

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

ISSN 2170-1318

ADRESSE DE LA DIRECTION DE LA PUBLICATION

Algerian Journal of Arid Environment

Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides
Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers

BP 511, Université Kasdi Merbah Ouargla

30000 Ouargla, Algérie

Tél. : (+213) 29 71 65 71/29 71 56 89 Fax. : (+213) 29 71 56 89

Web: www.ouargla-univ.dz E-mail: ecosys.infos@yahoo.fr



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

Algerian Journal of Arid Environment

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

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

ISSN 2170-1318

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

Volume 3, numéro 1, Juin 2013



ALGERIAN JOURNAL OF ARID ENVIRONMENT

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



| | |
|---|--|
| <p>Directeur de la revue Pr. BOUTERFAIA Ahmed</p> | <p>ADRESSE DE LA DIRECTION DE LA PUBLICATION <i>Algerian Journal of Arid Environment</i> Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers, BP 511, Université Kasdi Merbah Ouargla 30000 Ouargla, Algérie Tél. : (+213) 29 71 65 71/29 71 56 89 Fax. : (+213) 29 71 56 89 Web: www.ouargla-univ.dz E-mail: ecosys.infos@yahoo.fr</p> |
| <p>Directeur de la publication Mr KHELIFA Abdelkader</p> | <p>Instructions aux auteurs</p> |
| <p>Directeur scientifique de la publication Pr. BISSATI Samia</p> | <p>1.- Les articles peuvent être rédigés dans deux langues (arabe, français ou anglais). Ils doivent subir deux expertises, à la fois scientifique et linguistique, avant acceptation.</p> |
| <p>Rédacteur en chef Pr. OULD EL HADJ Med Didi</p> | <p>2.- Le nombre total de pages de l'article dépend de sa nature : Originale (15 pages), synthèse (8 pages) et étude de cas (6 pages). Les articles doivent présenter des résultats non publiés, et ceux de synthèse et d'étude de cas doivent être synthétiques sans illustrations.</p> |
| <p>Comité de rédaction - Pr. CHELOUFI Hamid - Dr DADDI BOUHOUN Mustapha - Dr SAKER Med Lakhdar - Dr IDDER Mohamed Taher</p> | <p>3.- Leurs soumissions doivent parvenir à l'adresse électronique en format TNR pour le texte et JPG pour les illustrations.</p> |
| <p>Mise en page Mr CHAABENA Ahmed</p> | <p>4.- L'auteur correspondant recevra après expertise et acceptation un tiré à part sous format PDF et un exemplaire de revue gratuitement.</p> |
| <p>Comité scientifique - Pr. OULD EL HADJ M. D., Algérie - Pr. DADDA MOUSSA B., Algérie - Pr. MESSAITFA A., Algérie - Pr. HADJ-MAHAMMED M., Algérie - Pr. SOLTANI N., Algérie - Pr. BRINIS L., Algérie - Pr. BOUGHEDIRI L., Algérie - Pr. DOUMANDJI S., Algérie - Pr. DOUMANDJI-MITICHE B., Algérie - Pr. LAAMARI M., Algérie - Pr. HALITIM A., Algérie - Pr. BENALAOUA S., Algérie - Pr. OUDJEHIH B., Algérie - Pr. SAMRAOUI B., Algérie - Pr. COTE M., France - Pr. MICHAUD P., France - Pr. SERGE MARLET C., France - Pr. CHERITI A., Algérie - Pr. TAMISIER A. J., France - Pr. BOUTIN C., France - Pr. HAMDY AISSA B., Algérie - Pr. BISSATI S., Algérie - Pr. CHELOUFI H., Algérie - Pr. O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Dr ESNAULT M. A., France - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr BOUTATAOU D., Algérie - Dr SIBOUKER O., Algérie - Dr SAKER M. L., Algérie - Dr ADAMO A., Algérie - Dr IDDER M. T., Algérie - Dr DADDI BOUHOUN M., Algérie</p> | <p>5.- Pour permettre une pérennité et une large diffusion à la revue un abonnement sera proposé sur le site de l'université et dans la revue aux particuliers, institutions et étudiants avec des tarifs étudiés selon la catégorie et la destination.</p> |
| <p></p> | <p>6.- Le texte doit être en forme TNR taille 12 avec numérotation des lignes. Le titre de l'article en langue de rédaction et en anglais de forme TNR taille 14 gras, est suivi des nom et prénom des auteurs en forme TNR taille 12 avec adresses et Email en forme TNR taille 10, avec un astérisque sur l'auteur correspondant.</p> |
| <p></p> | <p>7.- Les résumés doivent être rédigés en langue de rédaction, en arabe ou anglais, de forme TNR taille 10, italique. Ils doivent comporter cinq mots clés au maximum.</p> |
| <p></p> | <p>8.- Les illustrations légendées ne doivent pas dépasser cinq illustrations avec mention dans le texte et numérotées en chiffres arabes (figure, photo 1, 2, etc.) et chiffres romains (tableau I, II, etc.).</p> |
| <p></p> | <p>9.- Les références bibliographiques ne doivent pas être sélectives d'articles de revues, de livre et d'article de livres seulement. Ils seront classés par leur ordre d'apparition dans le texte et appelées dans ce dernier par leur numéro placé entre crochets :</p> |
| <p></p> | <p>- Exemple de revue : Maduakor H., 1991 - Efficient fertilizer. Fertilizer Research, 29: 65-79.</p> |
| <p></p> | <p>- Exemple de livre : Steel R., Torrie J., 1960 - Principles and procedures. McGraw-Hill, London, 433 p.</p> |
| <p></p> | <p>- Exemple d'article de livre: Tal M. Selection for stress tolerance. In : Evans D.A., Shap N.R., Ammirato P.V., eds. Handbook for plant cell culture. New York : Macmillan, 1992 : 101-112.</p> |
| <p></p> | <p>Les thèmes des articles publiés dans <i>Algerian Journal of Arid Environment</i> concernent tout ce qui touche au développement et à la gestion durable de l'environnement des régions arides et semi arides de la planète.</p> |
| <p></p> | <p>Rédacteur en chef Pr. OULD EL HADJ Med Didi</p> |

Algerian Journal of Arid Environment

“AJAE”

vol. 3, n°1 - 2013

| | | |
|----------|--|----|
| Sommaire | Réponses morpho-physiologiques et biochimiques de la symbiose rhizobia-archide au stress hydrique LAZALI Mohamed, OUNANE Sidi Mohamed, CHAKER-HADDADJ Assia, ALKAMA Nora, NOUAR Samia..... | 3 |
| | Germination et croissance d'<i>Atriplex halimus</i> Subsp. <i>schweinfurthii</i> en présence de CaCl₂ NEDJIMI Bouzid, BEKAI Zekhroufa, GUIT Brahim, TOUMI Mohamed et DAOUD Youcef | 15 |
| | Évaluations physico-chimique et énergétique de la biométhanisation expérimentale appliquée aux effluents d'élevages intensifs générés en Tunisie M'SADAK Youssef et BEN M'BAREK Abir..... | 24 |
| | Effet de l'intensité de la contrainte hydrique sur la germination de <i>Ziziphus lotus</i> (L.) Lam. des régions arides de la Tunisie ZOUAOUI Refka, KSONTINI Mustapha et FERCHICHI Ali..... | 35 |
| | Gestion des agro-systèmes oasiens: diagnostic et actions d'intervention (Cas de l'oasis de Hassi Ben Abdallah-Ouargla, Algérie) BOUAMMAR Boualem, SLIMANI Said et IDDER Tahar..... | 50 |
| | Quelques aspects sur l'avifaune dans deux palmeraies du Sahara septentrional (Algérie) ABABSA Labeled, SEKOUR Makhlof, SOUTTOU Karim, GUEZOUL Omar et DOUMANDJI Salaheddine | 59 |
| | Contribution à l'étude de l'activité toxique de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>albedinis</i>, agent causal du bayoud AZOUAOUI-AIT KETTOUT Tassadit et RAHMANIA Fatma | 68 |
| | Effets biologiques d'extraits aqueux de <i>Peganum harmala</i> (L.) (Zygophyllaceae) sur la mortalité et le développement larvaire de <i>Drosophila melanogaster</i> (Diptera-Drosophilidae) HABBACHI Wafa, BENHISSEN Saliha, OUKAKID Mohamed Laid, FARINE Jean-Pierre.. | 82 |
| | Qualité des eaux souterraines dans l'Atlas saharien: Cas du bassin néogène d'El-Outaya (Sud algérien) BRINIS Nafaa, BOUDOUKHA Abderrahmane..... | 89 |
| | Recherche préliminaire des sources végétales sahariennes à alcaloïdes pour usage bio-insecticides BOURMITA Younes, BELBOUKHARI Nasser, CHERITI Abdelkrim, Mohamed Didi OULD EL HADJ..... | 98 |

REPONSES MORPHO-PHYSIOLOGIQUES ET BIOCHIMIQUES DE LA SYMBIOSE RHIZOBIA-ARACHIDE AU STRESS HYDRIQUE

LAZALI Mohamed^{1,2*}, OUNANE Sidi Mohamed¹, CHAKER-HADDADJ Assia³,
ALKAMA Nora⁴, NOUAR Samia¹

⁽¹⁾Département de phytotechnie, Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA)
El-Harrach, Alger, Algérie

⁽²⁾Faculté des Sciences de la Nature et la Vie et des Sciences de la Terre
Université de Khemis Miliana, Ain Defla, Algérie

⁽³⁾Faculté des Sciences Biologiques, Université des Sciences et Technologie Houari Boumediene
(USTHB), Bab Ezzaour, Alger, Algérie

⁽⁴⁾Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques, Département d'Agronomie
Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algérie

E-mail: m.lazali@yahoo.fr

Résumé.- En dépit du niveau de résistance assez important développé par l'arachide (*Arachis hypogaea* L.), sa production dans les écosystèmes secs est affectée par des périodes de déficit hydrique survenant au cours du cycle de croissance. La présente étude recherche à mettre en évidence les réponses au déficit hydrique faible, modéré puis sévère de cinq populations d'arachides, d'origine locale et étrangère inoculées par trois souches rhizobiennes, en vue d'identifier des critères pour la sélection des interactions symbiotiques mieux adaptées à la sécheresse. Les mécanismes étudiés portent principalement sur les aspects morpho-physiologiques (hauteur de la tige et surface foliaire), aspects biochimiques (fixation symbiotique de l'azote et accumulation de la proline), aspects hydriques de la plante (teneur relative en eau et potentiel hydrique foliaire) et agronomiques (rendement et composantes). Les résultats laissent remarquer que les effets du stress hydrique se manifestent par une diminution de la teneur relative en eau et du potentiel hydrique foliaire et une augmentation de la résistance stomatique et de la température du couvert végétal. Ces effets de la contrainte hydrique se répercutent négativement sur la croissance végétative ainsi que sur l'assimilation et la fixation de l'azote et enfin sur le rendement et ses composantes. Les interactions symbiotiques étudiées se comportent différemment en fonction de la sévérité du stress. Cependant, les couples symbiotiques SA₃-BER, SA₃-OUM, SA₃-TON, SA₃-TIM, SA₁-BER, SA₁-TON et SA₁-OUM se sont avérés les plus tolérants aux différents degrés du déficit hydrique. Par contre, les interactions symbiotiques SA₂-TIM et SA₂-NIG, montrent une sensibilité importante face au manque d'eau. Le comportement des autres couples symbiotiques varie en fonction de la sévérité de la contrainte hydrique. De plus, la variabilité génétique du matériel végétal vis-à-vis du stress hydrique ne semble pas liée à l'origine géographique des populations d'arachides, mais plutôt à leur phénologie et à leur morphologie.

Mots clés: Stress hydrique, symbiose, arachide, tolérance, sélection.

MORPHO-PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL RESPONSES OF THE RHIZOBIA-PEANUT SYMBIOSIS UNDER WATER STRESS

Abstract.- Despite the level of resistance sizable developed by peanut (*Arachis hypogaea* L.) production in the dry ecosystems is affected by periods of water deficit occurring during the growth cycle. The purpose of this work was to highlight the responses to water deficit low, moderate and severe of five peanut populations of local and foreign origin were inoculated by three rhizobium strains, to identify criteria for selecting symbiotic interactions better adapted to drought. Water stress was imposed by withholding water at the floral initiation stage. The mechanisms studied focused on the morpho-physiological aspects (height of the stem, leaf area, content of proline and soluble sugar, relative water content, leaf water potential, stomatal resistance and leaf temperature), biochemical aspects (fixation and assimilation of nitrogen) and agronomical aspects (yield and its components). During the stress treatment, relative water content and leaf water potential decreased and stomatal resistance, leaf temperature increased in all symbiotic interactions. Water

stress also increased sugar and proline concentrations and decreased the assimilation and fixation of nitrogen. All these effects of water impact negatively on the vegetative growth and on yield and its components. The symbiotic interactions studied behave differently depending on the severity of water stress. However, symbiotic interactions SA3-BER, SA3-OUM, SA3-TON, SA3-TIM, SA1-BER, SA1-TON and SA1-OUM proved the most tolerant to different degrees of water stress applied. As against the symbiotic interactions SA2-TIM and SA2-NIG showed a significant sensitivity over the lack of water. The behavior of other symbiotic interactions varied depending on the severity of stress applied. Moreover, the genetic variability of plant material in relation to water stress does not appear related to the geographical origin of populations of peanut, but rather to their phenology and morphology. This study could serve to define criteria for resistance to drought used in breeding.

Key words: Water stress, symbiosis, peanut, tolerance, selection.

