
- [10] Oukazi G., 1999.- Nouvelles mesures pour la concession. El-Watan, quotidien national du 9-10 juillet 1999 p 4.
- [11] Badreddine K., 1999.- Mise en valeur des terres agricoles. Plus de 2000 concessions réalisées. Liberté, quotidien national du 19 septembre 1999 p7.



## IMPACT DE L'ABANDON DE L'ACTIVITE AGRICOLE SUR LES SOLS SAHARIENS (CAS DE LA REGION DE OUARGLA)

**BEN BRAHIM K., EDDOUD A., KRAMA Z., DEROUICHE R.**

*Laboratoire de bio ressources sahariennes, valorisation et préservation, université KasdiMerbah  
Ouargla.  
[bbr.sameh@yahoo.fr](mailto:bbr.sameh@yahoo.fr)*

**Résumé :** L'introduction de la céréaliculture dans les régions sahariennes dans le cadre de la politique de l'état qui vise l'intensification de la culture des céréales, à travers les grands périmètres de la mise en valeur des conséquences sur la perturbation des milieux naturels dans la région, à savoir les zones de parcours qui sont caractérisées par un couvert végétal naturel fournit l'essentiel de l'alimentation aux animaux d'élevage surtout les camelins. Ces espèces végétales spontanées sont adaptées aux conditions climatiques sahariennes (sécheresse, forte température...), ainsi qu'aux conditions édaphiques (salinité, disponibilité de l'eau....) L'abandon de l'activité agricole dans ces régions vue les différentes contraintes (économiques, techniques....) a un effet négatif sur la nature de la végétation dans ces aires, cela est dû aux modifications des caractéristiques du sol induites par les différentes pratiques culturales (travail du sol, irrigation, fertilisation....), cette modification se manifeste par la nature des espèces végétales qui apparaissent après l'abandon dite la flore de succession.

Notre étude a été menée dans la région de Hassi Ben Abdallah au niveau des périmètres céréaliers abandonnés (station Ex ERIAD), cette étude a pour objectif d'étudier la relation sol-flore dans ces périmètres à travers des analyses physico-chimiques des échantillons du sol prélevés selon l'âge d'abandon des pivots, et faire en parallèle une caractérisation de la flore selon les parcelles d'échantillonnage.

Les résultats obtenus montrent que les échantillons du sol des pivots récemment abandonnés offrent un milieu favorable à l'installation des espèces introduites par rapport aux espèces spontanées et l'augmentation du taux des espèces spontanées augmente avec l'augmentation de l'âge d'abandon des pivots où le sol commence à réunir ces propriétés naturelles. Donc l'anthropisation de ces milieux naturels influe sur le couvert végétal spontané, cette modification est le résultat d'une perturbation de l'un des compartiments de l'écosystème saharien qui est le sol, ce dernier qui est fragile est sensible à la moindre perturbation où des études profondes sont demandées avant de la prise de décision dans ces types de projets qui menacent la stabilité et l'équilibre de notre milieu saharien.

**Mots clés:** sols sahariens, céréaliculture sous pivot, périmètre abandonné, dégradation, flore.

### تأثير إهمال النشاط الزراعي على خصائص التربة الصحراوية (دراسة حالة منطقة ورقلة)

**ملخص:** يعتبر اعتماد زراعة الحبوب في المناطق الصحراوية تحت الرش المحوري في إطار سياسة الدولة الرامية إلى التكثيف هذه الزراعة من خلال إنشاء مساحات واسعة تحل محل المناطق الرعوية التي تمتاز بتنوعها النباتي الهام. حيث أنها تحوي على أصناف نباتية تتميز بتأقلمها مع الظروف المناخية الصحراوية (الجفاف، ودرجات الحرارة المرتفعة ...)، بالإضافة إلى تأقلمها مع خصائص التربة (الملوحة، وتوفر المياه ...).

مشكلة المراعي التي تتميز بغطاء نباتي طبيعي يوفر الجزء الأكبر من الغطاء النباتي خاصة الجمال. لكن نظرا لعدة عوامل شهدتها هذه الزراعة في مختلف الأصعدة أدى ذلك إلى التخلي عن النشاط الزراعي في هذه المناطق مما أثر سلبا على طبيعة الغطاء النباتي الطبيعي في هذه المناطق بسبب التغيير في خصائص التربة الناتجة عن الممارسات الزراعية المختلفة (الحرق، الري، التسميد ...). يتجلى هذا التغيير بطبيعة الأنواع النباتية التي تظهر بعد إهمال هذه المستثمرات.

أجرى بدر استنفا في منطقة حاسي بن عبد الله في محيطات الحبوب بالمهجورة (سابقا)، وتهدف هذه الدراسة إلى دراسة العلاقة بين التربة والنبات في هذه المناطق من خلال التحليل الفيزيائي والكيميائي لعينات التربة. تؤخذ وفالعمرا لتخليقنا المحيط الفلاحي، وإجراء وصف دقيق للنباتات التي تظهر طبيعيا. وتبين النتائج التي تم الحصول عليها أن عينات التربة من المحيطات المهملة مؤخرات توفر بيئة مواتية لنمو النباتات الدخيلة بالمقارنة مع الأنواع الصحراوية التي تزداد الزيادة في معدل الأنواع الطبيعية مع زيادة عمر إهمال المحيط. حيث تبدأ التربة في استعادة خصائصها الطبيعية. وبالتالي فإن تأثير نشاط الإنسان يظهر جليا من خلال نوعية الغطاء النباتي في هذه المناطق والذي يعود بالدرجة الأولى إلى تغيير خصائص التربة التي تعكس كمية ونوعية الغطاء النباتي. إن إحداث أي خلل في النظام البيئي بالصحراوية من خلال إحداث خلل في أحد مكوناته كالتربة، هذا الأخير الذي يعتبر هشاً حساساً لأدنى تغيير يتطلب إجراء دراسات عميقة قبل اتخاذ القرارات في هذا النوع من المشاريع التي تهدد استقرار وتواز بيئتنا الصحراوية.

**كلمات دلالة:** التربة الصحراوية، زراعة الحبوب تحت الرش المحوري، مستثمرات مهملة، تدهور، النباتات

## 1. INTRODUCTION

Dans le domaine saharien, les sols posent d'énormes problèmes de mise en valeur. Ils sont caractérisés par un faible potentiel de fertilité se manifestant par la formation d'un paysage de type désertique. Les sols présentent souvent des croûtes calcaires ou gypseuses et sont la plupart du temps sujets à l'érosion éolienne et à la salinisation secondaire et sont recouverts par des voiles de sables [1].

Devant cette situation, et avec la mise en valeur agricole qui se manifeste par l'apparition des nouvelles exploitations agricoles sur des aires naturelles qui sont à l'origine des zones de parcours, caractérisées par un couvert végétal naturel et un sol stable. Ces dernières ont subi une perturbation surtout avec l'installation des périmètres de la céréaliculture sous centre pivot dans la région. Après un certain temps plus de 70% de ces périmètres sont abandonnés cela est dû à plusieurs causes d'ordre techniques, économiques plus des problèmes de gestion [2].

Les écosystèmes modifiés par l'homme possèdent un ensemble de caractéristiques qui les différencient des écosystèmes naturels ou à peine modifiés : par exemple un apport, parfois important, un apport massif de pesticides, herbicides, insecticides, fongicides et engrais tous ces facteurs influent directement sur la flore qui apparaît après l'abandon de l'activité agricole [3].

La synthèse de résultats des travaux de [4] et [5] qui visent l'étude de la relation flore-sol dans ces périmètres céréaliers après l'abandon montrent l'impact de l'effet anthropisation sur la diversité floristique à travers les modifications du couvert végétal, après la mise en place d'un pivot, en changeant les caractéristiques physico-chimiques du sol.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Présentation de la région d'étude

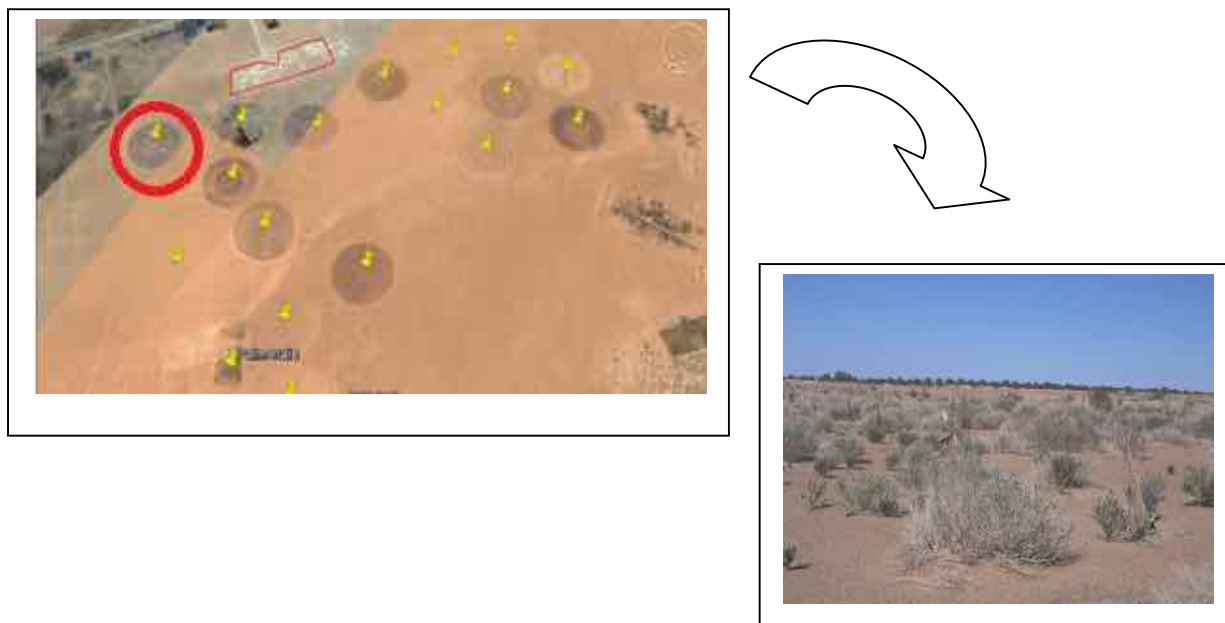
La région d'Ouargla est située au Nord-est de l'Algérie, à environ 800 Km de la capitale Alger. Elle se situe au fond d'une large cuvette de la vallée de l'Oued M'ya. La ville de Ouargla, chef lieu de la wilaya, est située à une altitude de 157 mètres, ses coordonnées géographiques sont : 31° 58' de latitude Nord et 5° 20' Est. Elle couvre une superficie de 99000 ha, elle est limitée par : Touggourt au nord ; Hassi Messaoud au Sud ; L'erg oriental à l'Est et Ghardaïa à l'Ouest.

### 2.2. Présentation de la station d'étude

La ferme E.R.I.A.D/Agro Sud a été créée en 1991 à Ouargla, commune de Hassi Ben Abdallah, à une distance d'environ 25 km du chef-lieu de la wilaya d'Ouargla. Elle couvre une superficie totale de 1675 ha, avec une superficie exploitée estimée à 488 ha.

Cette ferme est spécialisée en céréaliculture. La phoeniculture trouve aussi sa place dans la ferme avec une superficie de 20 ha, comprenant les variétés Deglet Nour, Ghars et Degla Beida [2].

La ferme dispose de 17 centres pivots de 30 ha pour chacun, et qui ont des différentes années d'abandon.



**Figure 1.** Localisation de la station d'étude

## 2.3. Echantillonnage

### 2.3.1. Le sol

Les analyses du sol sont effectuées pour 08 espèces végétales qu'on a pu suivre au cours de notre travail. Le prélèvement des échantillons du sol destiné aux analyses des paramètres physico-chimiques se fait par rapport à l'existence des espèces végétales en regroupement (plus de 03 individus).

Pour la réalisation de ces analyses, on a divisé le pivot en 04 secteurs et on a réalisé des relevés pour chaque secteur, ces prélèvements sont réalisés jusqu'à une profondeur de 25 cm.

### 2.3.2. La flore

Pour adapter la méthode de l'échantillonnage subjectif à notre station (pivot), nous avons choisi des transects pour l'inventaire et notation des espèces végétales, dont on a tracé 03 transects (présentent 10m de largeur selon la disposition des espèces et la longueur est celle de pivot) disposés parallèlement : un transect au centre du pivot et les deux autres sur les côtés latéraux tout en respectant l'orientation vers le Nord.

Les échantillons du sol prélevés font l'objet des analyses physico-chimiques concernant les paramètres suivants : granulométrie, le pH, la CE, le calcaire total, la MO et l'azote total.

Pour le côté flore une analyse qualitative des espèces rencontrées est réalisée à savoir l'inventaire des espèces végétales, l'étude systématique de la flore inventoriée.

## 3. RESULTATS

L'objectif principal de cette étude est de connaître la relation flore – sol dans les périmètres agricoles abandonnés (périmètre céréalier abandonné).

### 3.1. L'analyse floristique

**Tableau 1.** Espèces végétales inventoriées dans la station d'étude.

Classe	Famille	Espèces
<b>Monocotylédones</b>	<b>Poaceae</b>	<i>Danthoniaforskalii</i>
		<i>Hordeummurinum</i>
		<i>Schismusbarbatus</i>
		<i>Stipagrostisplumosa</i>
<b>Dicotylédones</b>	Amaranthaceae	<i>Atriplexdimorphostegia</i>
		<i>Chenopodium murale</i>
		<i>Cornulacamonacantha</i>
	Asteraceae	<i>Iflogaspicata</i>
		<i>Launaeaglomerata</i>
		<i>Launaearesedifolia</i>
	Boraginaceae	<i>Megastomapusillum</i>
		<i>Moltkiopsisciliata</i>
	<b>Brassicaceae</b>	<i>Oudneyaaficana</i>
	Caryophyllaceae	<i>Polycarpoprostrata</i>
		<i>Paronychia arabica</i>
	<b>Cistaceae</b>	<i>Helianthemumlippii</i>
	<b>Cucurbitaceae</b>	<i>Colocynthisvulgaris</i>
	<b>Fabaceae</b>	<i>Astragalusgyzensis</i>
	<b>Geraniaceae</b>	<i>Erodiumglaucophyllum</i>
		<i>Monsoniaheliotropioides</i>
	<b>Résidaceae</b>	<i>Reseda arabica</i>
	<b>Rosaceae</b>	<i>Neuradaprocumbens</i>
	<b>Tamaricaceae</b>	<i>Tamarix articulata</i>
	<b>Zygophyllaceae</b>	<i>Fagoniaglutinosa</i>
<i>Zygophyllum album</i>		

L'ensemble des relevés floristiques réalisés dans ce pivot ont permis d'inventorier 25 espèces végétales réparties sur 14 familles botaniques. Les plus importantes contributions sont enregistrées pour les Poaceae avec 16 % de la flore totale, les Amaranthaceae et Asteraceae avec 12% pour chaque famille.