Introduction

Dans les régions arides et semi arides, la production agricole et les rendements des cultures sont largement tributaires de la disponibilité en eau et en azote pendant les stades critiques de développement des plantes. Ces deux éléments constituent les facteurs limitants essentiels de la production végétale du fait de la fréquence des déficits hydriques et de la rapidité de dégradation de la matière organique dans le sol.

La recherche des couples tolérants capables de fonctionner dans ces conditions constitue un objectif à atteindre, afin de comprendre les paramètres et les mécanismes physiologiques liés à ce caractère, et pouvant servir de base à l'établissement de critères de sélection de cette association.

La présente étude recherche les couples symbiotiques arachide-rhizobia les plus performants, ayant la capacité de tolérer les déficits hydriques qui peuvent se produire à un stade critique de développement de cette espèce.

1.- Matériels et méthodes

1.1.- Site expérimental

L'expérimentation est réalisée au niveau de la station expérimentale de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) à El Harrach (Algérie), dans une serre en verre orientée dans le sens Nord-Sud.

1.2.- Matériel végétal

Le matériel végétal consacré à cette étude est composé de cinq populations d'arachides (Berrihane, Tonga-Ouest, Oum-Tboul, Timimoun et Niger). Ces dernières ont été fournies par l'ITCMI. La dénomination de ces populations correspond au nom des localités d'où elles ont été prélevées.

1.3.- Isolats rhizobiens

Trois isolats rhizobiens ont été retenus au cours de cette étude, dont deux isolats à croissance lente (SA₁ et SA₃) et un à croissance rapide (SA₂).

1.4.- Inoculation

Les graines d'arachide de chaque population ont été inoculées avant le semis par immersion pendant trois heures dans un mélange contenant l'inoculum et la tourbe stérile. Elles sont semées par la suite à raison de deux graines par pot à une profondeur de 3 cm. Juste avant le semis tous les pots sont irrigués avec l'eau de robinet jusqu'au drainage (à la capacité en pot). Après la levée, il est effectué un éclaircissage dont le meilleur plant est choisi.

1.5.- Gestion de l'essai

1.5.1.- Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est une randomisation totale avec trois répétitions. Chaque répétition comprend trois facteurs:

- Facteur 1: représente la durée du stress hydrique avec quatre niveaux dont le témoin (i); cinq jours de stress (ii); dix jours de stress (iii); quinze jours de stress (iv).
- Facteur 2: représente les cinq populations d'arachides.
- Facteur 3: représente les trois isolats rhizobiens.

1.5.2.- Mesures réalisées

- Hauteur de la tige

La hauteur de la tige principale est la distance entre le collet jusqu'à la dernière feuille. Ce paramètre a été mesuré à l'aide d'une règle graduée.

- Surface foliaire

La surface foliaire est calculée comme suit : 1 cm² d'un papier glace est pris, puis pesé à l'aide d'une balance de précision. La forme de la feuille est dessinée sur le même type de papier, découpée puis pesée. La surface foliaire est déduite par la formule suivante:

$$SF = MF / MP$$

MF: masse du papier découpé,

MP: masse de 1 cm² du papier [1].

- Dosage de la proline

La technique utilisée pour le dosage de la proline est celle de Troll et Lindsay (1955) simplifiée et mise au point par Dreier et Goring (1974) citée par Monneveux et Nemmar [2].

- Mesure de l'activité réductrice d'acétylène

Le dispositif utilisé pour cette mesure est une adaptation de la méthode «*in situ*» de Balandreau et Dommergues [3].

- Teneur relative en eau

La teneur relative en eau est calculée selon la formule suivante:

$$\text{TRE} = (\text{PF} - \text{PS}) / (\text{PT} - \text{PS}) \times 100$$

PF: poids frais de la foliole,

PT: poids de la turgescence de la foliole,

PS: poids sec de la foliole.

Le poids frais est déterminé par pesée de la feuille immédiatement après son prélèvement. Le poids à la saturation est obtenu en plaçant la feuille dans l'eau distillée pendant 24 heures à 4°C à l'obscurité. Le poids sec est obtenu en plaçant la feuille à l'étuve à 80°C pendant 24 heures.

- Potentiel hydrique foliaire

Ce paramètre a été mesuré sur la dernière feuille du sommet entièrement formée par la technique de la chambre à pression [4].

- Rendement

Ce caractère étant la finalité de tout travail de production, il est également le premier paramètre sur lequel se répercutent tous les changements qui affectent la plante. Le rendement en gousses est obtenu à partir de chaque plante récolté au niveau de chaque pot.

- Matière sèche

C'est le poids sec des parties aériennes, évalué après passage à l'étuve à une température de 72°C pendant 48 heures.

1.6.- Etude statistique

Les données recueillies pour l'ensemble des caractères étudiés ont été soumises à une analyse de la variance avec le logiciel XLSTAT. Les moyennes sont comparées à l'aide du test de Newman-Keuls, lorsque cela est nécessaire (différences au moins significatives).

2.- Résultats et discussion

2.1.- Variation de la hauteur de la tige sous stress hydrique

Les résultats des variations de la hauteur de la tige en fonction des couples symbiotiques et des traitements hydriques sont présentés dans la figure 1. Cette figure montre que chez toutes les associations symbiotiques, l'augmentation de la durée du stress s'accompagne d'une diminution de la hauteur de la tige.

L'effet dépressif du stress hydrique sur la hauteur de la tige est signalé par plusieurs auteurs chez différentes espèces notamment *Vicia faba* L. [5], *Medicago sativa* L. [6] et *Cicer arietinum* L. [7].

La réduction de la hauteur de la tige sous contrainte hydrique est expliquée par un retard dans la croissance végétative (i); une diminution du nombre des feuilles et du diamètre du collet (ii) [8].

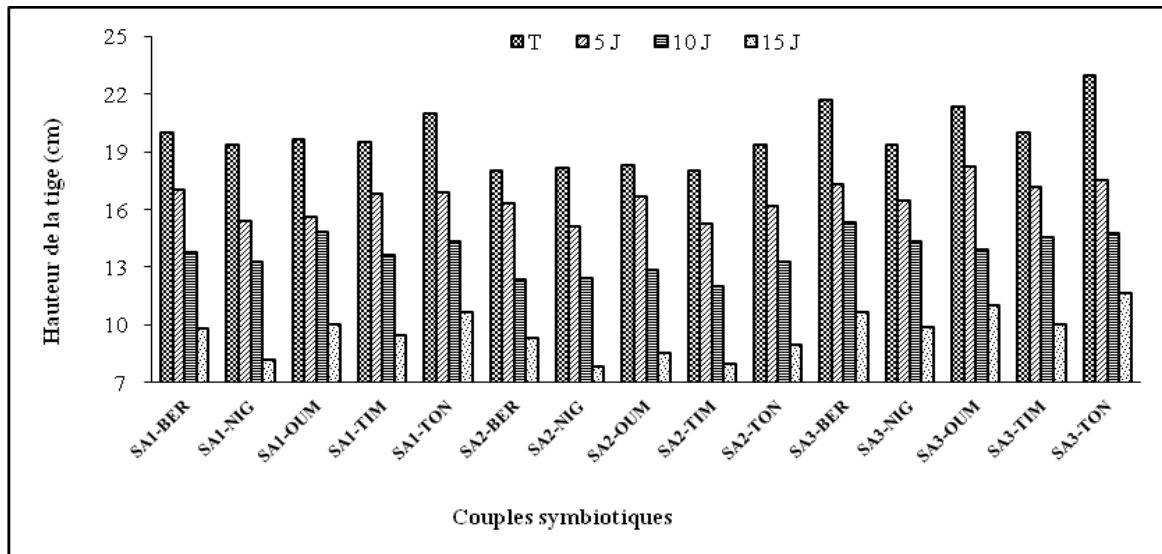


Figure 1.- Variation de la hauteur de la tige chez les couples symbiotiques en fonction de la durée du stress

2.2.- Variation de la surface foliaire sous stress hydrique

Les stress hydriques appliqués ont induit une diminution notable de la surface foliaire chez tous les couples symbiotiques qui s'accroît avec l'augmentation de la durée du stress (fig. 2).

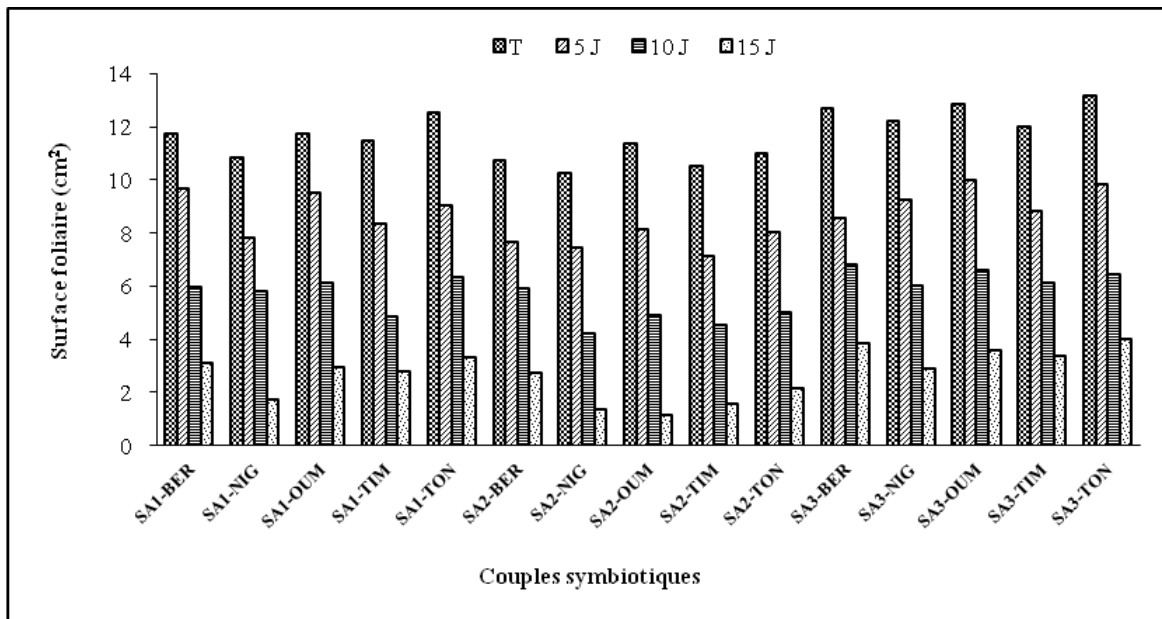


Figure 2.- Variation de la surface foliaire chez les couples symbiotiques en fonction de la durée du stress

La réduction de la surface foliaire semble être une réponse immédiate à la sécheresse, puisque les pertes ont été enregistrées dès l'application de la contrainte hydrique faible. Cette perte de la surface du limbe peut résulter d'un ralentissement de la croissance des jeunes feuilles, comme elle peut être également causée par l'accélération de la sénescence des feuilles. Ces modifications morphologiques des feuilles ont pour rôle de limiter les pertes d'eau par transpiration [9,10].

2.3.- Variations de la teneur de la proline sous stress hydrique

La durée du stress hydrique induit une augmentation notable des teneurs en proline dans les feuilles des différentes associations symbiotiques (fig. 3). En effet, plus la durée de la contrainte hydrique augmente, plus les teneurs en proline accumulées sont importantes.

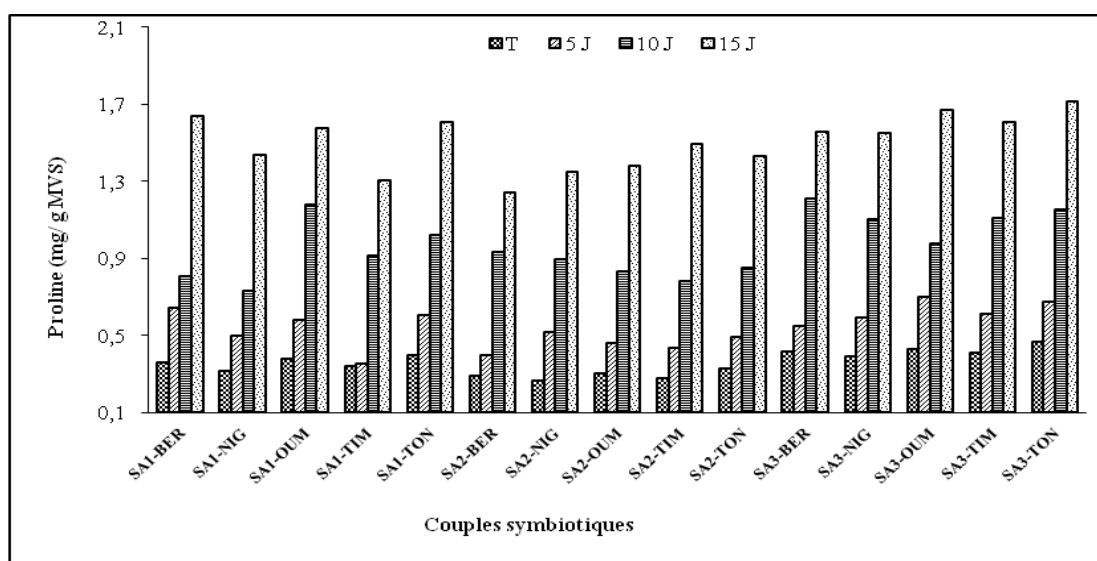


Figure 3.- Variations de la teneur en proline chez les couples symbiotiques en fonction de la durée du stress

La synthèse de la proline sous stress abiotique chez plusieurs espèces est corrélée positivement avec la tolérance à cette contrainte. Elle est généralement plus élevée dans les plantes tolérantes que dans les plantes sensibles [11]. En outre, la synthèse de l'acide abscissique (ABA) sous l'effet d'un stress hydrique joue un rôle déterminant dans la régulation de l'expression du gène P5CS impliqué dans la synthèse de la proline [12].

2.4.- Effet du stress hydrique sur l'activité réductrice d'acétylène

Les résultats de la figure 4 montrent l'effet dépressif de la contrainte hydrique sur l'activité fixatrice d'azote qui s'annule pratiquement quand les plantes sont soumises à un stress sévère.

Plusieurs causes peuvent expliquer la sensibilité de la fixation de l'azote au déficit hydrique. Certains auteurs considèrent que la diminution de l'activité nitrogénasique est due à l'inhibition de la photosynthèse par le stress hydrique [13]. Ultérieurement FINN et BRUN [14] ont montré que la nitrogénase était plus sensible au déficit hydrique que la

photosynthèse. Par ailleurs DURAND *et al* [15]; SERRAJ et SINCLAIR [16] notent cette sensibilité comme étant la perte du contenu en eau des nodules avec un rétrécissement et une diminution de la porosité de leur épiderme qui provoquerait une augmentation de la résistance à la diffusion de l'eau et de l'oxygène nécessaires aux bactéroïdes.

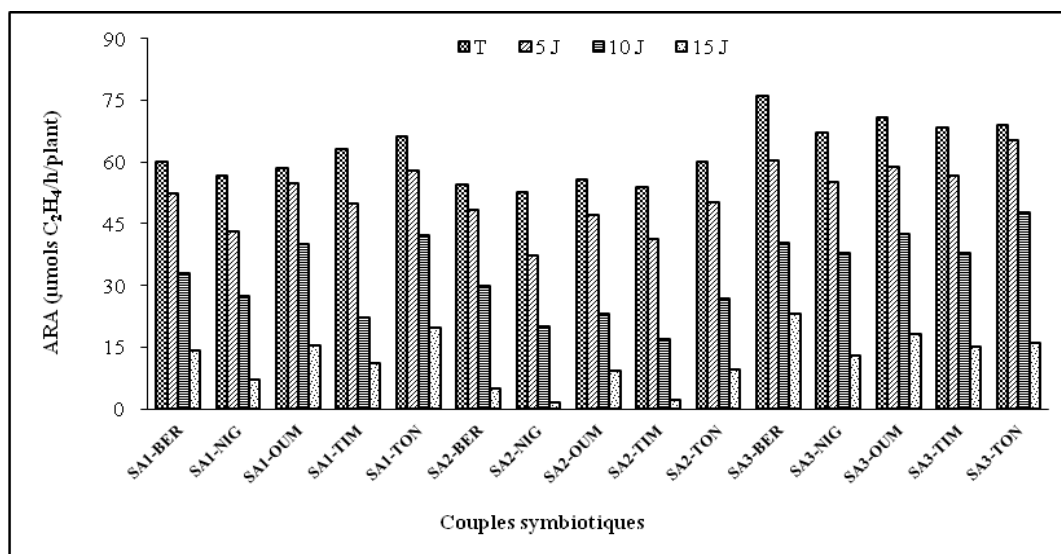


Figure 4.- Variations de l'ARA chez les couples symbiotiques en fonction de la durée du stress

2.5.- Variations de la teneur relative en eau sous stress hydrique

L'état hydrique des feuilles chez les différentes associations symbiotiques rhizobium-arachide soumises à un déficit hydrique est illustré sur la figure 5. L'allure générale des histogrammes montre que la TRE diminue proportionnellement à la durée du stress hydrique.

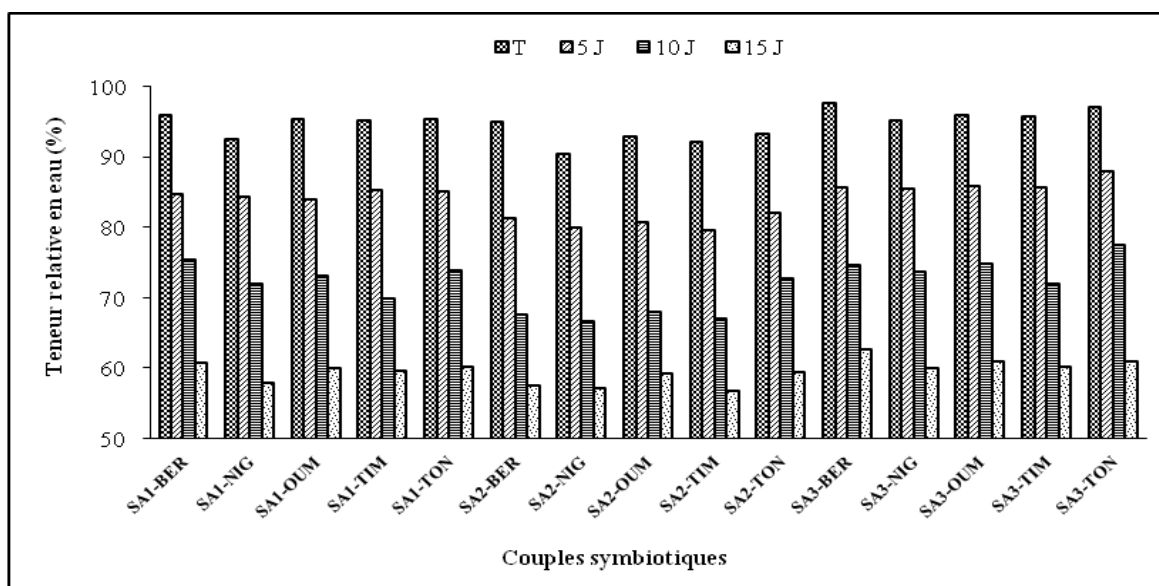


Figure 5.- Variations de la TRE chez les couples symbiotiques en fonction de la durée du stress

Les travaux de BABU et RAO [17], effectués sur l'arachide, montrent que le stress hydrique diminue la TRE jusqu'à 29%, alors que le témoin non stressé garde une TRE de l'ordre de 85 à 90%.

Le maintien de l'état hydrique de la plante est considéré comme un mécanisme adaptatif important pour conserver l'activité physiologique au cours du déficit hydrique [18].

2.6.- Variations du potentiel hydrique foliaire sous stress hydrique

Les résultats de la variation du potentiel hydrique foliaire en fonction des couples symbiotiques et des traitements hydriques sont présentés dans la figure 6. Cette figure montre que chez tous les couples symbiotiques, l'augmentation de la durée de stress s'accompagne d'un abaissement du potentiel hydrique foliaire. Cet abaissement est d'autant plus accentué que la durée de la contrainte hydrique est plus sévère.

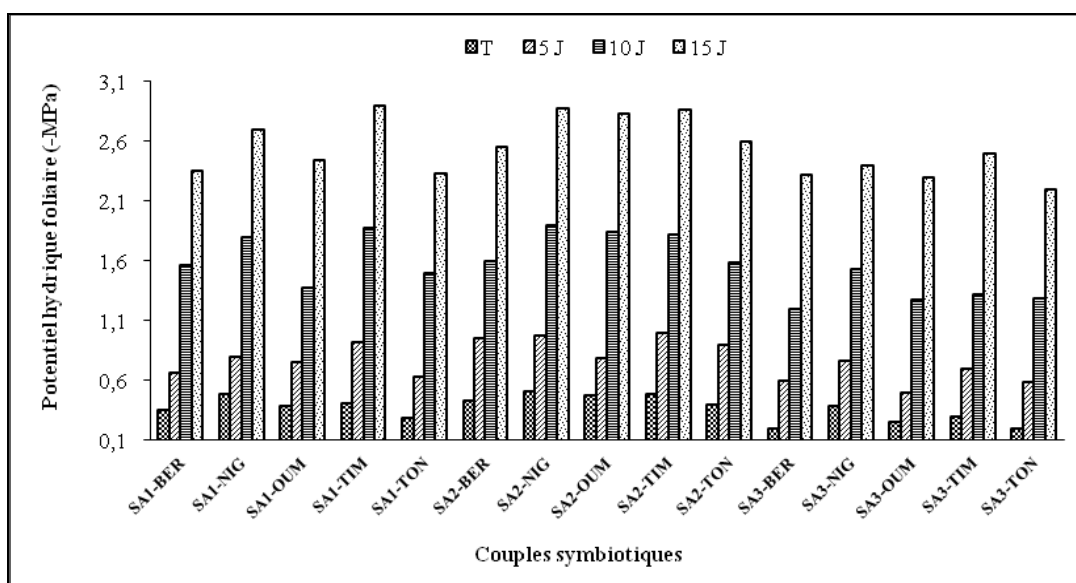


Figure 6.- Variations du potentiel hydrique foliaire chez les couples symbiotiques en fonction de la durée du stress

Selon SINCLAIR et LUDLOW [19], la valeur du potentiel hydrique que peut atteindre la dernière feuille viable (capable de récupérer après réhydratation de la plante) représente une mesure clef de la capacité de tolérance d'une plante. Cette valeur varie selon les espèces. TURNER *et al.* [20] signalent que la valeur du potentiel hydrique foliaire létale pour l'arachide varie entre -3,4 et -8,2 MPa. BAJJI *et al.* [21] expliquent la diminution du potentiel hydrique par l'abaissement du potentiel osmotique.

En conditions de sécheresse, la baisse du potentiel hydrique des plantes induit une importante perte de turgescence au niveau des feuilles [22]. Le maintien d'un potentiel hydrique élevé est lié à l'aptitude de la plante à extraire l'eau du sol et à la capacité de limiter les pertes d'eau par transpiration [23].

2.7.- Variations du rendement sous stress hydrique

La durée du stress induit une diminution du rendement chez toutes les associations

symbiotiques (fig. 7). En effet, cette diminution s'accompagne d'une augmentation de la sévérité du stress.

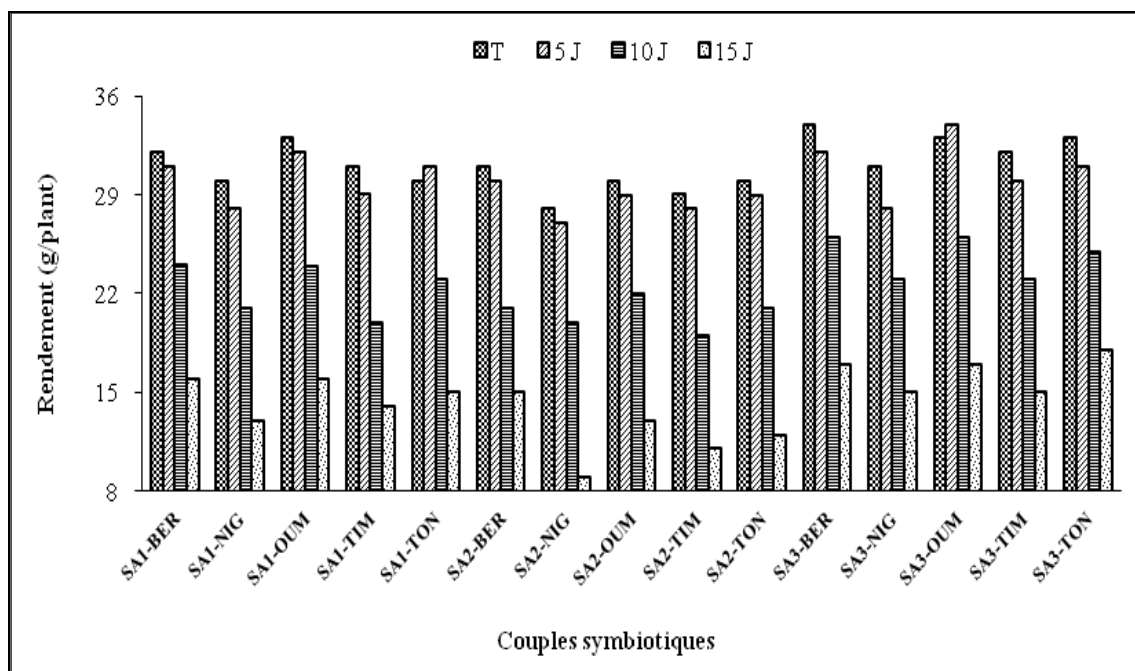


Figure 7.- Variations du rendement chez les couples symbiotiques en fonction de la durée du stress

La diminution du rendement est due à la réduction du taux de photoassimilats disponible pour le remplissage de la gousse au cours du stress hydrique [12]. SINCLAIR ET LUDLOW l'expliquent par une augmentation de la teneur en ABA [24]. Ils attribuent à cet acide un rôle important dans la perte de rendement, car son accumulation inhibe la photosynthèse par fermeture stomatique.

2.8.- Variation de la matière sèche sous stress hydrique

La matière sèche chez les différents couples symbiotiques soumises à une contrainte hydrique est illustrée dans la figure 8. L'allure générale des histogrammes montre que la diminution de la matière sèche s'accompagne avec l'augmentation de la durée du stress.

La réponse des couples symbiotiques au déficit hydrique est différente. Les populations d'El-Kala (Tonga-Ouest, Oum-Tboul et Berrihane) inoculées par l'isolat SA₃ sont les plus affectées par le manque d'eau. Par contre la population Timimoun et la population nigérienne inoculées par l'isolat SA₂ paraissent plus tolérantes au déficit hydrique. Le reste des interactions symbiotiques montre une tolérance moyenne.

La production de la matière sèche est différemment affectée par les contraintes hydriques selon les souches rhizobiennes [25], et le stade phénologique de la plante [26].