Ce nombre d'espèces est le même signalé par le travail de [4], qui a inventorié 25 espèces végétales réparties sur 14 familles botaniques ; cependant, il apparaît faible par rapport à 31 espèces végétales réparties sur 15 familles botaniques inventoriées par [6].

Ces variations entre les résultats des différents travaux réalisés dans ces périmètres sont dues à l'effet des facteurs climatiques. Selon [7], la répartition des végétaux à la surface du globe est conditionnée par 03 facteurs : l'eau, la température, la lumière, lorsque

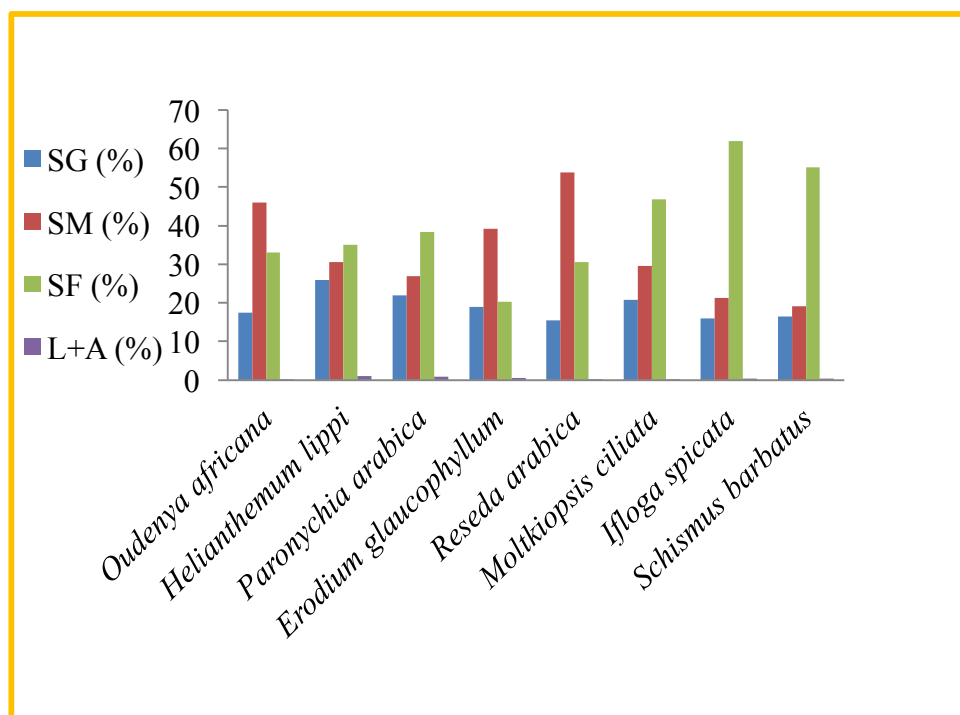
La répartition et la physionomie du couvert végétal sont toujours les premières réponses à des facteurs climatique et pédologique et aussi à leur histoire, en incluant le rôle de l'homme [8]

### 3.2. Relation plante-caractéristiques édaphiques

Cette étude nous a permis de faire la relation entre les caractéristiques physico-chimiques du sol après l'abandon et les espèces végétales qui ont persisté jusqu'à la fin de période de suivi qui sont de l'ordre de 08 espèces végétales parmi 25 espèces inventoriées.

### 3.2.1. La granulométrie

Les variations de la granulométrie de différentes fractions du sol sont représentées dans la figure 2.

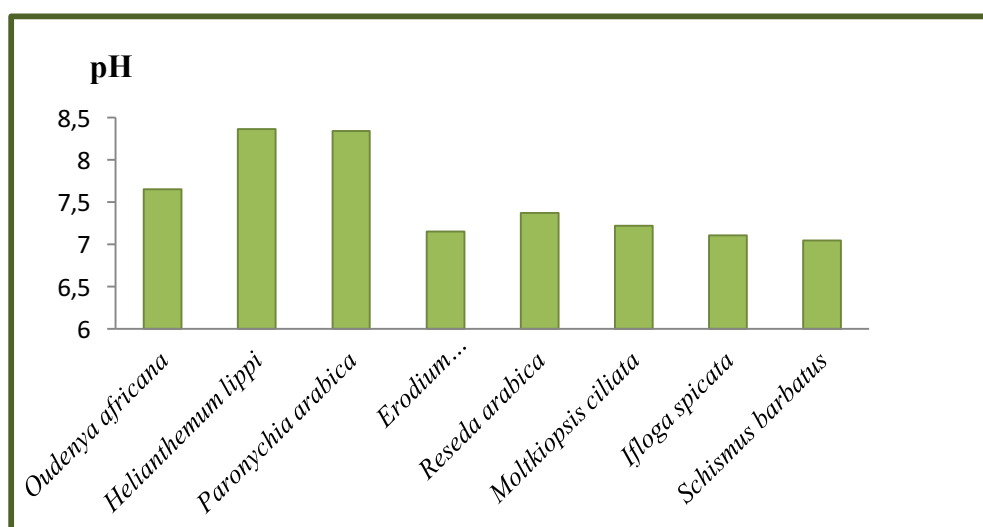


**Figure 2.** La distribution des espèces végétales inventoriées selon la granulométrie du sol.

L'analyse du sol au niveau du laboratoire concernant la texture du sol montre que le sol est généralement de texture sableuse pour l'ensemble des échantillons (dominance des sables grossiers et fins). La texture du sol se définit par ses proportions relatives en argile, limon, sable, le même résultat trouvé dans ces périmètres et dans le même site (pivot 17) par les travaux de [9], [10], ALLAG et DOUGHA(2012).

### 3.2.2. Le pH

Les résultats d'analyse de pH sont représentés dans la figure 03.



**Figure 3.** La distribution des espèces végétales inventoriées selon le pH du sol.

L'analyse de pH montre que le *Helianthemum lippii* et *Paronychia arabica* existent dans les endroits à pH plus élevé, suivies par *Oudneya africana* avec un pH égal à 7,65. Pour les autres espèces, le pH varie entre 7 et 7,4.

L'analyse des valeurs du pH de la majorité des sols montre un pH neutre pour la totalité des échantillons prélevés, ces résultats sont comparables à ceux de [5].

### 3.2.3. La conductivité électrique

Les résultats d'analyse de la conductivité électrique sont représentés dans la figure 4.

L'analyse de la CE des différents échantillons du sol analysés montre que, la valeur la plus élevée est celle de *Schismus barbatus* qui est de 1,2 mS/cm, suivie par *Iflogaspicata*, et le *Helianthemum* avec une valeur de 0,6 mS/cm, alors que les espèces *Reseda arabica* et *Oudneya africana* ont enregistré la plus faible moyenne, soit 0,26 mS/cm.

Les valeurs de la conductivité électrique sont faibles (sol non salé - peu salé), ceci peut être expliqué probablement par l'absence d'origine de salinisation secondaire (l'eau d'irrigation). [10] et [5] ont trouvé les mêmes résultats.

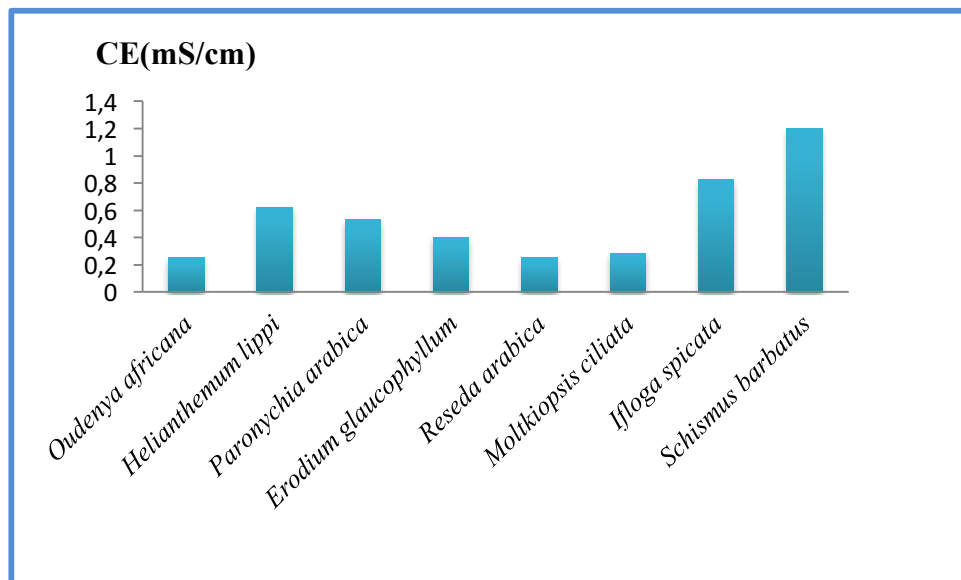
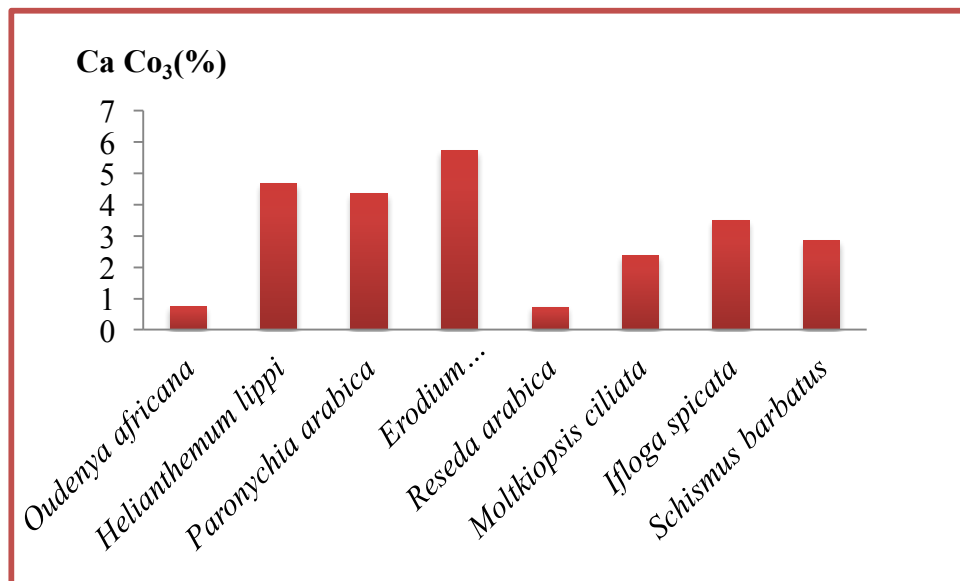


Figure 4. La distribution des espèces végétales inventoriées selon la CE du sol.

### 2.4 Le taux du calcaire total

Les résultats d'analyse du calcaire total sont représentés dans la figure 05.

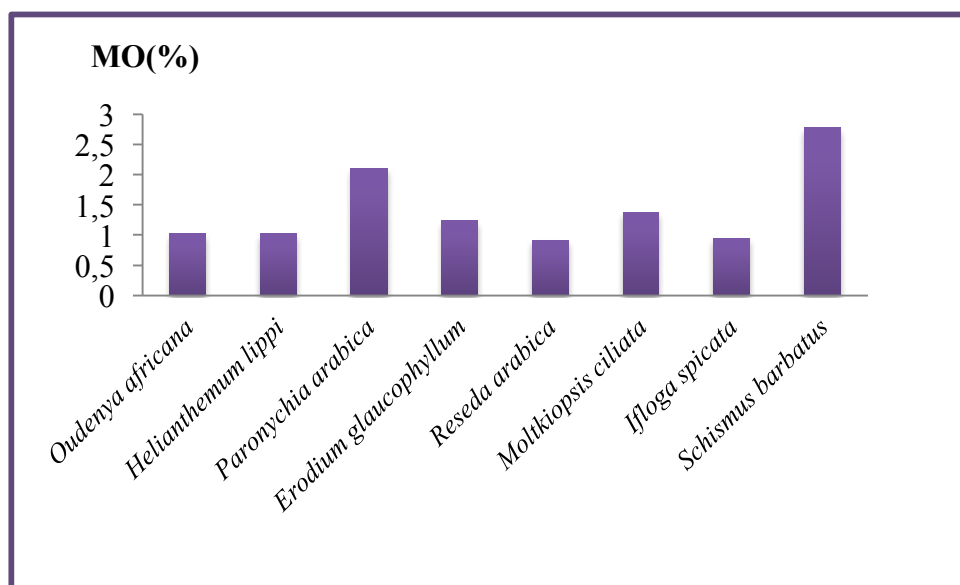
Le taux de calcaire total du sol de l'ensemble des espèces est faible (sol non calcaire – peu calcaire), sauf pour *Erodium glaucophyllum* (modérément calcaire) avec une valeur de 5,74%, tandis que la valeur très faible enregistrée pour *Oudneya africana* et *Reseda arabica* avec un taux de 0,77% et de 0,75% respectivement.



**Figure 5.**La distribution des espèces végétales inventoriées selon le taux du calcaire total

## 2.5 Le taux de la matière organique

Les résultats d'analyse de la matière organique sont représentés dans la figure 6.



**Figure 6.**La distribution des espèces végétales inventoriées selon le taux de la matière organique.

Le taux de la matière organique enregistré est variable, il varie entre 0,91 et 2,78 %. On remarque que le taux le plus élevé est enregistré pour *Schismus barbatus*, puis, *Paronychia arabica*, la valeur la plus faible est celle de *Reseda arabica*, la majorité des espèces, s'installent sur des sols faibles en calcaire sauf l'*Erodium glaucophyllum* et pour la MO, presque toutes les espèces s'installent dans un sol faible en MO aussi. La MO joue un rôle important dans la gestion d'une meilleure fertilité du sol. Elle a de nombreuses propriétés qui permettent d'augmenter la fertilité du sol et d'améliorer sa structure [11], [12], [13].

## 2.6 Le taux d'Azote

Pour l'analyse de la teneur en Azote, on a trouvé des valeurs très proches (sauf l'*Oudneya africana*) où le sol est très pauvre en azote pour l'ensemble des espèces végétales. La totalité des sols est notablement très pauvre en azote dont toutes les valeurs ne dépassent pas 0,05%.