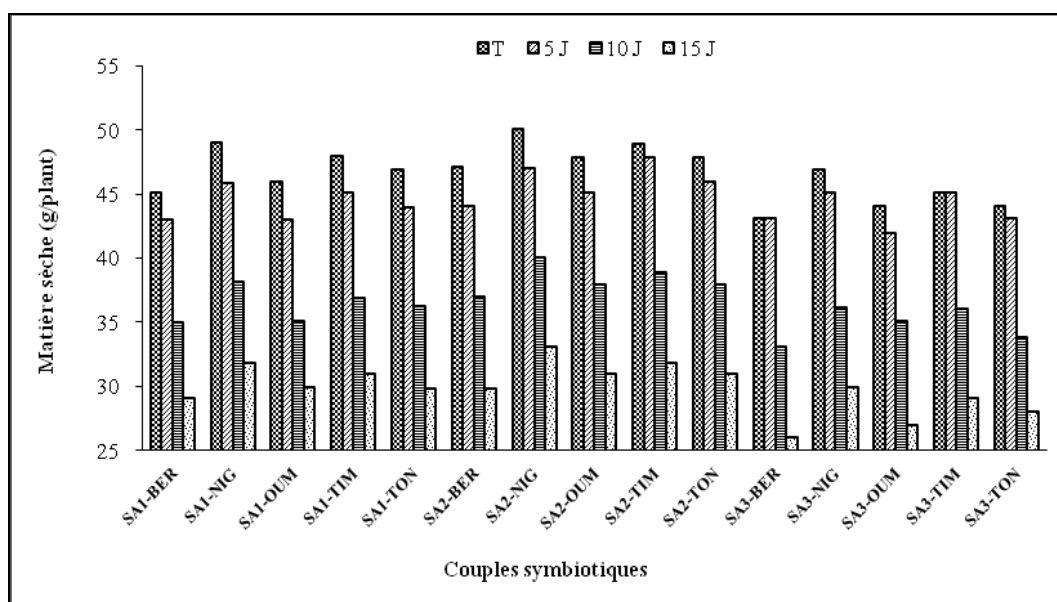


Figure 8.- Variations de la matière sèche chez les couples symbiotiques en fonction de la durée du stress

Conclusion

Ce travail portant sur l'étude de la symbiose arachide-rhizobia a permis d'identifier plusieurs réponses de cette association au stress hydrique qui prédisent de l'existence de divers mécanismes d'adaptation à cette contrainte.

Ces mécanismes qui peuvent être de nature morphologique, physiologique ou agronomique se déclenchent séparément ou ensemble, pour contrecarrer les effets du stress hydrique.

La nature de ces mécanismes ne semble pas être liée à l'espèce ni à l'origine des populations étudiées. La diversité des réponses au stress hydrique serait plutôt sous le contrôle de l'association de deux partenaires (plante/bactérie).

La réponse des différentes interactions symbiotiques étudiées vis-à-vis au stress hydrique révèle la présence de trois groupes de couples symbiotiques, dont le premier groupe rassemble les couples SA₃-BER, SA₃-OUM, SA₃-TON, SA₃-TIM, SA₁-BER, SA₁-TON et SA₁-OUM qui semblent tolérants à la contrainte hydrique. Le deuxième groupe contient les couples SA₂-TIM et SA₂-NIG qui paraissent sensibles au stress. Le troisième groupe rassemble le reste des couples symbiotiques qui ont une réponse intermédiaire au stress.

Références bibliographiques

- [1].- Alem C., Labhilili M., Brahmi K., Jlibene M., Nasrallah N., Filali-Maltouf A., 2002.- Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. *Compte Rendu Biologies* 325: 1097-1109.
- [2].- Monneveux P., Nemmar M., 1986.- Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) et chez le blé dur (*Triticum*

- durum* Desf). Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie* 6: 583-590.
- [3].- Balandreau J., Dommergues Y., 1970.- Mesure *in situ* de l'activité nitrogénase. *C. R. Acad. Sci.* 273: 2020-2023.
- [4].- Scholander P. F., Hammel H. T., Hemmingsen E. A., Bradstreet E. D., 1965.- Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. *Proceeding of the National Academy of Science* 52: 119-125.
- [5].- Mwanamwenge J., Loss S. P., Siddique K. H. M., Cocks P. S., 1999.- Effect of water stress during floral initiation, flowering and podding on the growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy* 11: 1-11.
- [6].- Lazali M., 2006.- Etude du comportement de seize variétés de la luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.) sous deux régimes hydriques en Mitidja. Mémoire d'ingénieur d'Etat en agronomie, INA, El Harrach, Alger, 90 p.
- [7].- Slim N., Sifi B., Triki S., 2008.- Criblage de variétés de pois chiche (*Cicer arietinum* L.) pour la résistance au stress hydrique. *In Actes du séminaire international: Gestion des ressources et applications biotechnologiques en aridoculture et cultures oasisiennes: Perspectives pour la valorisation des potentialités du Sahara.* Institut des Régions Arides, Médenine 25-28 Décembre 2008, Tunisie. *Revue des régions arides* 21: 734-744.
- [8].- Thakur P. S., Rai V. K., 1982. Effect of water stress on protein content in two maize cultivars differing in drought resistance. *Biologia Plantarum* 24: 96-100.
- [9].- Noïtsakis B., Tsiouvaris C., 1990.- Seasonal changes in components of leaf water potential and leaf area growth rate in Kérmes oak. *Acta Oecologica* 11: 419-427.
- [10].- Tiercelin J. R., 1998.- *Traité d'irrigation.* Ed. Tec et Doc, Paris, 1011 p.
- [11].- Nayyar H., Walia D. P., 2003.- Water stress induced proline accumulation in contrasting wheat genotypes as affected by calcium and abscisic acid. *Biologia Plantarum* 46: 275-279.
- [12].- Xiong L., Ishitani M., Lee H., Zhu J. K., 2001.- The Arabidopsis LOS5/ABA3 locus encodes a molybdenum cofactor sulfurase and modulates cold stress and osmotic stress responsive gene expression. *Plant Cell*, 13: 2063–2083.
- [13].- Huang J. C., Boyer J. S., Vanderhoff L. N., 1979.- Acetylene reduction (nitrogen fixation) and metabolic activities of soybean having various leaf and nodule water potential. *Plant physiology* 56: 222-227.
- [14].- Finn G.A., Brun W., 1980.- Water stress effects on CO₂ assimilation, photosynthate partitioning, stomatal resistance and nodule activity in soybean. *Crop Science* 20: 431-434.
- [15].- Durand J. L., Sheehy J. E., Minchin F. R., 1987.- Nitrogenase activity

- photosynthesis and nodule water potential in soybean plants experiencing water deprivation. *Journal of Experimental Botany* 38: 311-321.
- [16].- Serraj R., Sinclair T. R., 1998.- Soybean cultivars variability for nodule formation and growth under drought. *Plant and Soil*, 202: 159-166.
- [17].- Babu V. R., Rao D. V. M., 1983.- Water stress adaptations in the groundnut (*Arachis hypogaea* L.) foliar characteristics and adaptations to moisture stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 10: 64-80.
- [18].- Conory J. P., Virgona J. M., Smillie R. M., Barlow E. W., 1988.- Influence of drought acclimation and CO₂ enrichment on osmotic adjustment and chlorophyll a fluorescence of sunflower during drought. *Plant Physiology* 86: 1108-1115.
- [19].- Sinclair T. R., Ludlow M. M., 1985.- Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled plant water potential. *Australian Journal of Plant Physiology*, 12: 213-217.
- [20].- Turner N. C., Wright G. C., Siddique K. H. M., 2001.- Adaptation of grain legume to water limited environments. *Adv. Agron.*, 71: 193-231.
- [21].- Bajji M., Lutts S., Kinet J. M., 2001.- Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Science* 160: 669-681.
- [22].- Boyer J. S., 1982.- Relationships of water potential to growth of leaves. *Plant physiology* 43: 1056-1062.
- [23].- Turner N. C., 1997.- Further progress in crop water relation. *Adv. Agron.* 58: 293-338.
- [24].- Setter T. L., Flannigan B. A., Melkonian J., 2001.- Loss of kernel due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies, abscisic acid, and cytokinins. *Crop Science* 41: 1530-1540.
- [25].- Saxena N. P., Johansen M. C., Saxena M. C., Silim S. N. 1993.- Selection for drought and salinity tolerance in cool-season food legumes. *In* Breeding for Tolerance in cool-season Food Legumes. Ed. Singh K. B., Saxena M.C.: 245-270.
- [26].- Roy S. K., Rahamans S. M. L., Salahudin A. B. M. 1995.- Effect of rhizobium inoculation and nitrogen on nodulation, growth and seed yield of gram (*Cicer arietinum* L.). *Indian J. Agric. Sci.* 65: 853-857.

GERMINATION ET CROISSANCE D'*Atriplex halimus* SUBSP. *schweinfurthii* EN PRESENCE DE CaCl₂

NEDJIMI Bouzid^{1*}, BEKAI Zekhroufa¹, GUIT Brahim¹, TOUMI Mohamed² et
DAOUD Youcef³

⁽¹⁾Laboratoire d'Exploration et de Valorisation des Écosystèmes Steppiques
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Université de Djelfa, BP 3117 Djelfa 17000, Algérie

⁽²⁾Ecole Normale Supérieure Bachir El Ibrahimi, BP 92 Kouba 16050 Alger, Algérie

⁽³⁾Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Département de Sciences du Sol
El-Harrach Alger 16000, Algérie. E-mail: bnedjimi@yahoo.fr

Résumé- *L'effet des doses croissantes du CaCl₂ sur la germination et la croissance d'Atriplex halimus subsp. schweinfurthii (Chenopodeaceae), est étudié après 30 jours de culture en pots dans un mélange tourbe-sable. Les résultats montrent que les graines de cette espèce sont caractérisées par leur rapidité de germination et leur faible sensibilité aux fortes concentrations du CaCl₂. Le seuil de sensibilité de la germination se situe entre 8 et 10 g/l, correspondant à des pressions osmotiques de 0.259 et 0.324 MPa. Une concentration de l'ordre de 8 g/l semble stimuler la croissance du végétal (matière sèche). Au-delà de cette concentration, le CaCl₂ exerce un effet dépressif sur la croissance du végétal, ce qui exprime le caractère d'une halophilie facultative de cette espèce. Ces résultats montrent que ce végétal peut être cultivé dans des milieux salés steppiques inadaptés à la majorité des espèces végétales cultivées, dans un objectif de protection contre la désertification et de production de matière fourragère.*

Mots-clés : *Atriplex halimus, germination, salinité, steppe, fourrage.*

GERMINATION AND GROWTH OF *Atriplex halimus* SUBSP. *schweinfurthii* IN PRESENCE OF CaCl₂

Abstract- *Atriplex halimus subsp. schweinfurthii (Chenopodeaceae) is a perennial halophyte, which is widely distributed in the Algerian salt steppes. This study reports the effect of calcium chloride (CaCl₂) on the germination and growth of this species cultivated in peat-sand mixture. Results showed that seeds were characterized by speed of germination and low sensitivity to the high concentrations of CaCl₂. The threshold of sensitivity of germination ranges between 8 and 10 g/l, corresponding to osmotic pressures of 0.259 and 0.324 MPa. Optimal growth was observed at 8 g/l CaCl₂ and declined with a further increase in salinity. This variety can be used locally as a fodder for livestock and could be useful in sand dune stabilization cultivated.*

Key words: *Atriplex halimus, germination, salinity, steppe, forage production.*

Introduction

L'existence dans plusieurs régions du monde de terres marginales et de ressources en eaux chargées en sels a constitué souvent une limite au développement de l'activité agricole dans ces zones. L'apparition de plantes tolérantes à la salinité, a permis de valoriser des surfaces croissantes de ces terres marginales, en particulier par les plantations d'arbustes fourragers.

Les halophytes sont des plantes naturellement tolérantes au sel et poussent aussi bien, voir mieux dans un environnement salin qu'en conditions normales. Elles représentent la limite supérieure des capacités adaptatives des organismes végétaux à la salinité [1]. Les halophytes, plantes dotées de caractéristiques requises pour tolérer le sel, semblent constituer un outil précieux pour valoriser les zones marginales fortement salées et menacées par la désertification [2].

En Algérie *A. halimus* est une espèce halophyte autochtone qui pousse généralement sur sols salés et en bordures des chotts et des sebkhas. Son importance fourragère s'explique par son contenu élevé en azote, son adaptation à la sécheresse et à la salure, le maintien de son feuillage vert durant toute l'année et par sa tolérance au pâturage [3,4].

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. Ce stade germinatif est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades [5].

Le présent travail est une étude expérimentale sur la tolérance d'*A. halimus* au chlorure de calcium. Il s'agit de mettre en œuvre un essai de germination et une culture en pots dans un mélange tourbe-sable, pour déterminer les seuils de tolérance au CaCl_2 des différents paramètres étudiés relatifs au comportement du végétal.

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Semence

Les semences d'*A. halimus* proviennent de la région d'El-Mesrane (Djelfa), plus précisément dans la zone du chott Zahrez (3°03'E longitude, 34°36'N latitude à 830m d'altitude). La conductivité électrique de la solution du sol est mesurée au niveau du premier horizon du sol (0-20 cm), en un point au voisinage des touffes d'*Atriplex* qui ont été échantillonnées pour la semence. Sachant que la variabilité spatiale de la salinité peut être élevée, la valeur suivante est présentée à titre indicatif, la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée est de 10.5 dS/m à 25°C.

Après décortication manuelle de leur valves fructifères (bractéoles), les semences sont désinfectées par un séjour de 20 mn dans l'éthanol à 70%, suivi de 5 mn dans une solution d'hypochlorite de sodium à 8%, ensuite elles sont rincées 5 fois à l'eau distillée stérile.

1.2. - Sel

Le facteur de variation étudié est la concentration en CaCl_2 . Ce sel est retenu en raison de sa prédominance dans les sols salés de la zone d'étude [6]. Les concentrations en CaCl_2 retenues suivent une croissance arithmétique dont l'incrément est de 2 g de CaCl_2 . La gamme de concentration étudiée englobe le seuil de sensibilité du genre *Atriplex* à la salinité et qui se situerait autour de 10 g/l de NaCl [7]. C'est ainsi que 06 concentrations salines sont retenues dans ce travail (0, 2, 4, 6, 8 et 10 g/l).

1.3. - Test germinatif

Les semences sont mises à germer par lot de 100 graines pour chaque traitement, dans les boîtes de pétri de 9 cm de diamètre, fermées hermétiquement et tapissées de papier filtre stérilisé, en raison de 25 graines/boîtes, soit 4 répétitions par traitement (fig. 1). Le papier filtre est humecté au départ et ensuite toutes les 24 heures avec 5 ml d'eau déminéralisée stérile (témoin) ou avec les différentes solutions de CaCl_2 . Le test germinatif était conduit dans un incubateur dont la température et la photopériode sont contrôlées. La température est réglée à $25\pm 1^\circ\text{C}$, sous un éclairage de $25\mu\text{E/s/m}^2$ assuré par une série d'ampoules types néons fluorescents. La photopériode est de 16 heures de lumière et 8 heures d'obscurité. Les semences germées sont dénombrées toutes les 24 heures. Comme critère de germination, l'apparition d'une racicule de 1mm environ a été utilisée [8]. Le dispositif expérimental utilisé est le bloc aléatoire complet à un seul facteur de variation. Le taux de germination a été calculé en utilisant la relation suivante :

$$\text{Le taux de germination (\%)} = (a)/(b) \times 100$$

a : nombre des semences germées

b : nombre total des semences

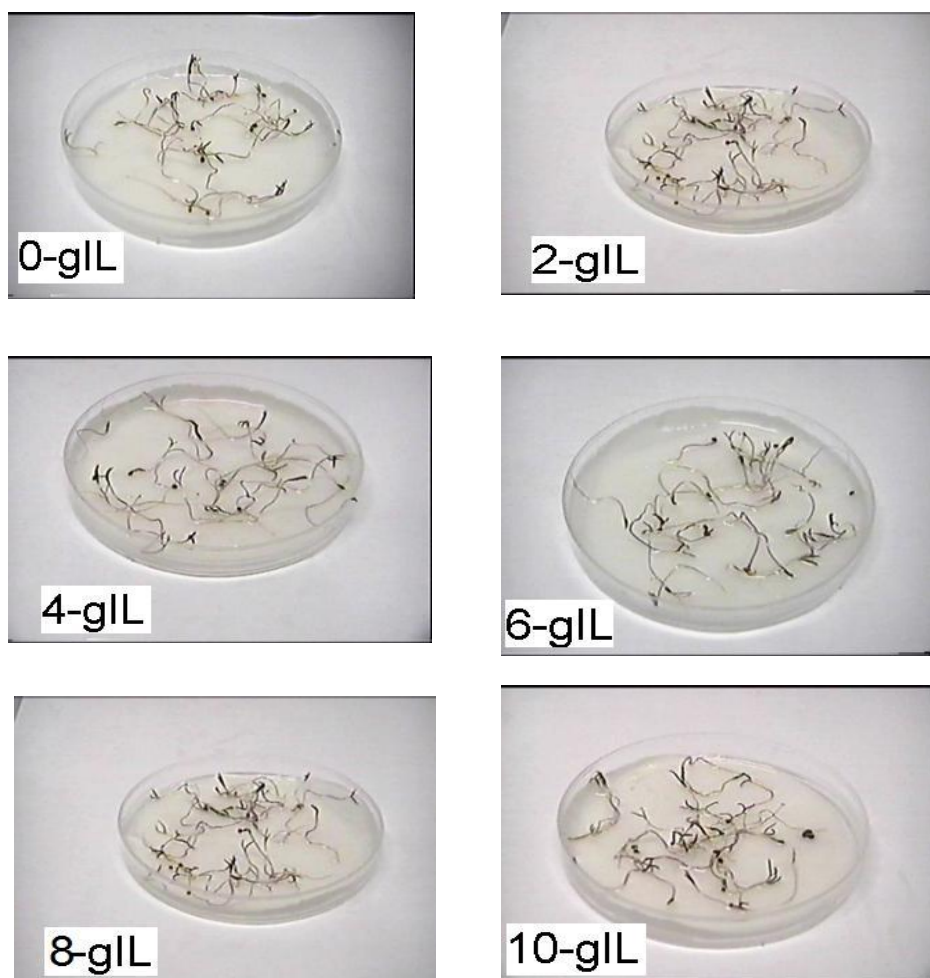


Figure 1.- Germination des graines d'*A. halimus* dans des boîtes de pétri tapissées de papier filtre humecté avec les différentes solutions de CaCl_2

1.4. - Culture en pots

Au 5^{ème} jour de germination, les plantules ayant entre 10 à 15mm de longueur ont été repiquées dans des pots en plastiques de 200 ml remplis d'un mélange tourbe-sable, à raison d'une plantule/pot. Elles sont ensuite mises en culture pendant 30 jours dans les mêmes conditions que pour la germination (fig. 2).

Le mélange utilisé est composé de 2/3 de tourbe et de 1/3 de sable stérilisé à l'autoclave (120°C pendant 20 mn). La tourbe utilisée présente les caractéristiques suivantes :

- Composition : tourbe de sphaignes, terreau d'écorces compostées, fumier;
- Matière sèche/produit brut: 30%,
- Matière organique / produit brut : 20%,
- pH = 5.9,
- La résistance = 2000 Ω / cm,
- La capacité de rétention en H_2O = 330g pour 100g MS.

Le sable utilisé présente la composition granulométrique suivante: sable grossier (57.20%), le sable fin (30.40%), les particules < 20 μ (12.40%).

Lorsque les plantules ont atteint le stade 4^{ème} paire de feuilles totalement étalées, elles sont arrosées quotidiennement avec 50 ml d'une solution correspondant aux différentes concentrations de CaCl_2 .

Chaque expérience correspond à un ensemble de 06 traitements, chaque milieu est testé sur 10 individus correspondant à 10 répétitions. Le dispositif expérimental utilisé est le bloc aléatoire complet dont les traitements correspondent aux concentrations de CaCl_2 .

Les mesures ont lieu 30 jours après la mise en culture et portant sur 10 plantules pour chaque traitement, l'indicateur de croissance considéré est la matière sèche totale obtenue après séchage des échantillons pendant 48 heures à 60 °C.

Les résultats sont soumis à une analyse de la variance (Anova) à un facteur de variation, avec le test de Newman et Keul au seuil de 5% pour identifier les groupes homogènes. Des calculs d'équation de régression sont réalisés pour chercher les relations entre certaines variables.

2.- Resultats

2.1.- Test germinatif

En absence de sel et avec 2g/l de CaCl_2 , le taux de germination égale à 100% (fig. 3). Pour une concentration de 4g/l CaCl_2 (correspondant à une pression osmotique de 0.129 MPa) le pourcentage de germination est de 99%. Avec 6g/l et 8g/l CaCl_2 (0.194 et 0.259 MPa respectivement), les graines présentent un taux de germination de 98%. Par contre avec 10g/l (0.324 MPa) de CaCl_2 le taux de germination est de 90%.



Figure 2.- Aspect général des plantules d'*A. halimus* subsp. *schweinfurthii* cultivées dans un mélange tourbe-sable, en présence de CaCl_2

Le test de Newman et Keuls au de seuil de 5% montre que les traitements correspondant aux concentrations 0, 2, 4, 6, 8g/l font partie du groupe (a) alors que le taux de germination de 10g/l est classé dans le groupe (b).

Ces résultats signifient que le CaCl_2 diminue d'une manière significative le taux de germination entre 8 et 10g /l. C'est dans cet intervalle que se localise le seuil de sensibilité de cette espèce au CaCl_2 .

La recherche de la meilleure fonction d'ajustement statistique de la relation entre le taux de germination (Y) et la concentration en CaCl_2 (X) aboutit à une équation de la forme polynomiale suivante (fig. 4):

$$Y = -0.16 X^2 + 0.79 X + 99.42 \quad R^2 = 0.86 \quad \text{ddl} = 4 \quad n = 4$$

Le coefficient de détermination montre que 86.49% de la variation des taux de germination sont expliqués par le gradient de concentration en CaCl_2 .

Les moyennes calculées sur quatre (04) répétitions par traitement pour les différents niveaux de salinité (fig. 5), présentent la même allure pour les différents traitements, la germination commence dès le premier jour, elle est rapide durant les premiers jours puis se ralentit pour atteindre un palier à partir du 6^{ème} jour. Au 2^{ème} jour les taux de germination sont de 76%, 63,2 %, 50 % et 52% pour des concentrations en CaCl_2 de 0, 2, 4, 6g/l; tandis qu'au 7^{ème} jour, il est noté des taux de germination de 100%, 100%, 100% et 98% pour des doses respectives de 0, 2, 4, 6g/l. L'augmentation des concentrations en chlorure de calcium diminue la vitesse de germination par rapport au témoin. Il faut bien noter que la capacité germinative est peu affectée.

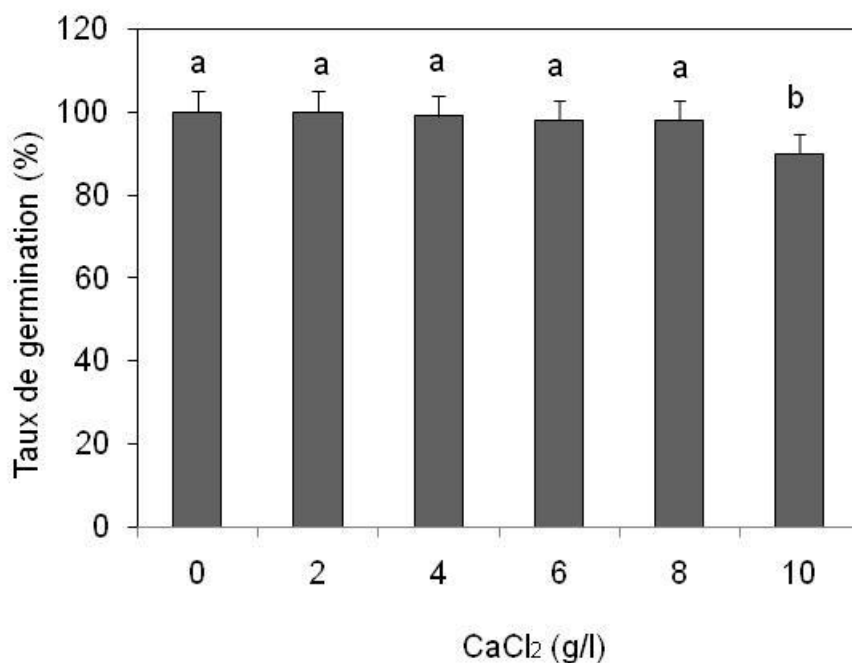


Figure 3.- Effet des doses croissantes de CaCl_2 sur le pourcentage de germination des graines d'*A. halimus* (Intervalle de confiance pour $P < 0.05$)

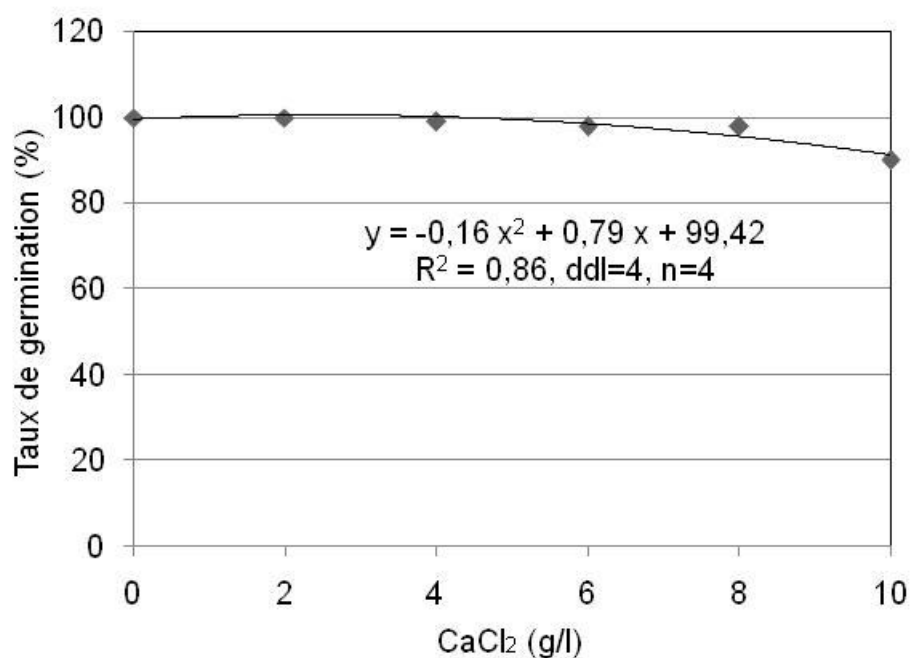


Figure 4.- Ajustement statistique entre le taux de germination des graines d'*A. halimus* et la concentration du milieu en CaCl_2