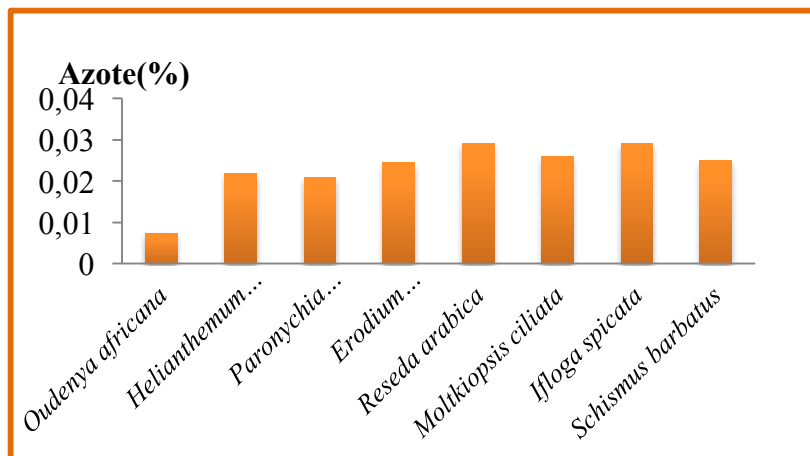


Figure 7. La distribution des espèces végétales selon le taux d'azote.

Ces derniers résultats concernant la MO et l'azote sont proches des résultats obtenus par les travaux de [5], [8].

Donc on peut dire que la majorité des espèces végétales qui sont concernées par le suivi et les analyses du sol on montré que :

Pour la granulométrie sont toutes installées sur un sol sableux caractérisé par un PH neutre et une conductivité électrique de 0,26 à 1,2 mS/cm surtout pour les espèces *Oudneya africana* et *Schismus barbatus* qui sont appartiennent aux familles Brassicaceae et Poaceae respectivement.

Pour le calcaire total les taux les plus élevés sont enregistrés au niveau des échantillons du sol où ont été prélevées les espèces *Helianthemum lippii*, *Paronychia arabica* et *Erodium glaucophyllum*

Les taux de la matière organique sont très faibles chez la totalité des échantillons du sol, c'est les mêmes résultats obtenus pour les taux de l'azote qui sont de l'ordre de 0,05%.

## 4. CONCLUSION

Le sud de l'Algérie se caractérise par un paysage floristique typique et très diversifié avec la diversification de leur géomorphologie.

Dans ces terres du Sud, une grande partie des parcours sahariens ont disparu à cause de l'intensification de la céréaliculture dans ces régions dans le cadre de la mise en valeur.

L'abandon de ces terres agricoles provoque la dégradation des parcours camelins qui sont riches en espèces végétales, cette dégradation est le résultat de l'action anthropique qui a rendu le sol dans la plupart des cas nu.

La dégradation de la végétation aggrave le phénomène de désertification, résultat de la perturbation du sol par les différents itinéraires techniques appliqués dans ces sols, avant et après l'installation des cultures et provoquera un grand déséquilibre dans les milieux naturels.

Les résultats de ce travail montrent que notre écosystème saharien est très fragile aux moindres modifications dans l'un de ses composants tel car cela a des effets sur les autres compartiments à savoir la flore et aussi la faune.



**REFERENCES**

- [1] AUBERT G., 1978.- Méthodes d'analyses des sols. Ed. Marseille.191p.
- [2] BEN BRAHIM K., 2009.- Composition et structure de la végétation des périmètres céréaliers abandonnés dans la région d'Ouargla. Mémoire magister Agronomie Saharien.Université d'Ouargla.61p.
- [3] BEN BRAHIM K ; CHELOUFI H ; EDDOUD A ; BISSATI S., 2014.- Composition et structure de la végétation des périmètres agricole abandonnés dans la région d'Ouargla (cas des périmètres de lacéréaliculture sous centre pivot) RevueElWahat pour les recherches et les Etudes : 57 – 66. ISSN : 1112 -7163 Vol.7n°2 (2014)
- [4] KRAMA Z., 2014.- Relation flore-sol dans des périmètres agricoles abandonnés (région d'Ouargla-Algérie).mémoire mastère académique. Université d'Ouargla.61p.
- [5] DEROUICHE R., 2015.-Relation flore-sol dans les périmètres agricoles abandonnés (région de Ouargla- Algérie). Mémoire master académique en sciences de l'environnement, université kasdimerbah Ouargla, 70p.
- [6] BOUSMAHA Y., 2009.- Flore des périmètres céréaliers abandonnés dans la région d'Ouargla (cas de la région de Hassi Ben Abdellah).mémoire ingénieur en biologie.Université d'Ouargla.98p.
- [7] OZENDA P., 1977.- Flore et végétation du Sahara. Ed. C.N.R.S.Paris.622p
- [8] MAIRE R., 1953.- Flore de l'Afrique du nord. Vol.02.Ed. Paul lechevalier.paris.P360, 365.
- [9] MARFOUA M., 2009.- Diversité floristique des banques de grains dans les champs céréaliers sous centre pivot de la région d'Ouargla. Thèse de Magister .Université d'Ouargla.125p
- [10] MESBAHI I., SAITI A., 2012.- La flore des périmètres agricoles abandonnés : inventaire et caractérisation. Mémoire ingénieur en biologie. Université d'Ouargla.69p.
- [11] VAN SCHOLL L., 2005.- Gérer la fertilité du sol.5<sup>ème</sup> édition. Ed. Fondation agromisa, Wageningen. P11.
- [12] DAJOZ R., 2006.- Précis d'écologie.8<sup>ème</sup> édition.Ed.Dunod paris.P64, 65.
- [13] QUEZEL P; SANTA S., 1962.- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 1. 7<sup>ème</sup> édition. Ed.C.N.R.S. Paris, 1090p.

## EVALUATION DE LA CAPACITE DE PHYTODESSALEMENT DU SOL PAR UNE CULTURE TEST DE *BRASSICA OLERACEA*.

**BENBESSIS Y.<sup>1,2</sup>, SALHIN.<sup>2</sup>, BALLA K.<sup>2</sup>, BENGLIA Z.<sup>2</sup>, et HALILAT M.T.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ecole Normale Supérieure de Ouargla, Département Des Sciences De La Nature Et De La Vie

<sup>2</sup>Université Kasdi Merbah Ouargla Laboratoire De Bio-Ressources Sahariennes : Préservation Et Valorisation, Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie Ouargla 30 000 Algérie.

[yaminabenbessisse@gmail.com](mailto:yaminabenbessisse@gmail.com)

**Résumé:** La salinisation du sol est un facteur biologique majeur qui entrave la production agricole. La culture des plantes résistantes à la solution saline est une technique biologique utilisée pour restaurer les sols affectés par la salinité dans les zones arides. Pour réhabiliter les sols dégradés et pour mettre en valeur des sols salins, cette étude vise à évaluer l'utilisation potentielle de l'halophyte *Brassicaoleracea* (chou fourrager) pour l'assainissement d'un sol expérimentalement salinisé. Les plantes ont été soumises à différentes concentrations de chlorure de sodium (50 mM/l de NaCl et 100 mM/l de NaCl). Nous avons étudié l'évolution de la conductivité électrique dans le sol et le taux de sodium, potassium et calcium accumulés dans le sol et dans le végétal. Les résultats obtenus ont abouti à un pH du sol modéré et une CE du sol élevée. La salinité du sol a connu une augmentation avec l'accroissement de la concentration du NaCl de l'eau d'irrigation, tandis que le taux de sodium et du potassium ont diminué pour les différentes concentrations de chlorure de sodium, alors que le calcium a été maintenu dans le sol. Le chlorure de sodium a une relation directe avec la quantité de chlorophylle (a) et la quantité d'eau dans les feuilles, ces deux paramètres ont été affectés par le degré de la salinité dans le sol et le rapport du taux de sodium et de potassium dans les feuilles est élevé. Il est donc évident que la culture de *BrassicaOleracea* est une culture efficace et stratégique pour la phytoremédiation des sols salés.

**Mots clés:** Chou fourrager (*Brassicaoleracea*), phytodessalement, salinité, CE, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>.

### تقييم قدرة نزع الملوحة للتربة لزراعة الكرنب العلفي (*Brassicaoleracea*)

**ملخص:** تعتبر ملوحة التربة عاملاً بيولوجياً رئيسياً يعوق الإنتاج الزراعي. زراعة النباتات المقاومة للملوحة هي تقنية البيولوجية المستخدمة لاستعادة التربة المتضررة بالملوحة في المناطق القاحلة. بغرض إعادة تأهيل الأراضي المتدهورة ولإستصلاح التربة المالحة، تهدف هذه الدراسة إلى تقييم إمكانية استخدام الكرنب العلفي (*Brassicaoleracea*) كنبات لعلاج ملوحة التربة تجريبياً. بحيث يعرض النبات لتراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم (50 ملي مول/ل و 100 ملي مول/ل) ثم تابعتنا تطور الكاتيونات المتراكمة في التربة والنبات. النتائج التي تم الحصول عليها كانت في تربة درجة الحموضتها معتدلة و مالحة. في التربة زادت درجة الملوحة مع زيادة تركيز كلوريد الصوديوم في مياه الري بينما انخفض الصوديوم و البوتاسيوم في مختلف تراكيز كلوريد الصوديوم. تم الحفاظ على نسبة الكالسيوم في التربة. كلوريد الصوديوم لديه علاقة مباشرة مع كمية الكلوروفيل (أ) وكمية المياه في أوراق هذين المعلمين تأثراً بارتفاع درجة الملوحة في التربة ونسبة الصوديوم والبوتاسيوم في الأوراق مرتفعة. ولذلك فمن الواضح أن زراعة الكرنب العلفي (*Brassicaoleracea*) هو محصول فعال واستراتيجي من أجل التحسين النباتي للتربة المالحة.

**كلمات دالة:** الكرنب العلفي (*Brassicaoleracea*), معالجة التربة المالحة, الملوحة, درجة الملوحة CE, Na<sup>+</sup>Cl<sup>-</sup>.

## 1. INTRODUCTION

Il a été postulé que les sols affectés par la salinité couvrent environ 6% (plus de 800 millions d'hectares) des terres du monde, ce qui est principalement dû à des causes naturelles (accumulation de sel sur de longues périodes dans les régions arides et semi-arides). Les causes induites ont affecté en 2008 environ 2% (32 millions d'hectares) des zones arides et 20% (45 millions d'hectares) des terres irriguées dans le monde [1].

La salinité de l'eau et celle des sols sont parmi les principaux facteurs limitant la productivité végétale [2], en particulier dans les régions arides et semi-arides, où les faibles précipitations et les systèmes d'irrigation inappropriés sont incapables de lessiver les sels de rhizosphère.

Pour surmonter ce problème plusieurs méthodes ont été mises en place pour récupérer ces sols et ont été regroupés en approche : hydraulique, physique, chimique et biologique [3].

La méthode biologique consiste à cultiver des plantes tolérantes aux sels et halophytes pour exploiter et mettre en valeur les sols salés. Plusieurs auteurs [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10] et

[11] ont prouvé l'efficacité des plantes hyper accumulatrices de  $\text{Na}^+$  à déssaliniser le sol sur lequel elles sont cultivées.

L'objectif de ce travail est de partager les résultats d'une étude de l'évaluation de la capacité de la culture de chou fourrager à diminuer la salinité du sol.

## 2. MATERIELS ET METHODES

L'objectif de ce travail est d'étudier la capacité du chou fourrager (*Brassicaoleracea*) à diminuer la salinité du sol irrigué par différentes eaux d'irrigation salines avec trois doses croissantes de  $\text{NaCl}$ .

### 2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est le chou fourrager. Les semences provenant de la région de Ouargla, sont récoltées dans les palmeraies du Ksar en 2016.

### 2.2. Substrat de culture

L'expérimentation a été réalisée sur un sol sableux prélevé dans l'exploitation de l'Université de Ouargla, lieu où on a réalisé l'expérimentation.

La culture a été faite dans des pots en plastique de 39,5 cm de longueur et de 12,5cm de largeur et 15cm de hauteur remplis par une quantité de 5kg d'un mélange sol et terreau (3 volumes de sol / 2 volumes de terreau).

### 2.3. Protocole expérimental

L'expérimentation a duré 84 jours et a été réalisée sous abri (serre en plastique), à l'exploitation de la Faculté des Sciences de la nature et de vie de l'Université de Ouargla. Le dispositif expérimental adopté est en bloc aléatoire complet, constitué de neuf pots, à savoir 3 répétitions par traitement. Les plantes sont soumises à trois traitements:

- a) T1 : eau de robinet +0g/l de  $\text{NaCl}$
- b) T2 : eau de robinet +50mMol/l de  $\text{NaCl}$ .
- c) T3 : eau de robinet + 100mMol/l de  $\text{NaCl}$ .

Tous les deux jours, ces plantules sont arrosées à raison de 800 ml par pot.

### 2.3. Suivi de l'évolution de la salinité

Les analyses physicochimiques du sol ont été réalisées au départ et à l'arrêt de culture, et la composition chimique de la matière végétale est déterminée à l'arrêt de la culture.

Les paramètres mesurés sont :

**Pour le sol:** pH, CE,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{K}^+$  qui ont été mesurés dans le sol avant mise en culture (T0) et le sol après la mise en culture et le traitement par le  $\text{NaCl}$  (T1, T2 et T3).

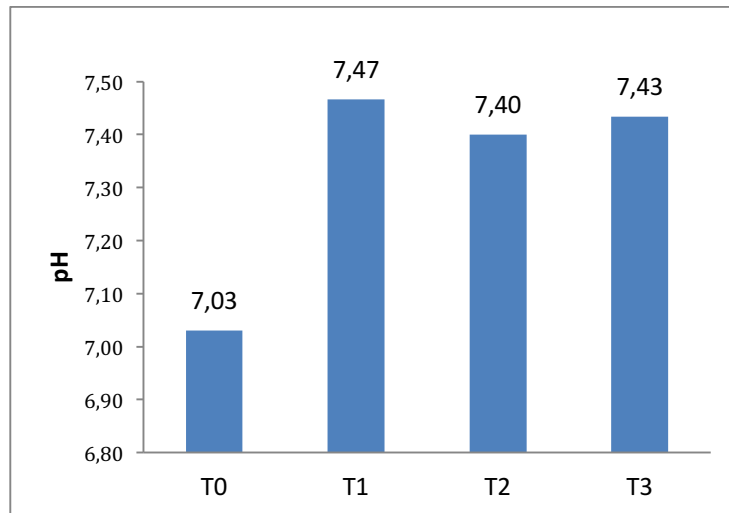
**Pour la plante:** chlorophylle totale, chlorophylle a, chlorophylle b,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ .