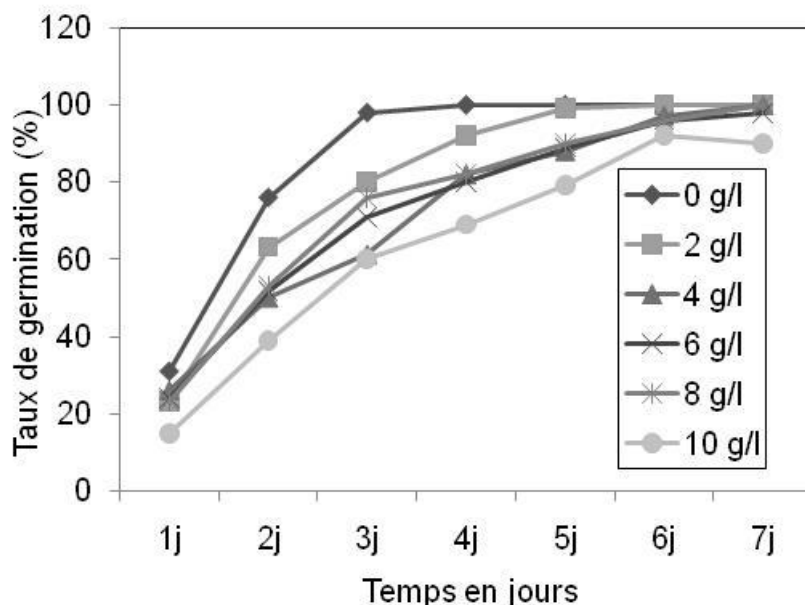


Figure 5.- Vitesse de germination des graines d'*A. halimus* en fonction du temps et en présence des doses croissantes en CaCl₂

2.2.- Matière sèche

La tolérance au sel peut être déterminée en suivant la croissance d'une manière globale par l'évolution d'un critère pondérale en fonction de la salinité du milieu. Au début de l'expérimentation, malgré le choc osmotique subi (0.324 MPa à 10 g/l CaCl₂), aucun flétrissement même temporaire n'est observé.

La figure 6, montre que l'addition de 8 g/l de CaCl₂ au milieu de culture conduit après 30 jours de culture à la croissance maximale correspond à une moyenne de 2.86 mg/plante, cette production est plus élevée que celle du témoin (1.46 mg/plante). Le passage à une concentration supérieure (10g/l CaCl₂) provoque une diminution de la quantité de matière sèche produite. Selon le test de Newman et Keuls, le sel affecte la production de la matière sèche d'une manière significative entre 8 et 10 g/l de Ca Cl₂.

3.- Discussion

Chez l'*A. halimus*, la vitesse et le taux de germination ne sont affectés qu'à partir de 10 g/l CaCl₂, le taux de germination est à l'ordre de 90%. L'augmentation des concentrations en CaCl₂ dans le milieu, diminue la vitesse de germination par rapport au témoin, mais ne semble pas affecter la capacité de germination des semences. Chez *A. amnicola* et *A. lentiformis*, la vitesse et le taux de germination ne sont affectés qu'à partir de 15g/l NaCl [5].

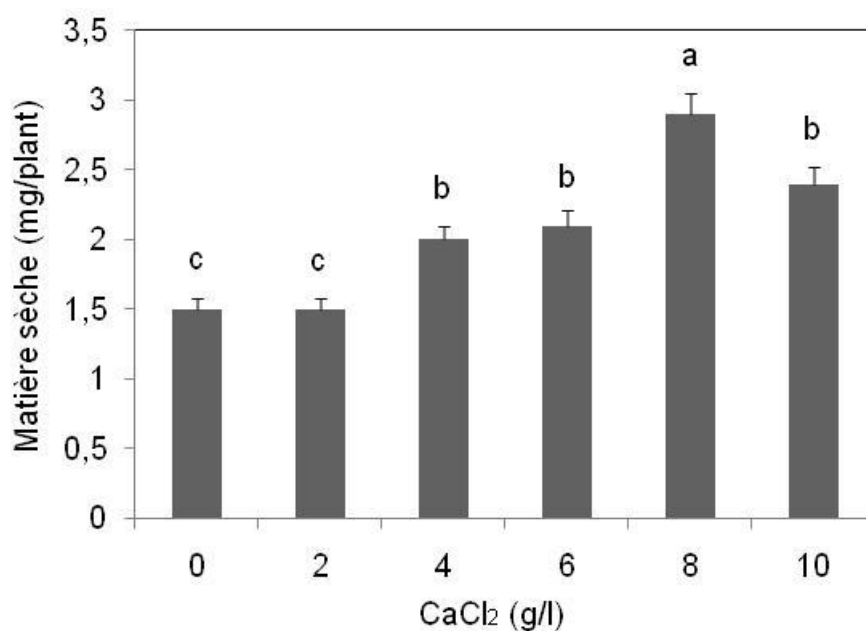


Figure 6.- Matière sèche totale en (mg/plant) des plantules d'*A. halimus* cultivées *in vivo* en présence des doses croissantes en CaCl_2 (intervalle de confiance pour $P < 0.05$)

L'étude de la croissance pendant le premier mois de vie de plantules d'*A. halimus* cultivées en présence de doses croissantes de CaCl_2 a permis de conclure que des petites variations de cet élément avec l'intervalle de 2g/l provoqueraient une augmentation de l'accumulation de la matière sèche. La valeur la plus forte a été obtenue par une concentration de 8g/l, ce n'est qu'à partir de 10g/l CaCl_2 qu'on observe une diminution de la teneur en matière sèche indiquant l'effet néfaste de l'accumulation des grandes quantités de Cl^- sur la croissance de la plante (indice de proximité de la zone de toxicité) [9]. Ce seuil de tolérance correspond à une pression osmotique de 0,324 MPa (9.01 dS/m à 25°C), soit un niveau de salinité qui n'est pas compatible avec le seuil de tolérance de la majorité des espèces végétales cultivées [10]. Bouda et Haddioui [5] ont montré que les productions maximales en matière sèche chez l'*A. nummularia* et *A. aminicola* sont obtenues avec une concentration de 10 g/l NaCl.

Ces résultats peuvent être expliqués par le rôle physiologique du calcium. En effet d'après Munns [9] est un élément majeur secondaire qui intervient dans la constitution des tissus. selon le même auteur par son action antitoxique il participe à la précipitation de certains acides organiques (acide oxalique) élaborés par les plantes, susceptible d'y produire des phénomènes de toxicité.

Conclusion

L'augmentation de la concentration en chlorure de calcium dans le milieu diminue la vitesse de germination par rapport au témoin, mais ne semble pas affecter la capacité germinative des semences (le taux de germination n'est affecté qu'à partir de 10 g/l CaCl_2). Les plantules d'*A. halimus* cultivées dans un mélange tourbe-sable en présence de CaCl_2 se comportent différemment par rapport au stade de germination, en effet pour une concentration de 8 g/l, il est observé une stimulation de la croissance des plantules. Il apparaît au vu des résultats que cette espèce, tolère des concentrations salines élevées

incompatibles avec la majorité des espèces végétales cultivées. Il peut être donc utilisée dans la protection des sols contre l'érosion, la valorisation des sols salés et pour la production fourragère dans les milieux steppiques.

Remerciements

Le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Algérien est vivement remercié (Projet CNEPRU code F02820100012).

Références bibliographiques

- [1].- Khan M. A., Duke N. C., 2001. Halophytes- A resource for the future. *Wetlands Ecology Management*, 6: 455-456.
- [2].- Nedjimi B., Daoud Y., 2006. Effect of Na₂SO₄ on the growth, water relations, proline, total soluble sugars and ion content of *Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* through in vitro culture. *Anales de Biologia*, 28: 35-43.
- [3].- Le Houérou H. N., 2000. Utilization of fodder trees and shrubs in the arid and semiarid zones of west Asia and North Africa. *Arid Soil Research Rehabilitation*, 14: 101-135.
- [4].- Nedjimi B., 2012. *Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* (Chenopodiaceae): A native species in salt steppes of Algeria – A Review. In: Lluvia Marín and Dimos Kovač (Eds.) *Native Species: Identification, Conservation and Restoration*. Nova Science Publishers, Inc. New York: 155-168.
- [5].- Bouda S., Haddioui A., 2011. Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Nature & Technologie*, 5:72-79.
- [6].- Halitim A., 1988. *Sols des régions arides d'Algérie*. Ed. O.P.U., Alger, 384p.
- [7].- Nedjimi B., Daoud Y., 2008. Influence du NaCl sur le comportement d'une espèce halophyte algérienne (*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii*). *Annales de l'Institut National Agronomique*, 29 (1 et 2): 121-135.
- [8].- Bajji M., Kinet J.M., Lutts S., 1998. Salt stress effects on roots and leaves of *Atriplex halimus* L, and their corresponding callus cultures. *Plant Science*, 137: 131-142.
- [9].- Munns R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment*, 25: 239-250.
- [10].- Mass E.V., 1990. Crop salt tolerance. *Engineering practice*, 71: 262-304.

ÉVALUATIONS PHYSICO-CHIMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE DE LA BIOMÉTHANISATION EXPÉRIMENTALE APPLIQUÉE AUX EFFLUENTS D'ÉLEVAGES INTENSIFS GÉNÉRÉS EN TUNISIE

M'SADAK Youssef* et BEN M'BAREK Abir

Département du Génie des Systèmes Horticoles et du Milieu Naturel
Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem, Université de Sousse, Tunisie

* E-mail: msadak.youssef@yahoo.fr

Résumé- La présente étude, accomplie dans des conditions en milieu tunisien, se propose d'approfondir l'analyse de certains paramètres de fonctionnement des digesteurs mis en œuvre pour traiter les déjections bovines à l'échelle expérimentale (quatre pilotes de laboratoire) en mettant l'accent notamment sur l'effet de la variation de diverses conditions physico-chimiques (température, agitation, nature du substrat,...) de la digestion anaérobie, en discontinu, sur la production quantitative gazeuse. En plus, quatre autres digesteurs expérimentaux alimentés en continu avec des fientes avicoles (différents selon leur taux de Matière Sèche) ont été suivis, pour apprécier les productivités gazeuses quantitative et qualitative. Un diagnostic physico-chimique (pH et Matière Sèche: MS) est mené tout au long du processus de fermentation (phases de démarrage et de production). Au vu des résultats, il apparaît que la productivité quantitative gazeuse, demeure moins intéressante dans le cas des digesteurs alimentés en discontinu avec les bouses bovines. La quantité produite de biogaz bovin expérimental est variable suivant les paramètres de digestion adoptés. Elle est maximale en présence de température élevée (35°C) et sous agitation mécanique du substrat introduit (substrat en mélange avec inoculum). Pour les quatre digesteurs avicoles, elle est plus importante avec l'augmentation de la concentration de la MS relevée. De même, le digesteur à 8% MS (alimenté avec les fientes avicoles), est plus performant de point de vue quantité et qualité gazeuses (teneur en méthane et pouvoir calorifique).

Mots clés: Digesteurs expérimentaux, biomasse animale, production quantitative gazeuse, composition en méthane et pouvoir calorifique.

ASSESSMENTS PHYSICO-CHEMICAL AND ENERGETIC OF THE EXPERIMENTAL BIOMETHANATION APPLIED TO INTENSIVE LIVESTOCK EFFLUENTS GENERATED IN TUNISIA

Abstract- This study, carried out in the Tunisian conditions, proposes to deepen the analysis of certain operating parameters of implemented digesters used to treat cowpat experimentally (four laboratory pilot), focusing especially on the effect of the variation of various physical and chemical conditions (temperature, agitation, nature of the substrate, ...) of the discontinuous anaerobic digestion, on the quantitative production of gas. In addition, four other experimental digesters continuously fed by poultry droppings (different depending on their rate of DM) were followed to assess the quantitative and qualitative gas productivity. A physico-chemical diagnosis (pH and Dry Matter: DM) was also undertaken throughout the fermentation process (start-up and production phases). It has been found that quantitative gas productivity is less interesting in the case of digesters discontinuously supplied with cowpat. The amount of experimental cattle biogas produced is variable according to the adopted digestion parameters. It's maximum in front of a high temperature (35°C) and mechanical agitation of the inserted substrate (substrate mixed with inoculum). For the four poultry digesters, it is more important with the increase of the raised DM concentration. Similarly, the digester at 8% of DM (supplied with poultry droppings) is more efficient in terms of quantity and quality of gas (methane content and calorific value).

Key words: Experimental digesters, animal biomass, quantitative gas production, methane composition and calorific value.

Introduction

L'idée de produire de l'énergie à partir d'effluents d'élevage paraît attirante. Les bouses de bovins et les fientes de volailles, jusqu'ici plutôt considérées comme des charges, deviendraient des matières organiques plus nobles, en tant que sources d'énergie renouvelable. Il s'agit de valoriser la Matière Organique (MO) générée par les activités agricoles, et plus particulièrement, par l'élevage, à travers l'utilisation des déjections animales en tant que substrats pour la production de biométhane de forte valeur énergétique, et par la suite, l'utilisation de la MO comme fertilisant agricole après réduction de sa charge polluante [1, 2, 3].

Le bon fonctionnement de ce type de procédé de traitement biologique anaérobie de la MO est amplement conditionné par le mode de digestion adopté et par les conditions physico-chimiques du substrat mis en fermentation, entre autres, sa nature, la température, l'agitation, le pH et la MS.