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Le sol

#### 3.1.1. Le pH

Selon le projet PNUD/FAO, le sol de l'expérimentation a un pH neutre inférieur à 7,5. Le pH a connu une augmentation sans importance en comparaison avec le sol avant la mise en culture et le sol après la mise en culture, donc l'irrigation de chou fourrager avec une eau saline ne provoque pas une alcalinisation du sol [12].

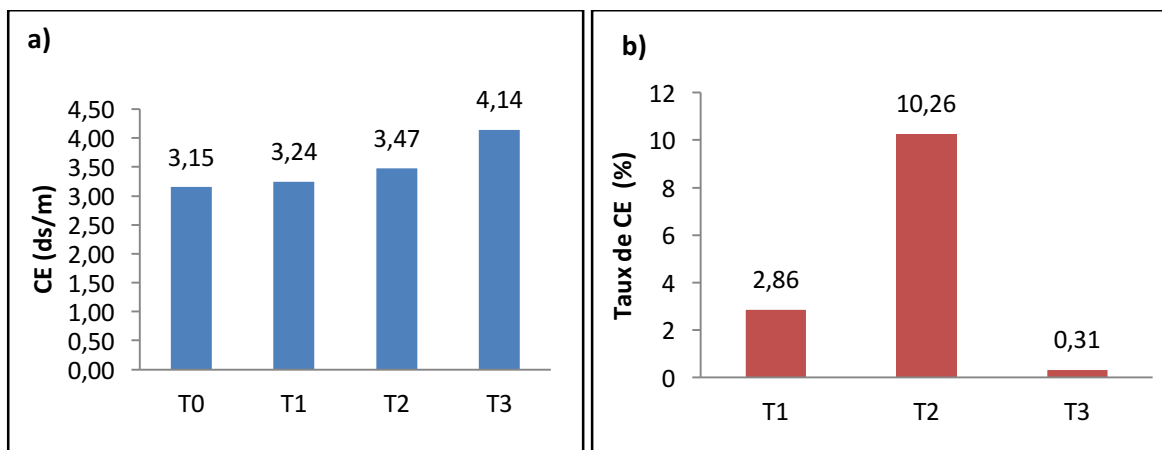


**Figure 1.** Evolution du pH du sol irrigué avec une eau de différentes concentrations en NaCl

### 3.1.2. Conductivité électrique

Selon l'échelle de Durand, le sol utilisé pour l'expérimentation est un sol très salé sauf les cultures résistantes donnent un rendement satisfaisant [13].

La conductivité électrique a connu une augmentation pour tous les traitements, c'est vrai que l'irrigation provoque une salinisation du sol, mais cette augmentation varie d'un traitement à l'autre, où elle est de l'ordre de 2% pour l'eau de robinet et l'augmentation de 50 mmol/l de NaCl entraîne une augmentation de la conductivité électrique de 10%, et lorsque l'augmentation est de 100 mmol/l, la conductivité électrique est supérieure à celle de départ de plus de 30% et le sol devient extrêmement salin [13].

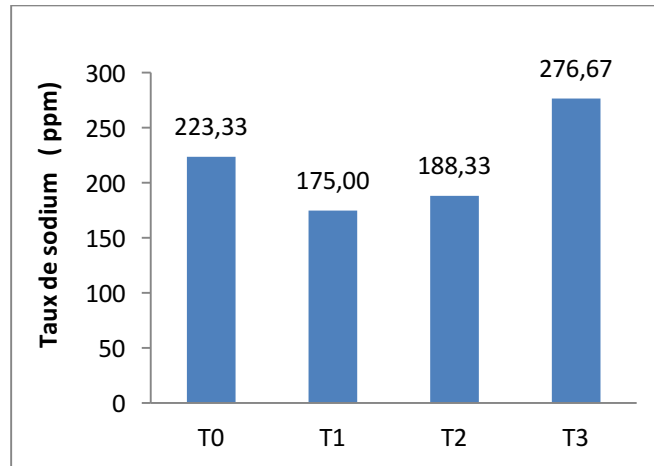


**Figure 2. a) :** Evolution de la conductivité électrique du sol irrigué avec une eau de différentes concentrations en NaCl. **b) :** Taux de l'augmentation de la conductivité électrique du sol irrigués en différentes concentrations en NaCl eau

### 3.1.3. Le sodium:

Le taux de sodium du sol a connu une diminution par rapport au témoin "sol avant la mise en culture" pour le traitement 1 et le traitement 2 mais une augmentation pour le traitement 3.

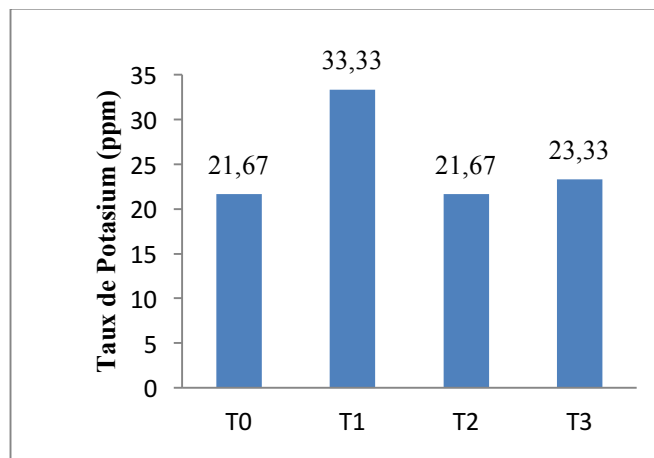
Donc le chou fourrager cause une diminution importante du sodium dans le sol et ce dernier ne peut connaître un enrichissement en NaCl, sauf lorsque la concentration de l'eau d'irrigation en NaCl est supérieure à 100 mmol/l.



**Figure 3.** Evolution du taux de sodium du sol irrigué avec une eau de différentes concentrations en NaCl.

### 3.1.4. Le potassium :

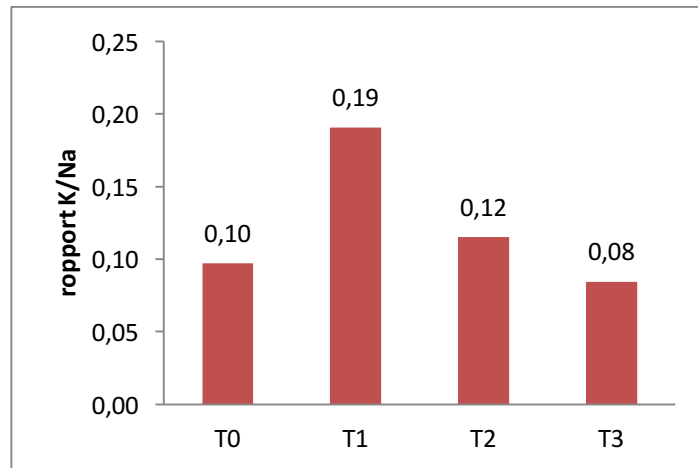
La comparaison du taux de potassium dans le sol entre le témoin et le traitement 1 "irrigation avec eau de robinet" montre une élévation, ce que signifie que l'irrigation enrichit le sol en potassium, tandis que l'ajout de 50mmol/l de NaCl et de 100mmol/l provoque une diminution de cet élément, ce que signifie que les prélèvements du potassium par la culture de chou fourrager ont augmenté avec l'augmentation de la concentration de NaCl.



**Figure 4.** Evolution du taux de potassium du sol irrigué à différentes concentrations en NaCl

### 3.1.5. Rapport $K^+/Na^+$

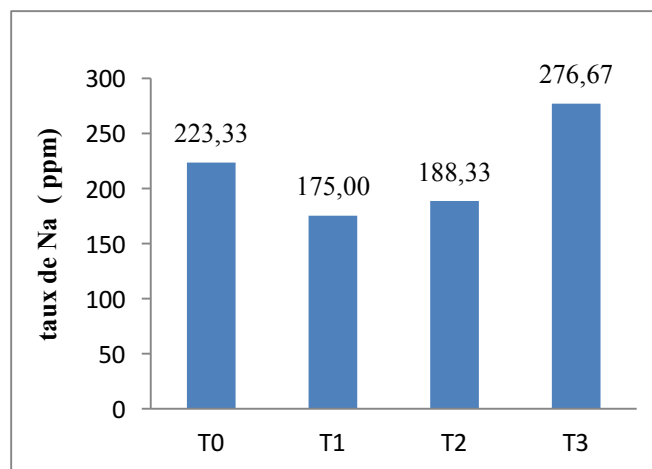
En général le rapport  $K^+/Na^+$  dans le sol est inférieur à 1. Ce rapport a augmenté par l'irrigation en eau de robinet (T1), alors qu'il a diminué avec l'augmentation de la concentration de NaCl. L'ajout de 100mmol/l de NaCl provoque une diminution importante du rapport  $K^+/Na^+$  qui est inférieur à celui du sol avant la mise en culture (T0), ceci signifie que les prélèvements de potassium par la plante deviennent très importants par rapport aux intrants, par contre, ils sont inférieurs pour le sodium, d'où l'appauvrissement du sol en potassium.



**Figure 5.** Evolution du rapport  $K^+/Na^+$  du sol irrigué à différentes concentrations en NaCl

### 3.1.6. Le calcium

Le taux de calcium dans le sol a diminué après la mise en culture, ce qui prouve que les prélèvements du calcium par la culture de chou fourrager sont supérieurs à l'enrichissement par l'eau d'irrigation, mais cette diminution n'est pas accentuée chez le traitement 3 (ajout de 100 mmol/l de NaCl), ce qui affirme que l'augmentation de la concentration de NaCl, le chou fourrager augmente les prélèvements du  $Na^+$  et  $K^+$  au détriment de prélèvement de  $Ca^{++}$ .

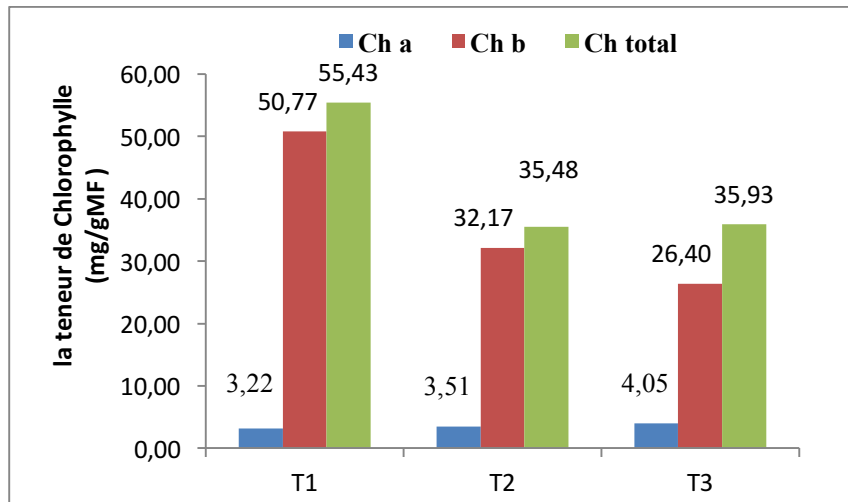


**Figure 6.** Evolution du taux du calcium du sol irrigué en eau à différentes concentrations en NaCl.

## 3.2. La Plante

### 3.2.1. Teneur en chlorophylle

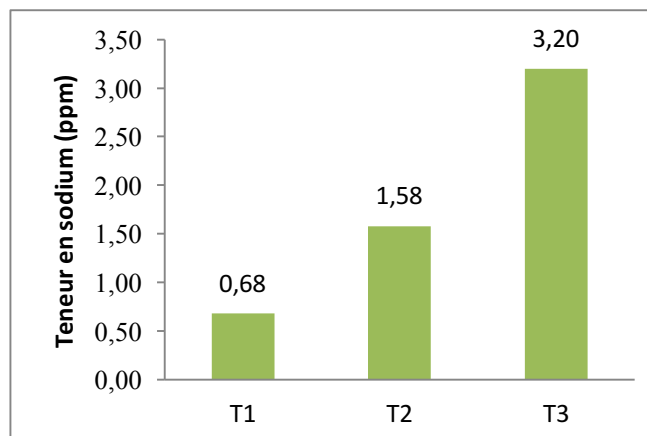
L'augmentation de la salinité provoque une diminution du taux de chlorophylle totale, plus de détails, la salinité a un effet négatif sur la chlorophylle "a" ou cette dernière a connu une diminution avec l'augmentation de la concentration de NaCl, par contre la salinité a provoqué une augmentation de chlorophylle "b".



**Figure 7.** Evolution de la teneur de chlorophylle a , b et totale chez le chou fourrager irrigué en eau à différentes concentrations en NaCl (mg/g MF).

### 3.2.2. Le Sodium

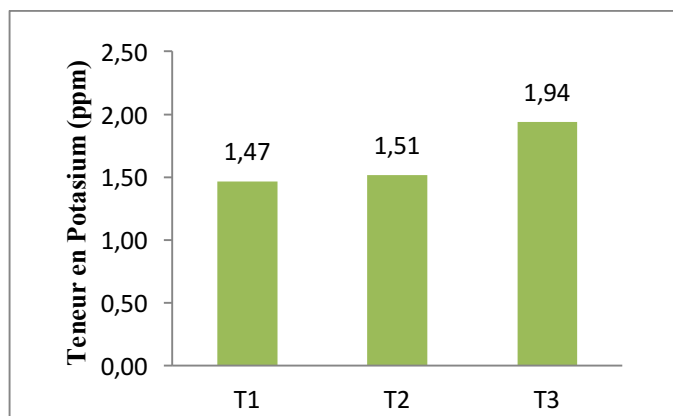
La teneur en sodium est en augmentation avec l'augmentation de la concentration en NaCl de l'eau d'irrigation ce qui prouve que le chou fourrager est une plante accumulatrice de sodium, et confirme la diminution de sodium dans le sol.



**Figure 8.** Evolution de la teneur de sodium chez le chou fourrager irrigué en eau à différentes concentrations en NaCl.

### 3.2.3. Le potassium

La figure ci-dessous montre que la teneur en potassium est en augmentation avec l'augmentation de la concentration de NaCl, mais les variations entre traitements n'apparaissent pas importantes comme chez le sodium, la différence entre les traitements 1 et 2 est de l'ordre de 0,05ppm/g matière sèche mais le traitement 3 présente une différence nette qui est de l'ordre de 0,47ppm/g matière sèche.

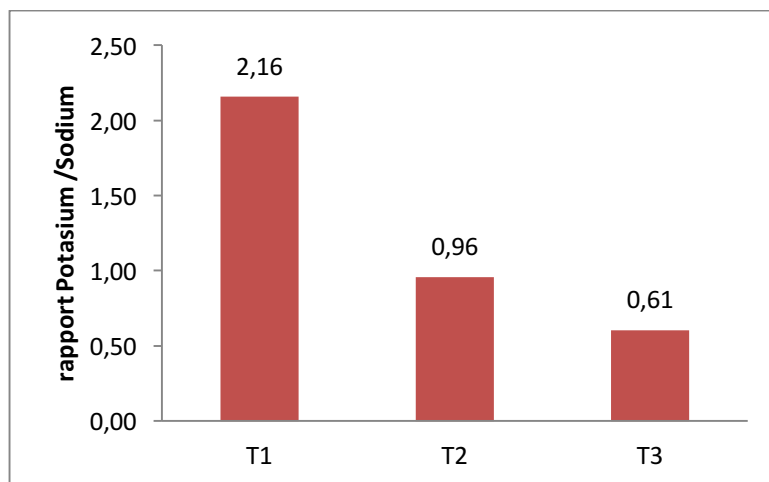


**Figure 9.** Evolution de la teneur de potassium chez le chou fourrager irrigué en eau à différentes concentrations en NaCl.

Cette caractéristique d'aptitude du végétal à augmenter la teneur en  $K^+$  est corrélée avec la tolérance au sel [14].

### 3.2.4. Rapport $K^+/Na^+$

Le rapport  $K^+/Na^+$  dans le végétal diminue avec la salinité de l'eau de l'irrigation mais il est supérieur à 1 pour traitement 1 (irrigation par eau de robinet) et proche de 1 pour le traitement 2 (ajout de 50mMol/ de NaCl), le traitement 3 à une concentration plus de 100mMol/l en NaCl présente un rapport faible, l'accumulation de sodium dans le végétal est en faveur, ce qui montre que le chou fourrager est une plante accumulatrice de sodium.



**Figure 10.** Evolution de rapport potassium/ sodium chez le chou fourrager irrigués en eau à différente concentration en NaCl.

## 4. CONCLUSION

Le chou fourrager est une culture halophyte accumulatrice de sodium. Malgré l'irrigation par une eau concentrée en NaCl, le sol n'a pas connu une alcalinisation. C'est vrai que la conductivité électrique du sol est en augmentation à cause de l'irrigation avec une eau saline, mais cette augmentation ne change pas la classe du sol qu'après l'irrigation par une eau à plus de 100 mMol/l NaCl. La culture de chou fourrager a diminué le taux de sodium dans le sol malgré l'ajout systématique par l'irrigation.

La phytodéssalinisation est une technique émergente qui peut être utilisée pour faire face aux problèmes de salinité / sodicité dans les régions arides et semi-arides. Cependant, son



application nécessite une optimisation, y compris le choix de l'halophyte pratique. Peut-être ces cultures ne peuvent pas phytodéssaliniser les sols extrêmement sodiques / salins mais elles peuvent minimiser l'effet néfaste de l'irrigation par des eaux chargés en NaCl.

## REFERENCES

- [1] Munns R., Tester M., 2008.- Mechanisms of salt tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59:651-681.
- [2] Zid E., Grignon C., 1986.- Effets comparés de NaCl, KCl et Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sur la croissance et la nutrition minérale de jeunes *Citrus aurantium* L. *Oecol. Plant.* 7(4), p. 407-416
- [3] Shahid S.A., 2002.- New technologies for soil reclamation and desert greenery. In: Proceedings of the Joint KISR – PEC
- [4] Zhao K.F., Zhang W.J., Fan H., Song J., Jiang X.Y., 2001.- Biological measures in amelioration and utilization of saline soils. *Soil Bull.*, 32: 115-119.
- [5] Zhao K.F., Fan H., Song J., Sun M.X., Wang B.Z., Zhang S.Q., Ungar I.A., 2005.- Two Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> hyperaccumulators of the Chenopodiaceae. *J. Integr. Plant Biol.*, 47(3): 311-318.
- [6] Graifenberg A., Botrini L., Giustiniani L., Filippi F., Curadi M., 2003.- Tomato growing in saline conditions with biodesalinating plants: *Salsola soda* L. and *Portulacaoleracea* L. *Acta Hort.*, 609: 301-305.
- [7] Tester M., Davenport R., 2003.- Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. *Ann. Bot.*, 91: 503-527.
- [8] Ravindran K.C., Venkatesan K., Balakrishnan V., Chellappan K.P., Balasubramani T., 2007.- Restoration of saline land by halophytes for Indian soils. *Soil Biol. Biochem.*, 39: 2661-2664.
- [9] Rabhi M., Barhoumi Z., Atia A., Lakhdar A., Hafsi C., Hajji S., Abdelly C., Smaoui A., 2009.- Evaluation of the capacity of three halophytes to desalinate their rhizosphere as grown on saline soils under non-leaching conditions. *Afr. J. Ecol.*, 47: 463-468.
- [10] Rabhi M., Karray-Bouraoui N., Medini R., Attia H., Athar H., Lachaâl M., Abdelly C., Smaoui A., 2010a.- Seasonal variations in the capacities of phytodesalination of a salt-affected soil in two perennial halophytes in their natural biotope. *J. Biol. Res.*, 14: 181-189.
- [11] Rabhi M., Ferchichi S., Jouini J., Hamrouni M.H., Koyro H.W., Ranieri A., Abdelly C., Smaoui A., 2010b.- Phytodesalination of a salt-affected soil with the halophyte *Sesuvium portulacastrum* L. to arrange in advance their requirements for the successful growth of a glycophytic crop. *Bioresour. Technol.*, 101: 6822-6828.
- [12] PNUDE, 1990.- Evaluation globale de la dégradation du sol dans le monde (GLASODISRIC/ PNUDE/FAO, 1990)
- [13] Durand J.H., 1983.- Les sols irrigables, Etude pédologique. Ed. Département de géographie de l'université de Paris – Sorbonne, 389p.
- [14] Taleisnik-Gertel E., Tal M., 1986.- Potassium utilisation and fluxes in wild salt-tolerant relatives of the cultivated tomato. *Physiol. Plant.* 67, p. 415-420.

# DIAGNOSTIC DE L'ETAT DU PERIMETRE PHOENICICOLE IRRIGUE PAR LES EAUX USEES EPUREES A OUARGLA

**BOUHANNA A., DADDI BOUHOUN M.**

*Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides. Université de KasdiMerbah, B.P. 511 Ouargla 30000 Algérie.*  
[bouhannaamel@gmail.com](mailto:bouhannaamel@gmail.com)

**Résumé :** Ces dernières décennies, dans le cadre de la politique de l'Etat de préservation de l'environnement, les communes, notamment la commune de Ouargla, ont bénéficié de la mise en place de stations d'épuration des eaux usées urbaines pour le traitement de celles-ci ainsi que leur évacuation vers des exutoires. A Ouargla, depuis 2010, l'office national de l'assainissement a considéré le nouveau périmètre phoénicicole situé au nord de la station d'épuration des eaux usées comme une initiative pour la valorisation agricole des eaux épurées. Des enquêtes sont réalisées dans la zone d'étude en 2012 et en 2015 afin de caractériser l'importance de cette réutilisation. D'où l'importance de cette note qui s'inscrit dans une perspective de recherche-développement à Ouargla. Elle a pour objectif essentiel d'identifier l'état des exploitations phoénicicoles irriguées par les eaux usées épurées entre 2012 et 2015. Nos principaux résultats d'enquêtes dans la zone d'étude indiquent que la superficie cultivée et irriguée dans le périmètre ciblé a augmenté de 46% en 2012 à 75% en 2015. Le palmier dattier est la culture la plus dominante. Enfin, des observations ont été faites dans le périmètre ciblé à savoir le remplacement des eaux d'irrigation non conventionnelles par des eaux conventionnelles ainsi que le caractère d'abandon de quelques exploitations phoénicicoles.

**Mots clés :** Eaux usées épurées, Etat, Exploitation phoénicicole, Réutilisation agricole, Ouargla.

## تشخيص حالة المحيط الزراعي المسقي بمياه الصرف الصحي المعالجة في ورقلة

**ملخص:** في العقود الأخيرة، كجزء من السياسة العامة للدولة للحفاظ على البيئة، استفادت العديد من المدن، بما في ذلك مدينة ورقلة من إنشاء محطات معالجة مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية و كذا تصريف المياه المعالجة إلى مناطق بعيدة. في ورقلة، منذ عام 2010، اعتبر الديوان الوطني للصرف الصحي المحيط الزراعي الجديد الواقع شمال محطة معالجة مياه الصرف الصحي كمنطقة تجريبية لإعادة استغلال و تثمين هذه المياه في الزراعة. من أجل ذلك قمنا بإجراء دراسة استقصائية عن المنطقة الزراعية المذكورة أعلاه بين عامي 2012 و 2015 للوقوف على أهمية هذه التجربة في المنطقة. الهدف الرئيسي من هذا العمل هو التعرف على حالة مزارع النخيل المرورية بمياه الصرف الصحي المعالجة بين عامي 2012 و 2015. تشير نتائجنا الرئيسية للدراسة في المنطقة أن المساحة المزروعة والمرورية في المحيط المستهدف قد ازدادت من 46% في عام 2012 إلى 75% في عام 2015. لا يزال نخيل التمر هو أكثر المحاصيل المهيمنة في المنطقة. وأخيراً، لوحظ في المحيط الزراعي المدروس استبدال مياه الري غير التقليدية (مياه الصرف الصحي المعالجة) بالمياه التقليدية (مياه الأبار الرملية ميوبليوسان)، فضلاً عن هجر مزارع النخيل المسقية بمياه الصرف الصحي المعالجة.

**كلمات دالة:** إعادة الاستخدام الزراعي، حالة، مزارع النخيل، مياه الصرف الصحي المعالجة، ورقلة.

## 1. INTRODUCTION

Les ressources en eau en Algérie sont limitées, vulnérables et inégalement réparties [1]. Pour une population de 35 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de 550 m<sup>3</sup>/an par habitant, cette moyenne est très faible comparée à la moyenne des pays du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord qui est 1,250 m<sup>3</sup> ou à la moyenne mondiale qui est de 7,500 m<sup>3</sup> [1]. De plus, ces dernières années, l'accroissement de la demande en eau pour la consommation humaine, industrielle, agricole et les sécheresses répétées, ont sensibilisé les décideurs à considérer les eaux usées comme une ressource hydrique appréciable, d'où la nécessité de réfléchir à un programme national d'épuration et de réutilisation des eaux usées [2]. Dans la cuvette de Ouargla, l'ancien état défavorable des systèmes d'assainissement et d'évacuation des eaux excédentaires a sensibilisé les décideurs de déceler des solutions [3]. Un mégaprojet d'assainissement et de lutte contre la remontée des eaux de la nappe phréatique a été lancé, en décembre 2005 [4]. Les principaux objectifs fixés par l'Office Nationale d'assainissement de Ouargla sont le traitement et l'évacuation des eaux usées et la

réutilisation agricole des eaux épurées [4, 5]. Dans les pays développés, l'usage planifié des eaux usées traitées est plus courant [6]. La réutilisation a connu un développement rapide ces dix dernières années. A Ouargla cette pratique est encore récente [7, 8].

Dans la cuvette de Ouargla, un périmètre de mise en valeur cultivé en palmier dattier a été créé pour des objectifs de réutilisation de cette ressource en eau non conventionnelle. Le choix de palmier comme culture expérimentale est effectué en fonction de sa grande tolérance à la salinité des eaux d'irrigation apportées par submersion, sa résistance peut aller jusqu'à 18 g.l<sup>-1</sup>[9]. Notre travail a comme objectif essentiel l'identification et le diagnostic de l'état de périmètre phœnicicole de mise en valeur irrigué par les eaux usées épurées créée au nord de la station d'épuration des eaux usées dans la zone de Said Otba à Ouargla entre 2012 et 2015.

## **2. MATERIELS ET METHODES**

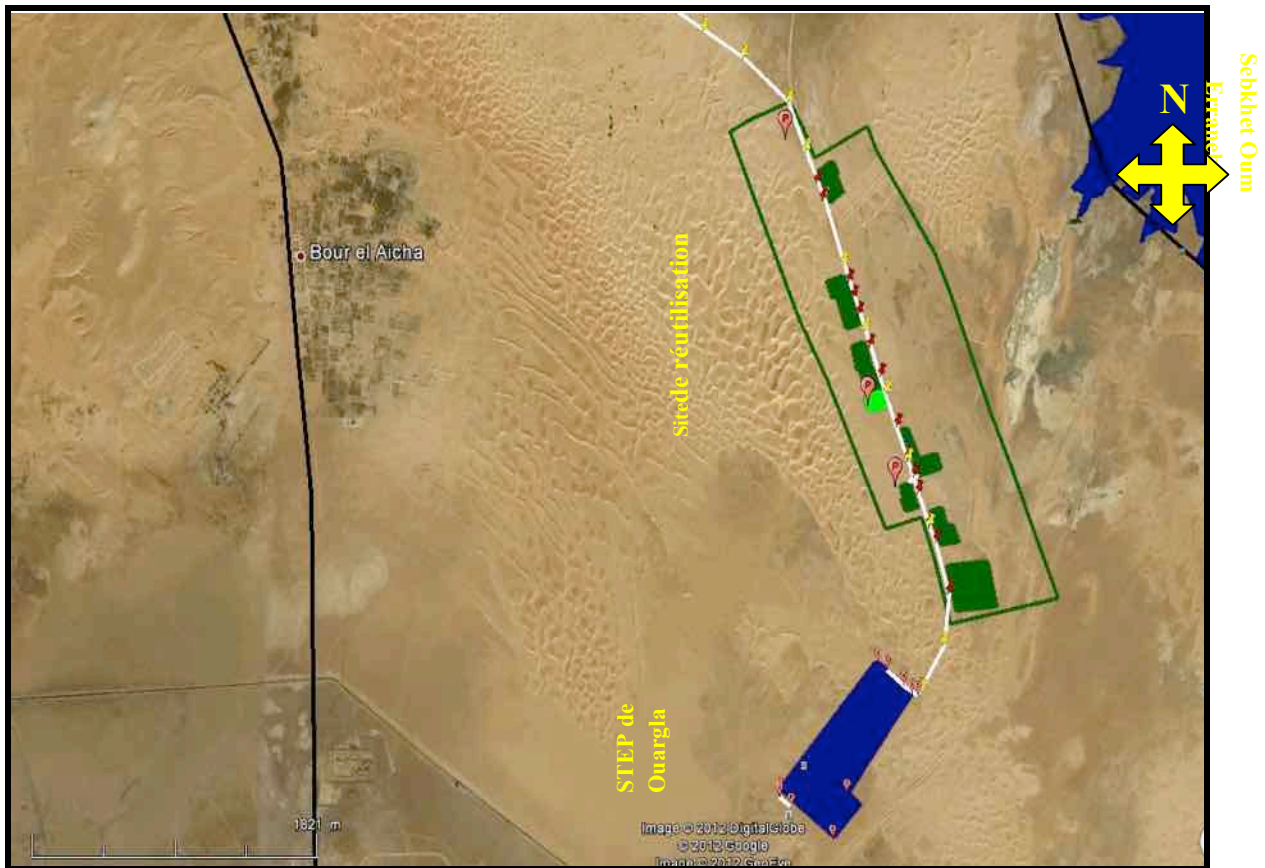
### **2.1. Situation géographique de la zone d'étude**

Notre étude a été réalisée dans la cuvette de Ouargla, dans un nouveau périmètre de mise en valeur situé au nord de la station d'épuration des eaux usées dans la zone de Said Otba. Ce périmètre (Fig. 1), s'étale sur une superficie d'environ 71 hectares. Cette nouvelle zone de mise en valeur où les agriculteurs prennent la charge de tester les possibilités de réutilisation des eaux usées épurées en agriculture est considérée comme un intervalle d'expérimentation, surtout pour la phœniciculture irriguée par les eaux usées épurées, ce qui est conseillé par l'Office National d'assainissement ainsi que l'ANRH. Les eaux usées épurées réutilisées dans la zone d'étude sont principalement pompées du canal de transfert des effluents de la station d'épuration de Ouargla vers Sebket Sefioune.