Les deux modes de digestion (en discontinu et en continu) ont été testés au niveau de quatre digesteurs expérimentaux, alimentés respectivement dans un premier temps par des bouses bovines produites par un élevage intensif de vaches laitières en étable à stabulation libre et une seconde fois par des fientes avicoles issues d'un élevage industriel de poules pondeuses. Ainsi, pour les digesteurs, supports de cette étude, un suivi de quelques paramètres physico-chimiques (pH et MS) a été établi tout le long du processus de biométhanisation (phases de démarrage et de production).

Cette étude est consacrée à l'évaluation expérimentale de la productivité gazeuse quantitative dans son ensemble (en vue de comparer le potentiel énergétique quantitatif du biogaz issu de la biomasse bovine et celui issu de la biomasse avicole), ainsi que du potentiel énergétique qualitatif du biogaz produit à partir des fientes de volailles.

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Site expérimental

Le travail engagé consiste à mettre en œuvre l'expérimentation de la biométhanisation de la biomasse animale dans huit digesteurs pilotes expérimentaux (quatre digesteurs par unité) installés au laboratoire «biogaz» (aménagé dans le cadre de la coopération tuniso-chinoise), rattaché au Centre de Formation Professionnelle Agricole en Élevage Bovin (C.F.P.A.E.B) de Sidi Thabet en Tunisie.

1.2.- Matériel expérimental

1.2.1.- Matières premières mises en fermentation

L'expérimentation porte sur des bouses fraîches produites par les vaches disponibles et des bouses bovines noires extraites de la fosse septique adoptée d'une part, et d'autre part, sur des fientes avicoles fraîches ramenées du Centre de Formation Professionnelle Agricole en Aviculture (C.F.P.A.A.) de Sidi Thabet, ainsi que sur des bouses bovines pré-fermentées (ou bouses noires) diluées utilisées comme inoculum. Les caractéristiques des matières premières testées sont données dans le tableau I.

Tableau I.- Caractéristiques des substrats utilisés

| | | Nature de l'effluent | MS (%) | pH |
|-------------------------|----------|----------------------|--------|-----|
| Expérimentation bovine | Substrat | Bouses fraîches | 31,5 | 6,5 |
| | Inoculum | Bouses noires | 9,4 | 7,2 |
| Expérimentation avicole | Substrat | Fientes avicoles | 20,9 | 8,7 |
| | Inoculum | Bouses noires | 4,0 | 7,2 |

1.2.2.- Dispositif expérimental

Pour la mise en œuvre de l'expérimentation de la biométhanisation des bouses bovines et des fientes avicoles, deux procédés de fermentation qui sont respectivement en discontinu et en continu des digesteurs pilotes, sont mis en place (photo 1).



Photo 1.- Dispositif expérimental de digestion adopté

Les quatre premiers digesteurs adoptés, différents de point de vue paramètres de fonctionnement, servent pour le suivi des paramètres physico-chimiques et de la production quantitative du biogaz produit à partir de la biomasse bovine. Les quatre seconds digesteurs employés contiennent des fientes avicoles à différentes concentrations en MS en ayant recours à la dilution des fientes ramenées. Ils servent pour le suivi des productions gazeuses quantitative et qualitative à partir de la biomasse avicole (tab. II).

Tableau II.- Données générales sur les digesteurs testés de la biomasse animale
(+: avec, -: sans)

| | Digesteur | Substrats utilisés | Température (°C) | Agitation |
|-------------------------|------------------|--|------------------|-----------|
| Expérimentation bovine | Expérimental I | Bouse fraîche | 25 | - |
| | Expérimental II | Bouses fraîche et noire | | - |
| | Expérimental III | Bouse fraîche | 35 | - |
| | Expérimental IV | | | + |
| Expérimentation avicole | Expérimental I | Substrat: Fientes avicoles à respectivement 3, 6, 8 et 16% de MS. Inoculum: Bouses bovines fraîches | 35 | + |
| | Expérimental II | | | |
| | Expérimental III | | | |
| | Expérimental IV | | | |

1.2.3.- Phases de remplissage des digesteurs et de démarrage de la fermentation

Le démarrage de la fermentation anaérobie est une phase critique dans la production du biogaz, donc elle doit être bien soignée afin que le processus débute le plus rapidement possible. Il existe deux procédés de fermentation anaérobie auxquels correspondent deux types fondamentaux de digesteurs. Pour le digesteur de type discontinu, la production de biogaz est discontinue. Le digesteur est dit continu lorsqu'il est alimenté régulièrement en cours de fermentation avec un substrat liquide, la production de biogaz est alors continue [4]. La biométhanisation expérimentale en discontinu exige ainsi un seul apport en substrat, inoculum et eau au début du processus. Une fois le remplissage réalisé, le digesteur doit être étanche pour assurer l'anaérobiose ainsi que le bon déroulement de la fermentation.

Pour la biométhanisation en continu, les quantités de fientes introduites et évacuées quotidiennement sont de 45 ml pour chaque digesteur. Il est procédé à une extraction quotidienne de fientes digérées suivie de l'introduction du même volume, et ceci jusqu'à ce que la totalité du contenu du digesteur sera renouvelé. Après la phase de démarrage de 10 jours, la quantité d'inoculum a été complètement extraite suite au renouvellement quotidien réalisé. À ce stade, l'alimentation-extraction porte uniquement sur les fientes fraîches.

1.3.- Suivi expérimental

Pour chaque digesteur, le suivi concerne plusieurs paramètres physico-chimiques et énergétiques pendant une période variable d'une à quatre semaines en fonction des performances de digestion.

Pour la quantification, un bac rempli d'eau dans lequel sont installés des béchers gradués pour récupérer le gaz produit, est utilisé. Le gaz évacue l'eau et prend sa place, d'où une lecture directe de la quantité produite à partir des graduations. Le prélèvement de biogaz s'effectue en faisant appel à un système simple basé sur des prises d'échantillons dans des vessies de ballon (photo 1). Pour l'analyse de la composition gazeuse, nous avons eu recours à la technique de Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG). Les composants déterminés par cette méthode sont les suivants : les pourcentages en CH₄, en CO₂, en H₂S et en H₂. Pour déterminer le potentiel énergétique, il convient d'estimer les valeurs

inférieure (PCI) et supérieure (PCS) du pouvoir calorifique, exprimées en kcal/Nm³.

2.- Résultats et discussion

2.1.- Suivi de l'évolution du pH lors des expérimentations mises en œuvre

2.1.1.- Importance de l'étude du paramètre pH

Il est admis que le pH est un indicateur du mauvais fonctionnement éventuel d'un digesteur. S'il est au-dessous de 6,5, l'ajout de la chaux ou du bicarbonate de sodium corrige cette anomalie [5]. Pour un pH au-dessus de 8,5, le biogaz sera riche en H₂S [6]. Son optimum pour la digestion anaérobie se situe autour de la neutralité, il est de 6,8 à 7,5. Si la valeur du pH est inférieure à 6,5 ou supérieure à 7,5, les bactéries seront alors inhibées [7].

2.1.2.- Suivi du pH au niveau de l'expérimentation bovine

La figure 1 illustre les différentes courbes d'évolution du pH au niveau des quatre digesteurs expérimentaux alimentés en discontinu, tout en montrant l'incidence comparée de certains paramètres physico-chimiques (inoculum, agitation et température) sur le pH relevé.

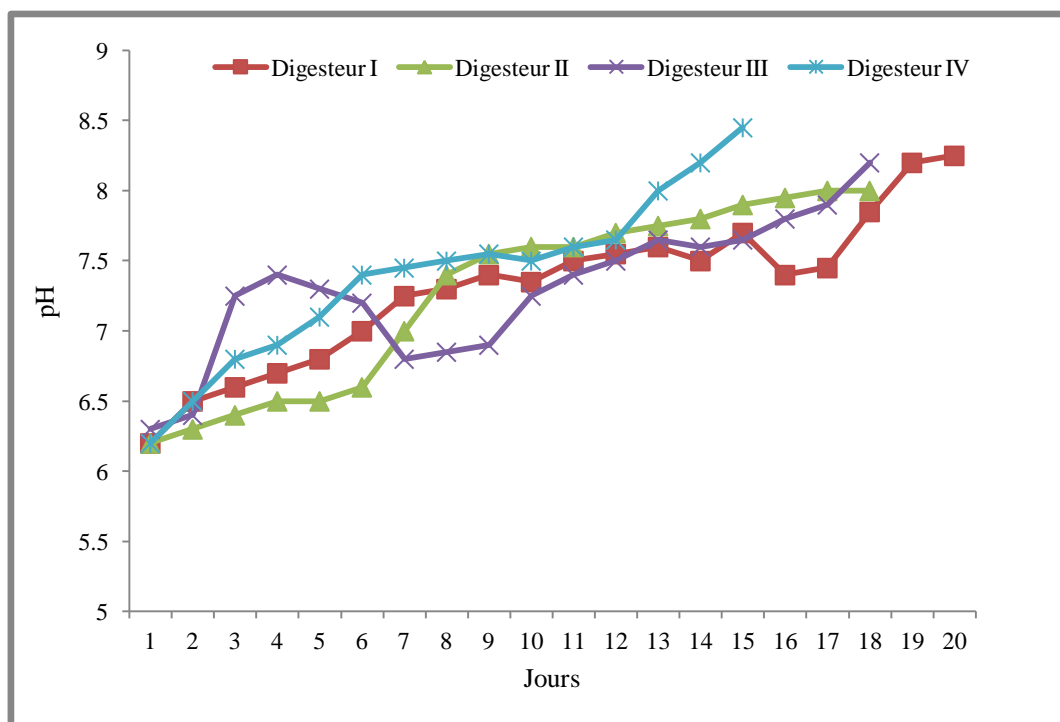


Figure 1.- Évolution du pH au cours du temps dans les différents digesteurs expérimentaux bovins

Il apparaît que l'ajout de l'inoculum n'a pas beaucoup d'influence sur l'évolution du pH des digesteurs I et II, respectivement sans ou avec inoculum, qui présentent presque un même comportement tout au long de la phase de démarrage. Cette phase de démarrage est indispensable pour la constitution des populations bactériennes qui interviennent dans la fermentation, et assurent une marge de pH permettant la production de biogaz.

De même, l'agitation mécanique a un effet considérable sur l'évolution du pH et sur le processus de fermentation (digesteurs III non agité et IV agité). En comparant la productivité des digesteurs I et III, la température semble avoir un effet appréciable sur l'élévation du pH.

2.1.3.- Suivi du pH au niveau de l'expérimentation avicole

2.1.3.1.- Phase de démarrage

L'étude de la phase de démarrage est de rechercher l'adaptation des bactéries méthanogènes de bouses noires de vaches à leur nouveau milieu fermentaire (fientes avicoles à digérer). La figure 2 montre les variations du pH au cours de la phase de démarrage limitée à 10 jours, au niveau des quatre digesteurs.

Au vu des résultats, seul le digesteur I présente des valeurs de pH proches de la valeur optimale s'ajustant autour de la neutralité, alors que les autres digesteurs ont présenté des valeurs de pH dépassant, dans la plupart des cas, la valeur seuil de production de gaz qui est de 7,5 [7]. Ceci peut s'expliquer par la quantité importante d'eau distillée présente dans le digesteur I, ou par la faible quantité de matières à digérer. Pour les autres digesteurs, il est constaté dans l'ensemble, que plus la concentration en MS des fientes introduites est importante, plus la valeur du pH a tendance à s'élever, vu la valeur basique du pH des fientes avicoles humides.

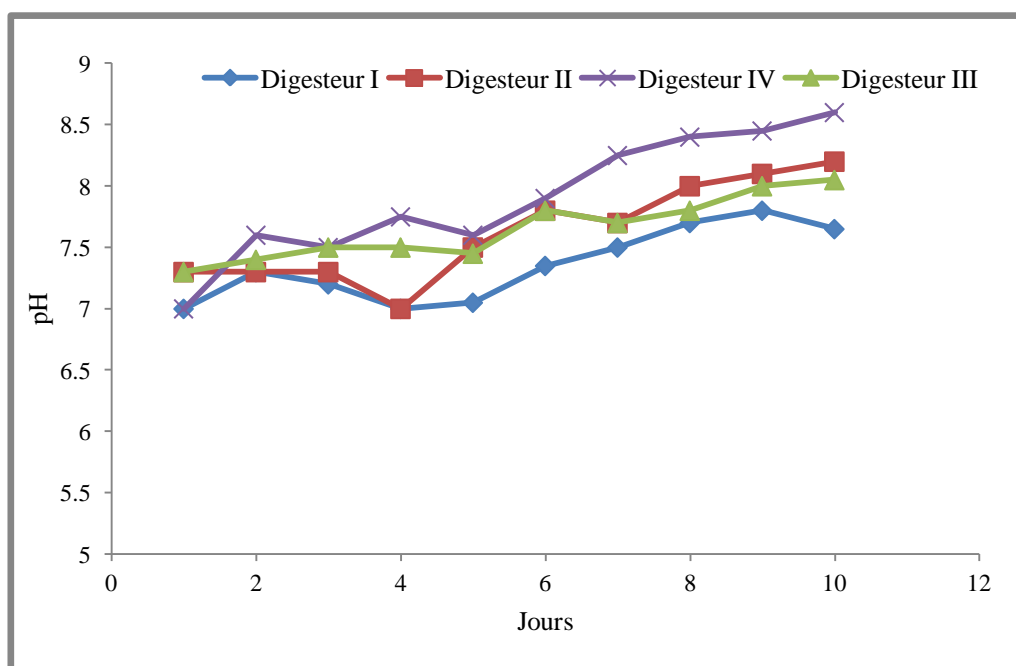


Figure 2.- Evolution du pH à la phase de démarrage (digesteurs avicoles)

2.1.3.2.- Phase de production gazeuse

Durant cette phase la production au niveau du digesteur I (fig. 3) s'est limitée aux 10 premiers jours et les valeurs de pH étaient comprises entre 7 et 7,5, valeurs répondant aux normes de production de biogaz établies par ROQUES (1981) [7]. L'expérimentation à

ce stade généralement de montée en production, s'est arrêtée, en raison de l'insuffisance de la quantité gazeuse produite.