### **2.2. Approche méthodologique**

La démarche méthodologique retenue pour la réalisation de cette étude est basée sur la réalisation des enquêtes au niveau de périmètre de mise en valeur, installés au nord de la station d'épuration de Ouargla, où une section de celle-ci est irriguée par les eaux épurées de la station. Pour cela, deux campagnes d'enquêtes sont réalisées après élaboration d'un questionnaire répond aux objectifs de l'étude. La première campagne été effectuée en décembre 2012. La deuxième campagne a été réalisée en décembre 2015. Il faut souligner que les enquêtes reposent sur un échantillon composé de 31 exploitations. Ces sites d'enquêtes sont choisis en fonction des paramètres suivants :

- La nature de l'eau d'irrigation ; épurée ou conventionnelle ;
- La date d'installation et la durée d'application de l'irrigation ;
- La disponibilité des exploitants au niveau des périmètres.



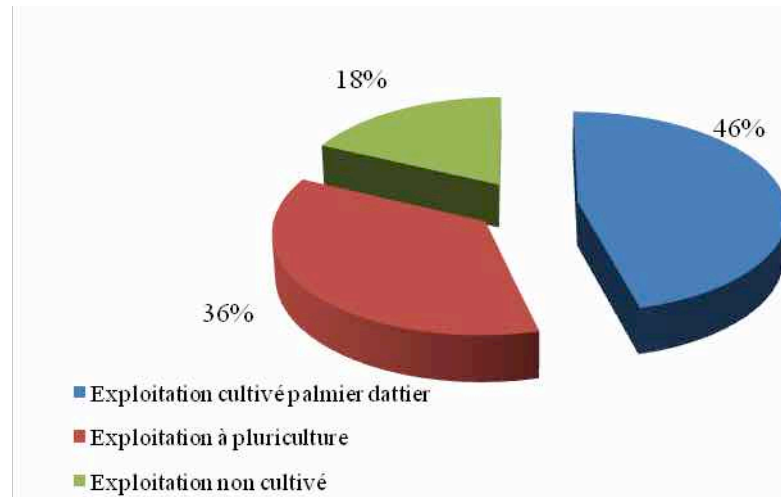
**Figure 1.** Localisation géographique du périmètre agricole d'enquête par Google Earth[8]

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

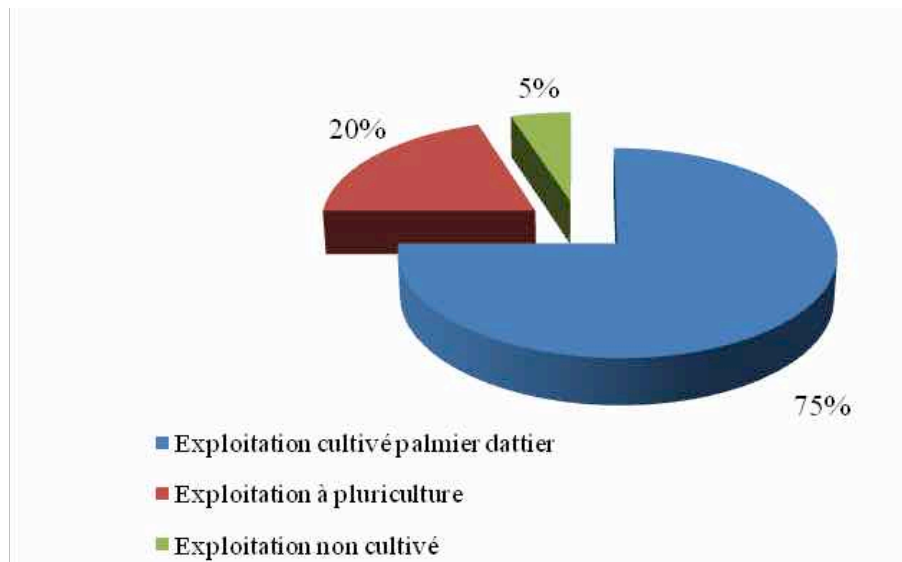
#### 3.1. Composition culturelle de périmètre d'enquête

Pour les exploitations cultivées et enquêtées, l'analyse de nos résultats indique que la plupart de celles-ci sont des terrains cultivés par la phoeniculture à cause de la forte adaptation des palmiers dattiers aux conditions édaphiques et hydriques dans la zone à savoir la forte salinité des sols et des eaux d'irrigation. En revanche, cette culture apparait la plus adaptée pour une initiative de réutilisation des eaux usées épurées. La superficie cultivée et irriguée est passée de 46% en 2012 à 75% en 2015 (Fig. 2 et 3) de la superficie totale du périmètre. La majorité des exploitations irriguées par les eaux usées épurées pratique la monoculture. Le reste des périmètres sont irrigués par les eaux conventionnelles, cultivés par plusieurs cultures essentiellement la phoeniculture, cultures maraichères et cultures fourragères.

Les exploitations sont conduites de façon traditionnelle sont généralement protégées par des brise-vents traditionnels peu efficaces, formés d'une rangée de débris de palmier dattier appelés Djérids. Les agriculteurs utilisent les amendements organiques et peu d'engrais chimiques. L'écartement entre palmiers dattiers est entre 8 et 9 m.



**Figure 2.** Composition culturelle du périmètre d'enquête en 2012



**Figure 3.** Composition culturelle du périmètre d'enquête en 2015

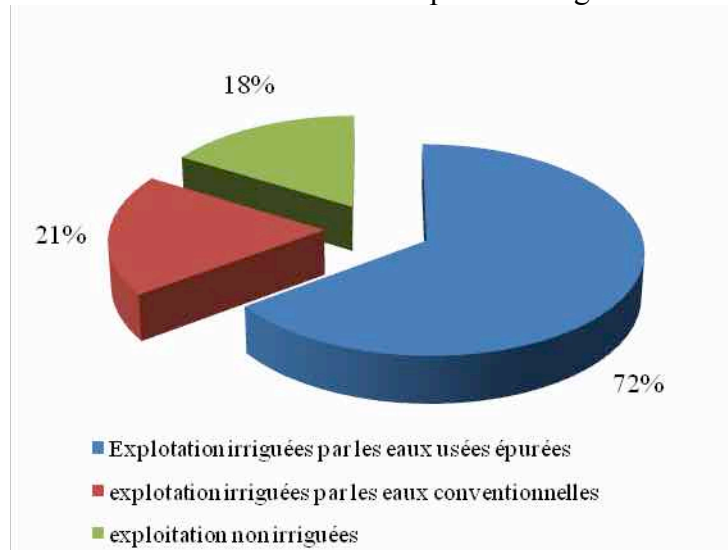
Les dernières visites des exploitations irriguées par les eaux usées épurées dans la zone d'étude, effectués en septembre 2017, ont montré que les plantes de palmiers sont au stade juvénile. Cependant, des études de caractérisation de la qualité physicochimique, organoleptique et bactériologique des dattes doit être effectué pour autoriser sa commercialisation.

### 3.2. Gestion de l'irrigation

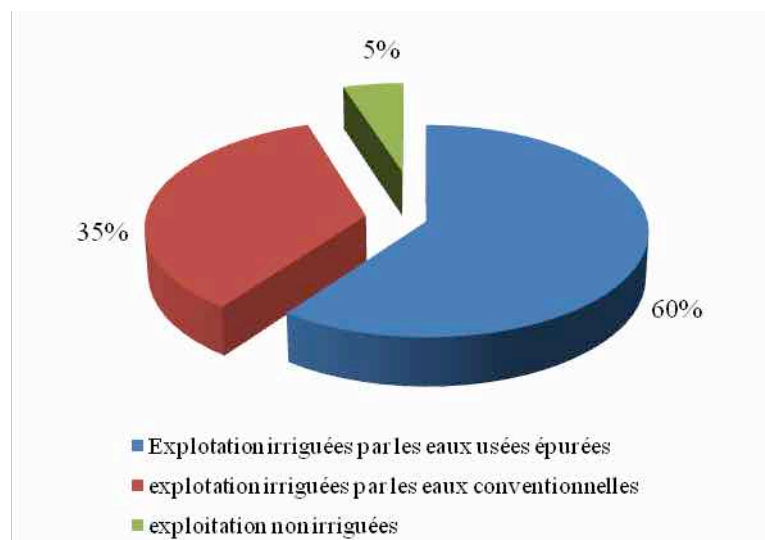
L'irrigation joue un rôle essentiel dans l'accroissement et la stabilité des rendements des cultures. Nos résultats d'enquête montrent que l'irrigation des exploitations cultivées par les eaux usées épurées a connu une régression entre 2012 et 2015 dans la zone d'étude. Elle est de 72% en 2012 et a reculé jusqu'à 60% en 2015 (Fig. 4 et 5). Ce recul est dû à différents raisons à savoir : le remplacement des eaux d'irrigation non conventionnelles par des eaux conventionnelles, ainsi que le caractère d'abandon des exploitations irriguées par les eaux usées épurées (Photo 1).

Cet état est dû probablement à la qualité physicochimique des eaux épurées, très chargée en sels. Ces eaux sont excessivement salées. Cela peut augmenter la salinité des sols [7, 10, 11, 12]. D'autre part, un autre caractère est observé sur les sols irrigués par les eaux usées épurées, c'est l'eutrophisation des sols (Photo 2). Le coté religieux est très important

pour les agriculteurs, la plupart d'entre eux ont déclaré que les eaux usées épurées sont peu hygiéniques, et sont très difficile à réutiliser. Toutes ces raisons ont obligé les agriculteurs à abandonner la pratique de l'utilisation des eaux usées épurées en agriculture.



**Figure 4.** Type des eaux d'irrigation dans le périmètre d'enquête en 2012

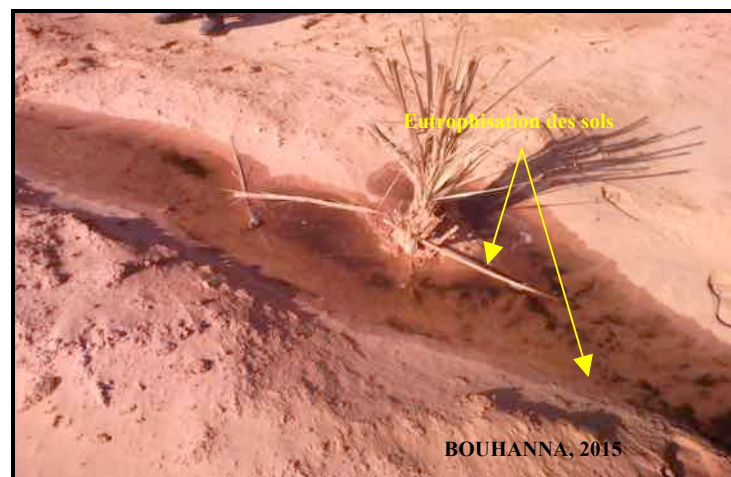


**Figure 5.** Types des eaux d'irrigation dans le périmètre d'enquête en 2015

Le système d'irrigation localisé est le plus dominant et les fréquences d'irrigation changent en fonction des saisons.



**Photo 1.** Caractère d'abondement dans le périmètre d'étude



**Photo 2.** Eutrophisation sur sols

#### 4. CONCLUSION

A travers notre étude, il apparait que la pratique de la réutilisation des eaux usées épurées à Ouargla est encore récente et nécessite des suivis et accompagnements par les autorités pour introduire cette ressource en eau non conventionnelle dans les programmes de gestion des eaux d'irrigation dans la région.

#### REFERENCES

- [1] Tamrabet L., 2011.- Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage. Thèse Doc., Univ. Hadj Lakhdar. Batna. 147p.
- [2] Abbou S., 2010.- La réutilisation des eaux usées épurées. Centre de formation aux métiers d'assainissement. Ed. Office National d'Assainissement de Saida. 52p.
- [3] Idder T., Idder A., Mensous M., 2011. Les conséquences écologiques d'une gestion non raisonnée des eaux agricoles dans les oasis du Sahara algérien (Cas de l'oasis de Ouargla). Atelier n° 3. Colloque international usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée : Quels enjeux pour quels services. Univ. Provence, Marseille. 20-21 janvier 2011. 12p.
- [4] Mensous M., 2011.- Etude du système de gestion des eaux usées dans la cuvette de Ouargla. Mém Magister. Univ. Kasdimerbah Ouargla. 149p.

- [5] Bonnard., Gardal., 2003.- Vallée de Ouargla études d'assainissement des eaux résiduaires pluviales et d'irrigation mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique volet étude d'impact sur l'environnement mission IIIA: collecte et analyse des données. Ed. Lausanne. France. 32p.
- [6] Ouanouki B., Abdellaoui N., Ait Abdallah N., 2009. -Application in Agriculture of Treated Wastewater and Sludge from a Treatment Station. European Journal of Scientific Research : 602-619.
- [7] Bouhanna A., 2014.- Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette de Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie saharienne. Mém., Magister. Univ. KASDI MERBAH Ouargla. 177p.
- [8] Bouhanna A., Daddi Bouhoun M., Saker ML., 2015.- Situation de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture saharienne : cas de la cuvette de Ouargla. Algerian journal of arid environment. 5.,2 : 38-49.
- [9] Daddi Bouhoun M., 2010.- Contribution a l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (Sud-Est algerien). Thèse Doc. Université BADJI Mokhtar, Annaba, 393p.
- [10] OMS., 1989.- L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé. Publication de l'Organisation Mondiale de la Santé. Séri. Rapports techniques n° 778. OMS. Genève. 84p.
- [11] Bazzal M., Xanthoulis D., 2005.- Irrigation avec les eaux usées traitées : Présentation du manuel d'utilisation, réutilisation des eaux usées traitées et des sous-produits : Optimisation, Valorisation & Durabilité. Séminaire Inter. Tunis 24-25 septembre 2003. pp 9.
- [12] Ouafae M., Lahrach A., El Halouani H., 2012.- Etude de plantation de jatropha curcas valorisant les eaux usées de la ville d'OUJDA. Science Lib. Ed. Mersenne .Vol 4. 16p.



# MESURE DE LA PERMEABILITE DES SOLS DE LA REGION DE OUARGLA

**CHARIKH M., SLIMANI R., HAMDI-AÏSSA B., BAZA I., KHERBOUCHE K.**

Univ. Ouargla, Fac. des sciences de la nature et de la vie, Lab. Biogéochimie des milieux désertiques, Ouargla 30 000, Algérie  
[ch.messaouda@yahoo.fr](mailto:ch.messaouda@yahoo.fr)

**Résumé :** La mesure de la perméabilité « K » des sols *in situ* est un critère pilier dans l'exploitation des sols et l'évaluation quantitative des risques de la dégradation des eaux souterraines. La région de Ouargla (Bas-Sahara-Algérien), présente actuellement une menace de ce risque. Le présent travail vise la détermination de la perméabilité de quelques sols de la région et sa variation spatiale.

En se basant sur la variation de l'état de surface, vingt-quatre essais de mesures ont été exécutés *in situ*, adoptant la méthode de Porchet à l'aide du perméamètre de Viguier.

Les résultats obtenus montrent que la perméabilité moyenne des sols de la région est de l'ordre de  $5,5 \cdot 10^{-5}$  m/s. Les valeurs de la perméabilité enregistrées oscillent entre  $4,51 \cdot 10^{-5}$  m/s et  $8,16 \cdot 10^{-5}$  m/s.

Cette étude affirme que les sols étudiés sont dans leur globalité des sols semi perméables. De ce fait, ces données sont de grande valeur pour enrichir les bases de données destinées à l'établissement d'une stratégie de gestion des sols et des eaux souterraines.

**Mots clés :** Perméabilité, Granulométrie, sol, méthode de Porchet, Ouargla.

## قياس نفاذية التربة في ورقلة

**ملخص :** تشهد منطقة ورقلة ، الواقعة في الصحراء الجزائرية، في الوقت الحالي تدهورا في نوعية المياه الجوفية حيث يعتبر قياس نفاذية التربة ميدانيا عامل أساسي في التقييم الكمي لهذا التدهور و استغلال التربة. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد نفاذية بعض أنواع التربة في المنطقة و تحديد مدى تغيرها حسب التوضع الجغرافي من الغرب إلى الشرق.

بناء على توزع أنواع التربة، تم إجراء أربعة وعشرون قياسا في الميدان اعتمادا على طريقة Porchet و باستخدام جهاز قياس النفاذية Viguier. النتائج المحصل عليها أظهرت أن متوسط نفاذية التربة في المنطقة يتراوح في حدود  $5,5 \cdot 10^{-5}$  م / ث و أن القيم المسجلة تتراوح بين  $4,51 \cdot 10^{-5}$  و  $8,16 \cdot 10^{-5}$  م/ث.

نتائج هذه الدراسة ذات أهمية بالغة في إثراء قاعدة المعطيات الموجهة لاستغلال التربة و لاستراتيجية تسيير المياه الجوفية.

**كلمات دالة :** النفاذية، التركيب الحبيبي، التربة، طريقة Porchet ، ورقلة.

## 1. INTRODUCTION

La cuvette de Ouargla, souffre actuellement de dégradation d'origine naturelle et anthropique des eaux de la nappe phréatique [1, 2]. La stratégie d'évaluation quantitative du risque de contamination impose la détermination de la perméabilité qui y est un paramètre primordial. Cependant, ce paramètre est marginalisé dans notre région d'étude ce qui a donné naissance à notre thématique.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

La zone d'étude se trouve au Sud-est de l'Algérie. Elle occupe le centre d'une cuvette endoréique appelée « Cuvette de Ouargla » (Fig.1). Celle-ci s'étend sur une soixantaine de kilomètre occupant le lit de l'oued Mya, depuis les ruines de Sedrata et Gara Krime au Sud jusqu'à Hassi el-Kheffif au Nord, les dunes de l'Erg Touil s'étendent à l'Est. A l'Ouest, la région d'étude est bordée par la falaise qui termine le plateau de Guantara [3, 4].

### 2.2. Approche méthodologique

L'approche consiste à l'étude de la perméabilité de quelques sols de la région de Ouargla par des essais *in situ*. Les mesures de la perméabilité *in situ* avaient été préconisées selon la méthode Porchet, à charge constante, adoptée pour les sols à dominance sableuse.

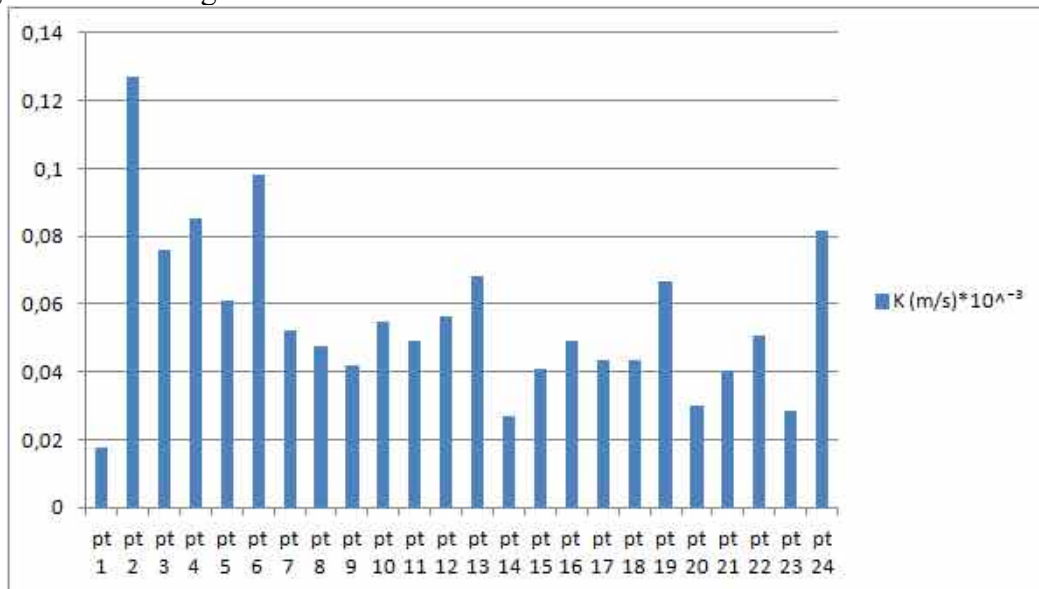
C'est une méthode mise au point par Porchet et *al.* (1935), pour répondre surtout aux besoins d'aménagement du domaine agricole [5].



**Figure 1.** Image satellitaire de la région de Ouargla (Google Earth, 2016).

### 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'application de la méthode de Porchet, dans le but de mesurer la vitesse d'infiltration de l'eau dans les sols de Ouargla nous a permis d'obtenir les résultats figurés dans les histogrammes de la figure 2.



**Figure 2.** Les résultats de mesure de la perméabilité dans les sols de Ouargla.

Les résultats obtenus montrent que la perméabilité moyenne des sols de la région de Ouargla est de l'ordre de  $5,5 \cdot 10^{-5}$  m/s. la plus faible perméabilité est enregistrée au point (pt 1) avec une valeur de  $4,51 \cdot 10^{-5}$  m/s. la perméabilité maximale est de l'ordre de  $8,16 \cdot 10^{-5}$  m/s et elle est enregistrée au point (pt 2).

D'après le tableau 1, les sols présentent une perméabilité entre  $10^{-4}$  m/s et  $10^{-5}$  m/s. Ce sont des sols semi-perméables à dominance sableuse avec du gravier, caractérisés par une

bonne possibilité de drainage. C'est la classe qui renferme la totalité des sols que nous avons étudiés.

**Tableau 1.** Ordre de grandeur de la conductivité hydraulique dans différents sols [6].

Ks(m/s)	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-11</sup>
Perméabilité	Perméable			Semi-perméable		Imperméable					
Types e sol	Gravier sans sable ni éléments fins			Sable avec gravier Sable grossier à sable fin		Sable très Limon grossier à limon argileu		Argile limoneuse à argile homogène			
Possibilité de drainage	Excellentes			Bonne		Moyenne à faible		Faible à nulle			

#### 4. CONCLUSION

A ce jour, les études menées sur les eaux souterraines de la région de Ouargla et leur interaction avec l'environnement se sont focalisées sur les fonctionnements hydriques et le risque de leur contamination. Cependant, très peu de données sont disponibles sur les caractéristiques hydrodynamiques du sol de la zone non saturée en dessus de ces eaux. La perméabilité est un paramètre parmi celles-ci ayant un fort impact sur les eaux souterraines en influençant le transfert d'eau et des polluants.

Cette étude a permis d'évaluer la perméabilité de quelques sols de la région de Ouargla. Vingt-quatre essais de mesures ont été exécutés *in situ* en adoptant la méthode de Porchet à l'aide du perméamètre de Viguiet.

Les résultats obtenus permettent de caractériser les sols de la région comme étant des sols semi-perméables avec une perméabilité moyenne de l'ordre de  $5,5 \cdot 10^{-5}$  m/s.

#### REFERENCES

- [1] Idder T., 1998. La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara algérien. Impact des rejets d'origine agricole et urbain et techniques de remédiations proposées. L'exemple de Ouargla. Thèse de doctorat. Université d'Angers. 157p.
- [2] 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). Mémoire de magister. Université de Ouargla. 81p.
- [3] Rouvillois-Brigol M., 1975. Le pays de Ouargla (Sahara algérien). Variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Département Géographie. Université Paris-Sorbonne. Paris. 361 p.
- [4] Hamdi-Aissa B., 2001. Le fonctionnement actuel et passé des sols du Nord Sahara (cuvette de Ouargla), approches micro morphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale. Thèse de Doctorat. INA, Grignon. Paris. 307p.
- [5] Chossat, J.C., 2005. La mesure de la conductivité hydraulique dans les sols. Choix des méthodes. TEC & DOC, Hermès- Lavoisier. France.705p.
- [6] Soutter M., Mermoud A. et Musy A., 2007. Ingénierie des eaux et du sol: processus et aménagements, presses polytechniques et universitaire romandes. Lausanne. 280p.

# ETUDE DE L'IMPACT DES LOMBRICS SUR LE PH ET LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE DES COMPOSTS DE DECHETS VEGETAUX EN CONDITIONS SAHARIENNES : LE CAS DE OUARGLA

**KEMASSI S., DADDI BOUHOUN M.**

*Univ Ouargla, Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides, B.P. 511, 30000 Ouargla, Algérie.*

[Samia.kemassi@yahoo.com](mailto:Samia.kemassi@yahoo.com)

**Résumé :** Le lombricompostage est une technique pour transformer les déchets organiques par les lombrics en produit riche en éléments fertilisants. Notre recherche vise à étudier l'effet des lombrics, l'espèce *Lumbricus terrestris* et *Lumbricus sp*, sur quelques paramètres physico-chimiques du lombricompost dans la cuvette de Ouargla. Les traitements utilisés sont préparés d'un mélange de sol et de déchets végétaux (déchets de palmier et d'olivier). Ces traitements sont disposés en blocs aléatoire complets. Les résultats obtenus dans l'ensemble ont indiqué que les lombrics atténuent l'augmentation du degré de salinité et du pH du compost par rapport au témoin sans vers de terre. La  $C.E_{e1:5}$  est de  $1,8 \pm 0,34 \text{ dS.m}^{-1}$  avec lombricompost et de  $2,4 \pm 0,34 \text{ dS.m}^{-1}$  avec le compost (témoin sans vers de terre). D'autre part, le  $pH_{e1:5}$  est de  $7,4 \pm 0,25$  avec lombricompost et  $7,6 \pm 0,25$  avec le compost. On constate que l'utilisation de lombricompost comme amendement organique en agriculture saharienne favorise la réduction de la salinité et l'alcalinité des sols.

**Mots clés :** Lombrics, lombricompost, pH, conductivité électrique, Sahara, Ouargla.

**دراسة تأثير ديدان على رقم الحموضة والناقلية الكهربائية لكمبوست الديدان للبقايا النباتية في الظروف الصحراوية : حالة حوض ورقلة**

**ملخص:** كومبوستاج الديدان هو تقنية لتحويل النفايات العضوية عن طريق ديدان الأرض إلى منتج غني بالمواد المغذية. الهدف من بحثنا هو دراسة تأثير ديدان الأرض نوع *Lumbricus terrestris* و *Lumbricus sp* على بعض الخصائص الفيزيوكيميائية لكومبوست الديدان في حوض ورقلة. العلاجات المستعملة يتم تحضيرها من خليط التربة مع البقايا النباتية (بقايا النخيل والزيتون). هذه العلاجات يتم وضعها في كتل معملية كاملة. والنتائج المتحصل عليها أشارت إلى أن ديدان الأرض تخفف من الزيادة في درجة ملوحة ودرجة الحموضة السماد مقارنة بالشاهد دون الديدان. حيث أن الناقلية الكهربائية للمستخلص 1:5 تقدر بـ  $0,34 \pm 1,8 \text{ dS.m}^{-1}$  مع كومبوست الديدان و  $0,34 \pm 2,4 \text{ dS.m}^{-1}$  مع الكومبوست (شاهد دون ديدان الأرض)، و  $pH$  المستخلص 1:5 قدر بـ  $7,4 \pm 0,25$  مع كومبوست الديدان و  $7,6 \pm 0,25$  مع الكومبوست. ويمكن ملاحظة أن استخدام كومبوست الديدان كمعدل عضوي للزراعة العضوية في منطقة صحراوية ينقص من ملوحة وقلوية التربة.

**كلمات دالة:** ديدان الأرض، كومبوست الديدان، رقم الحموضة، الناقلية الكهربائية، صحراء، ورقلة

## 1. INTRODUCTION

Le lombricompost présente plusieurs avantages aux sols. Les vers de terre sont considérés comme des ingénieurs physiques de l'écosystème [1]. Ils jouent un rôle important dans les cycles biogéochimiques [2]. Ils peuvent consommer pratiquement tous les types de matières organiques [3]. Au Chili les vers de terre sont utilisés à lombrifiltre, le lombricompost pourrait avoir un meilleur pouvoir d'agrégation de la matière organique produite [4, 5]. Les rejets des vers de terre ameublissent les sols lourds et améliorent la cohésion des sols sableux [6]. Ils participent à l'élaboration de la structure organo-minérale [7]. Ils constituent un énorme réservoir de protéines et toutes les substances nutritives pour les plantes [8]. Les vers de terre peuvent en levant les dormances de certaines graines, permettre leur germination [9].

Les sols de la région de Ouargla sont squelettiques, pauvres en matières organiques et l'utilisation de lombricompost comme produit fertilisant peut participer à l'amélioration des propriétés des sols. Notre recherche à Ouargla vise à étudier quelques paramètres physicochimiques de lombricompost, à savoir le pH et la salinité.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Zone d'étude

Dans le cadre de notre recherche, nous avons choisi d'effectuer notre étude dans la cuvette de Ouargla, dans l'ancienne palmeraie du Ksar.

### 2.2. Approche méthodologique

Nous avons choisi pour l'expérimentation deux espèces de lombric *Lumbricus terrestris* et *Lumbricus sp*, le choix de celles-ci est basé sur leur abondance dans le Ksar. Les amendements organiques utilisés dans les substratums de lombricompost sont de deux types : le Cornaf comme déchets de palmier et les déchets de la taille d'olivier. Ceux-ci ont été préparés en substrat comprenant 1/4 (2/3 de déchets d'olivier et 1/3 de déchets de palmes) et 3/4 de sol de la palmeraie du Ksar. L'eau utilisée pour l'humidification des substratums de l'essai provient d'un forage Miopliocène. Elle est très fortement salée avec une C.E. de 4,25 dS.m<sup>-1</sup> et alcaline de pH 7,9.

Les traitements de l'essai sont disposés en blocs aléatoire complets avec trois répétitions par traitement, comme suit :

- TPO0 : un volume de déchets d'olivier et de palmes (17,5 g) + 4volumes de sol sans vers de terre.
- TPOV : un volume de déchets d'olivier et de palmes (17,5 g) + 4 volumes de sol avec 2,5g des lombrics (5 à 6 vers de terre espèce *Lumbricus terrestris*).
- TPOV1 : un volume de déchets d'olivier et de palmes (17,5 g) + 4 volumes de sol avec 2,5g des lombrics (5 à 6 vers de terre espèce *Lumbricus sp*).

Au cours du lombricompostage, les mesures de pH sont effectuées par le pH-mètre et la conductivité électrique par le conductimètre avec un rapport substratums/eau de 1/5. Le premier échantillonnage a été effectué au début de l'expérience, le second après 20 jours et le dernier à la fin de l'essai, après 40 jours.



**Photo 1.** Aspect morphologique de *Lumbricus terrestris*.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

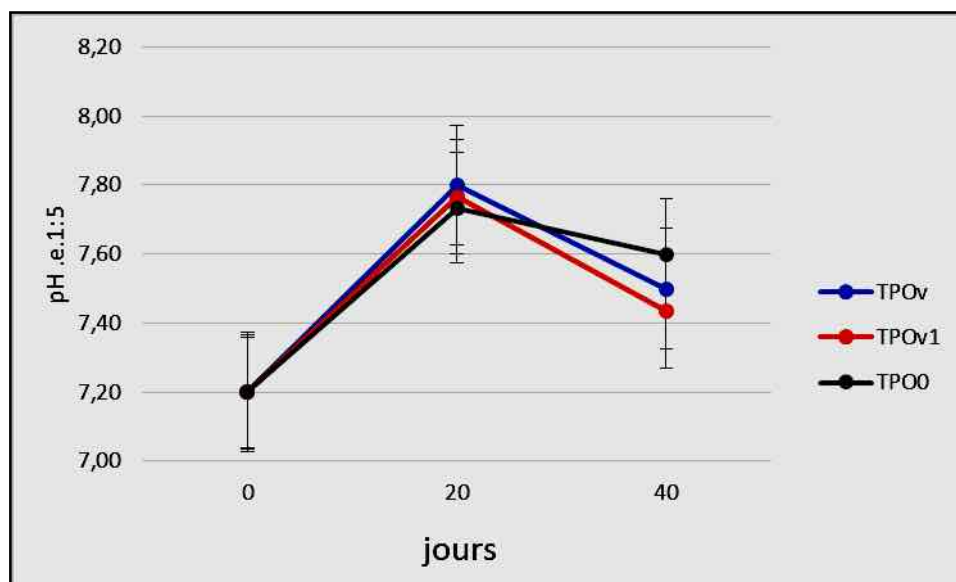
Les résultats montrent qu'il y a une variation de  $pH_{e,1:5}$  entre le premier et le deuxième prélèvement. Le  $pH_{e,1:5}$  des substratums a augmenté avec le temps. Les valeurs ont varié de  $7,2 \pm 0,25$  à  $7,8 \pm 0,25$  respectivement avec les traitements TPO0 et TPOV (Fig.1). Le pH de produit final de lombricompostage est élevé par rapport aux produits initiaux [10]. Dans le

premier prélèvement, la présence des lombrics dans les traitements favorise l'augmentation du  $\text{pH}_{e.1:5}$  par rapport au témoin sans vers de terre cela peut être dû à l'évolution de la décomposition organique. Le passage du sol à travers le tube digestif des vers, permet aux éléments minéraux fragiles de subir une altération plus ou moins poussée où certains cations peuvent être ainsi libérés [11]. L'augmentation du pH est liée aux effets des cations métalliques apportées ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ , etc.) qui remplacent les ions  $\text{H}^+$  sur le complexe argilo-humique [12]. Cependant, le pH a subi une diminution dans tous les traitements au deuxième prélèvement. Le plus faible pH a été enregistré en présence des lombrics *Lumbricus sp.*

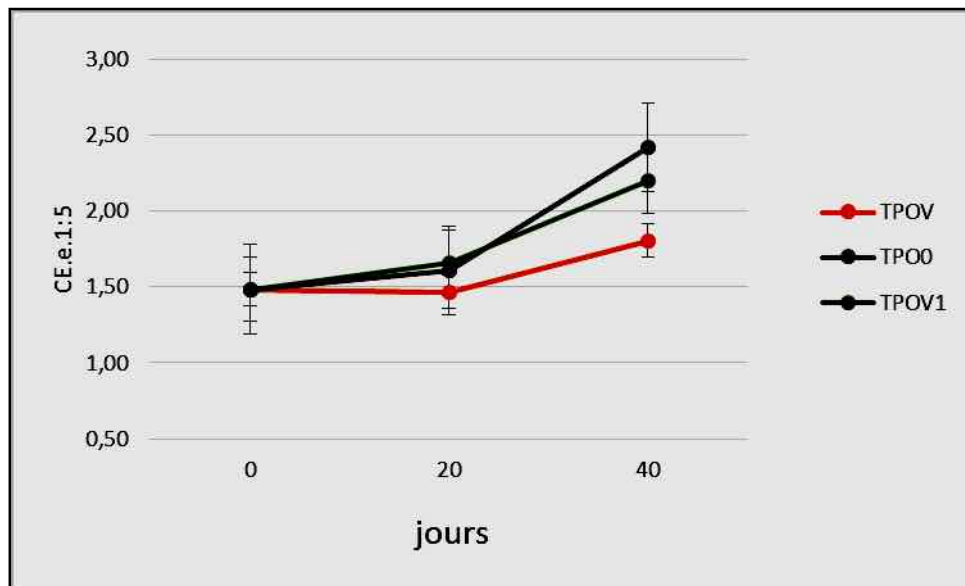
La variation du  $\text{pH}_{e.1:5}$  à la fin de l'essai semble être liée aux amendements organiques apportés après le premier prélèvement, qui favorise la diminution du pH [13], particulièrement par l'effet acidifiant des déchets de palmes [14, 10].

Les vers de terre ont un effet acidifiant sur compost au cours de lombricompostage [17, 15], ceci est similaire à notre résultat. L'acidification, est due à l'oxydation de N, P et S organiques en anions simples ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) et à l'oxydation de carbone organique en carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) [12].

Toutefois, la salinité des substratums a augmenté au cours de l'essai dans tous les traitements (Fig. 2). Elle est passée de  $1,49 \pm 0,34 \text{ dS.m}^{-1}$  à  $2,42 \pm 0,34 \text{ dS.m}^{-1}$  dans TPO0 et de  $1,49 \text{ dS.m}^{-1}$  à  $1,80 \text{ dS.m}^{-1}$  en TPOV. Cette augmentation est le résultat de l'accumulation ionique issue de la minéralisation des matières organiques. Par ailleurs, l'essai montre que, les lombrics atténuent l'augmentation du degré de la salinité, ceci grâce à l'effet des vers sur la création des complexes adsorbants et la fixation des ions de minéralisation sur ces derniers. Les excréments (turricules) des vers de terre sont riches en nitrates, et en formes disponibles de P, K, Ca et Mg qui favorise la salinisation [3]. L'ammonium est le principal facteur de salinisation [16]. Les vers de terre, leurs déjections, permettent de concentrer les éléments minéraux, mais surtout ils les rendent plus assimilables pour les plantes [7]. Ces résultats sont contraires à ceux de [17], trouvant que le niveau de salinité exprimé en CE du lombricompost est supérieur à celui du compost. Cela est dû fort probablement à la différence des substratums de l'essai.



**Figure 1.** Evolution de  $\text{pH}_{e.1:5}$  dans les substratums



**Figure 2.** Evolution de la salinité dans les substratums

#### 4. CONCLUSION

A la lumière des résultats enregistrés dans le cadre de cette recherche, nous constatons que les lombrics atténuent la salinisation de lombricompost et légèrement l'alcalinisation de ce dernier par rapport au témoin sans vers de terre. L'utilisation de lombricompost comme amendement organique peut réduire les problèmes de la salinité et de l'alcalinité du sol si ces derniers sont au-dessous des mesures initiales du sol et les quantités d'amendements utilisées sont importantes. Le lombricompost améliore les propriétés physiques, physico-chimiques, chimiques et biologiques. Ces qualités favorisent l'alimentation des plantes en eau et en éléments nutritifs, ce qui augmente les potentialités hydro-édaphiques des sols agricoles sahariens et permet un développement durable respectueux de l'environnement.

#### REFERENCES

- [1] Saurel B., Bispo A., Blanchart E., chenu C et Feix I., 2010.- La vie cachée des sols : L'élément essentiel d'une gestion durable et écologique des milieux. Octobre 2010. Programme GESSOL, France, 19 p.
- [2] Jandl R et Wenzel W W., 2011.- Essentielle Bodenkunde für Landschaftsplaner, 150 p. (<http://bfw.ac.at>)
- [3] Misra R. V., Hiraoka H et Roy R. N., 2005.- Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. Ed. FAO .Italie. 51p.
- [4] Naigeon C., 2005.-lombric- station : Épuration des eaux usées par les lombriciens, lombric- station, Fiches 8, 14 p.
- [5] Gazeau G., 2012.- Le Lombricompost. CRA& PACA , fiche N°24 ,Septembre 2012., 4p.
- [6] Schmutz R., 2013.- Vers de terre architectes des sols fertiles. N°1619. FiBL, Suisse, 6 p.
- [7] Cluzeau D., Peres G et Thomas F., 2004 .- L'importance de la biodiversité du sol : le cas du ver de terre. Dossier Vers de terre, extrait de la revue TCS n° 27, Mars / Avril / Mai. 2004: 14-23.
- [8] Herger P., 2003.- Regenwürm. Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid, Natur-Museum Luzern. Wolhusen. 49 p.
- [9] Pelosi C., 2008.- Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre *lumbricus terrestris* au champ contribution à l'étude de l'impact de systèmes de culture sur les

communautés lombriciennes. Thèse Doc., Ecole doctoral. ABIES. Paris. 141 p.

[10] Melgar R., Benitez E and Nogales R., 2009.- Bioconversion of wastes from olive oil industries by vermicomposting process using the epigeic earthworm *Eisenia Andrei*, Journal of Environmental Science and Health Part B, Taylor & Francis Group, LLC. 9 p.

[11] Bachelier G., 1978.- La faune des sols son écologie et son action. Ed. O.R.S.T.O.M, Paris, 400 p.

[12] Chabalier P. F., Van de kerchove V., Macary H. S., 2006.- Le Guide de la fertilisation organique à La Réunion. Ed.Chambre d'Agriculture de La Réunion & CIRAD, La Réunion, 304p.

[13] Guimeur K., Barkat D., 2014.- Conséquence d'un apport gypseux en présence de la matière organique sur quelques paramètres essentiels du sol et du blé dur (*TRITICUMTURGIDUM* L.), Courrier du Savoir – N°18, Mars 2014, Univ. Mohamed KHIDER – Biskra, Algérie, 123-128p.

[14] Bouhaouach H., Culot C et Kouki K., 2009.- Compostage et valorisation des déchets oasiens pour l'amélioration des sols et de la productivité, symposium international « agriculture durable en région Méditerranéenne (AGRUMED)», Rabat, Maroc. 235-240 p.

[15] Boughaba R., 2012.- Etude de la gestion et valorisation des fientes par le lombricompostage dans la willaya de Constantine, Mémoire Mag., Univ. Mentouri, Constantine, 100 p.

[16] Chaoui H., 2010.- Vermicompostage (ou lombricompostage) : Le traitement des déchets organiques par les vers de terre. Ontario, N° 10-010, 8p.

[17] Tognetti C., LAOS F., Mazzarino M. J et Hernandez M. T., 2005.- Composting vs. Vermicomposting: a comparision of End Product Quality, Compost Science & Utilization, Echo-MO n° 55 – septembre octobre 2005 :3-6.



# PROCEEDING



## ورشة العمل السابعة حول الزراعة الصحراوية القدرات الزراعية والبيولوجية للتربة : المشاكل المطروحة والتثمين

(الزراعية – البيولوجية – التربة 2018)