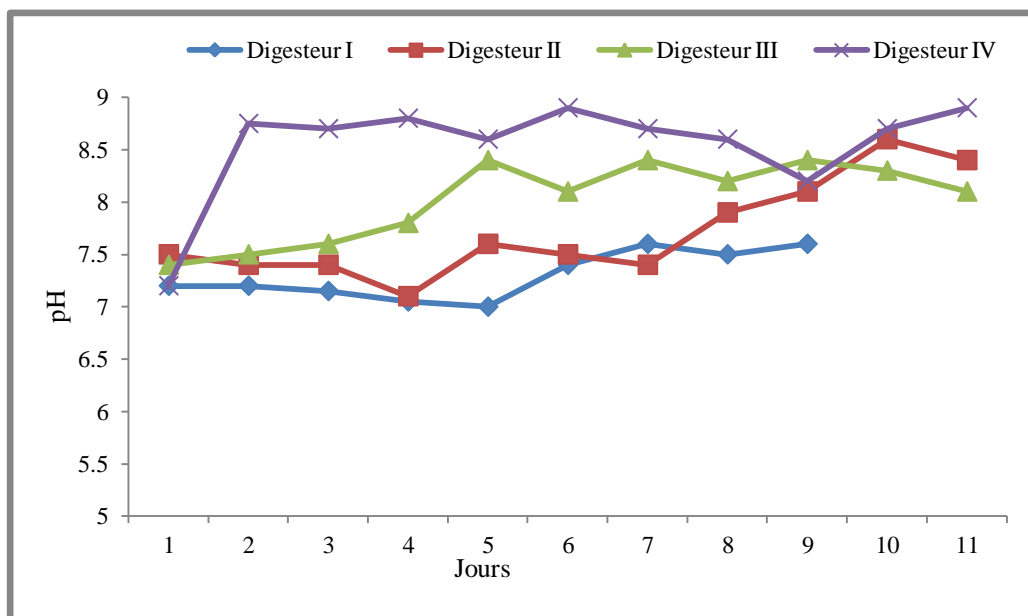


Figure 3.- Évolution du pH au cours de la phase de production gazeuse (digesteurs avicoles)

L'évolution du pH au niveau des digesteurs II et III, est constamment croissante avec un léger décalage des deux courbes à partir du 4^{ème} jour, car la quantité de fientes fraîches ajoutée chaque jour est plus élevée pour le digesteur III que celle pour le digesteur II. Quant au digesteur IV, les valeurs du pH sont nettement élevées, ce qui explique la faible quantité produite de biogaz par ce digesteur à ce stade. Après quelques jours, le suivi de ce digesteur n'est plus intéressant, en raison de la faible quantité de gaz produite, ne pouvant pas suffire pour une analyse gazeuse qualitative.

2.2.- Détermination de la MS lors des expérimentations mises en œuvre

2.2.1.- Suivi de la variation de la MS au niveau de l'expérimentation bovine

D'après les résultats obtenus, il est à noter que les pourcentages de MS semblent similaires au niveau des digesteurs I (15,8%) et IV (15,3%). La valeur la plus élevée de MS a été enregistrée dans le cas du digesteur III (16,6%) et celle la plus faible chez le digesteur II (13,6%). A ce propos, il convient de rappeler que l'objectif essentiel recherché lors de l'expérimentation mise en œuvre était la variation de certains facteurs (inoculum, agitation, température) pour évaluer leur impact sur la productivité gazeuse, tout en ajustant autant que possible d'autres facteurs (pH et %MS) afin d'établir des conditions expérimentales comparables.

2.2.2.- Suivi de l'évolution de la MS au niveau de l'expérimentation avicole

D'après les résultats acquis, les valeurs de MS semblent stables, et ne varient dans le temps ou les légères variations enregistrées sont négligeables, d'où le bon déroulement du processus de fermentation.

2.3.- Évaluation des performances énergétiques quantitatives des digesteurs mis en œuvre

2.3.1.- Suivi quantitatif de la productivité gazeuse au cours de l'expérimentation bovine

La production de gaz au niveau des digesteurs (fig. 4), débute après la phase de démarrage avec des quantités croissantes pour atteindre un niveau de production maximum. Puis elle chute rapidement. L'entrée en production de biogaz pour le digesteur II débute dès que la valeur limite inférieure de pH convenable pour la production de biogaz est atteinte. Contrairement, dans le cas du digesteur I, la phase de démarrage présente des valeurs de pH convenables pour la production de biogaz, mais il n'y a de biogaz produit que le 7^{ème} jour. Ce résultat peut être probablement dû à la durée de la phase d'initiation des populations bactériennes en jeu. L'entrée rapide en production du digesteur II est due à la présence de bouse noire qui a garanti l'existence des populations bactériennes et qui a favorisé une quantité totale de production un peu plus élevée en sa faveur.

L'effet considérable de l'agitation dans un digesteur est dû au fait qu'elle favorise l'approvisionnement des bactéries en substances nutritives et leur action de digestion au niveau du substrat frais, nouvellement introduit. Elle a induit une rapidité et une efficacité du processus de production au niveau du digesteur IV agité. Pour le suivi de l'effet de l'augmentation de la température sur le déroulement du processus de production de biogaz, il peut être apprécié en comparant les courbes d'évolution de la productivité de deux digesteurs I et III. Plus la température est élevée, plus la productivité gazeuse est importante et le processus de production est rapide.

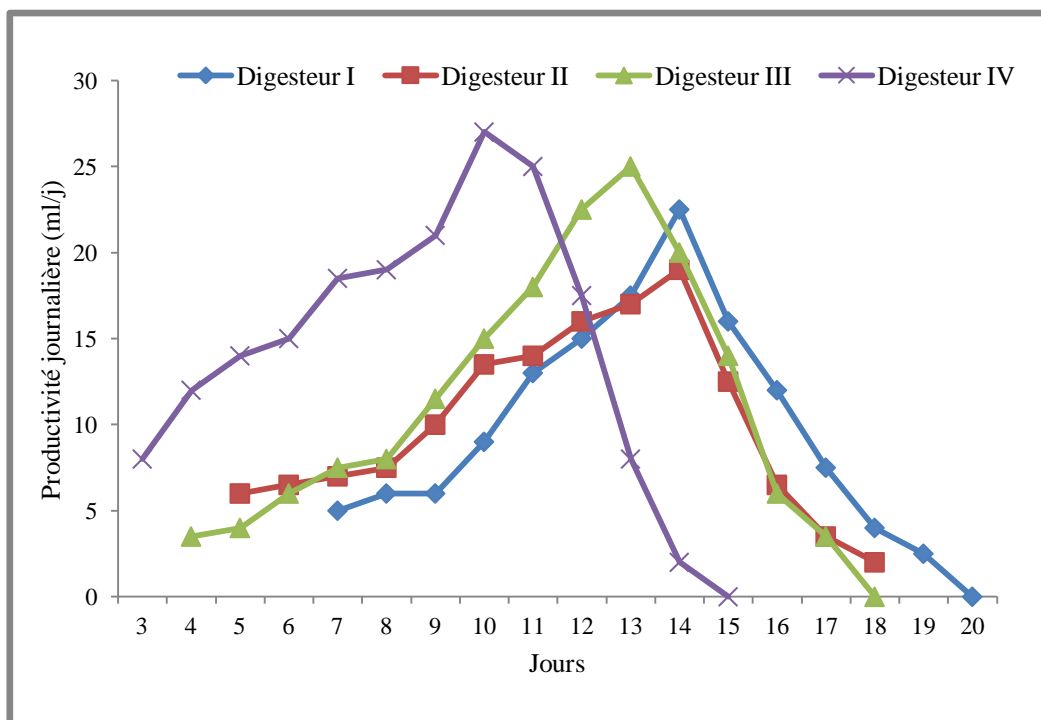


Figure 4.- Évolution de la production gazeuse bovine au cours du temps

2.3.2.- Suivi quantitatif de la productivité gazeuse au cours de l'expérimentation avicole

La figure 5 présente les courbes de production du biogaz relevées pour les trois digesteurs avicoles fonctionnels.

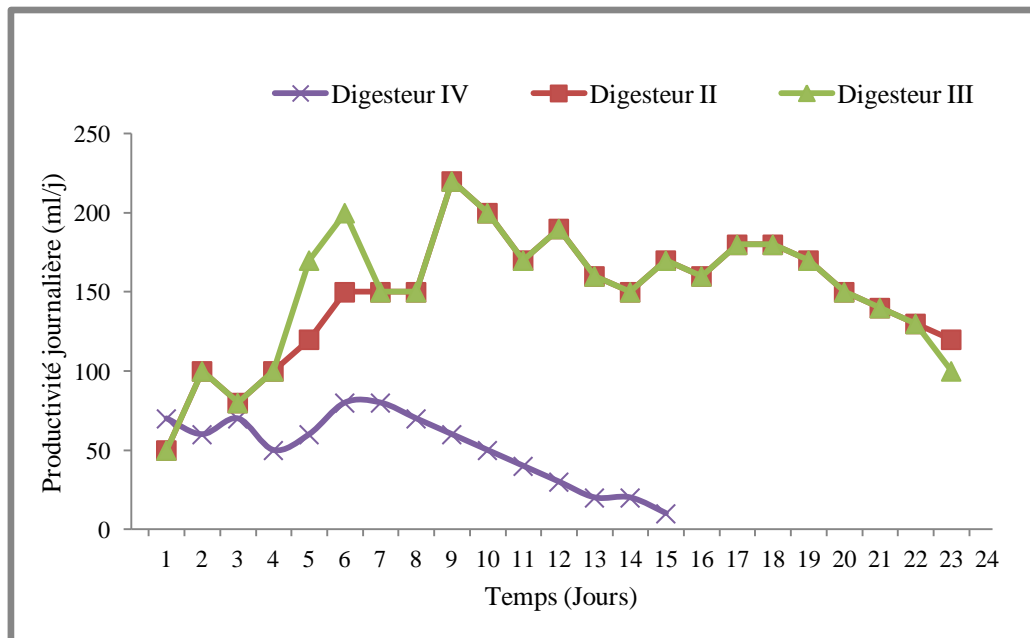


Figure 5.- Évolution du volume de biogaz produit au niveau des digesteurs avicoles

Les résultats des digesteurs II et III, laissent remarquer comme cité dans la bibliographie, une évolution de la production de biogaz avec l'augmentation de la concentration en MS [8]. Selon AKROUT [8], la concentration en MS des fientes de volailles dans un digesteur ne peut pas dépasser 10%, car au-delà de cette valeur, la matière est dense et entraîne l'arrêt de la fermentation méthanique. Dans le digesteur IV la valeur moyenne de la production journalière reste très faible. L'explication semble provenir de l'accumulation de la matière mise en fermentation dans ce digesteur, occasionnant le bouchage, dès la première semaine de l'alimentation avec les fientes et la chute de la production de biogaz dans le temps.

2.4.- Évaluation des performances énergétiques qualitatives de l'expérimentation avicole

2.4.1.- Composition gazeuse

Les analyses de la composition du biogaz avicole produit, sont effectuées au niveau des digesteurs II et III qui semblent plus les performants (tab. III). Le pourcentage de méthane (CH_4) du biogaz produit s'élève généralement avec l'augmentation de la concentration en MS. Le pourcentage de CO_2 , s'est élevé aussi avec l'augmentation de la concentration en MS, ceci est expliqué par la dissolution de l'ammoniac sous forme d'ammoniaque, élevant ainsi la valeur du pH. Le pourcentage de H_2S , diminue avec l'élévation de la concentration en MS dans les conditions expérimentales adoptées. Il convient de signaler que ce paramètre est généralement moins élevé que celui relevé [9].

Tableau III.- Expression des résultats de la composition du biogaz avicole produit

| Digesteur | CH₄ (%) | CO₂ (%) | H₂S (%) |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Expérimental avicole II | 63,28 | 20,00 | 16,18 |
| Expérimental avicole III | 63,40 | 30,00 | 5,89 |

2.4.2.- Pouvoir calorifique

Les résultats énergétiques au niveau des deux digesteurs II et III, sont consignés dans le tableau IV. Il est noté une légère augmentation des PC en fonction de la concentration en MS. Les relevées sont conformes à celles indiquées par MONZAMBE (2002) [9] qui proclame une fourchette comprise généralement entre 5000 et 8500 kcal/Nm³, sans préciser une limite.

Tableau IV.- Résultats relatifs aux pouvoirs calorifiques du biogaz avicole produit

| Digesteur | PCI (kcal/Nm³) | PCS (kcal/Nm³) |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Expérimental avicole II | 5394 | 6011 |
| Expérimental avicole III | 5429 | 6045 |

Conclusion

Les résultats de cette étude, relative à la biométhanisation expérimentale appliquée à la biomasse animale produite en Tunisie, ont montré particulièrement que les performances énergétiques d'un digesteur alimenté en discontinu ou en continu, dépendent notamment de la nature des matières mises en fermentation (bouses bovines ou fientes de volailles), de l'agitation du substrat, de la température maintenue au cours de la digestion anaérobie, mais aussi de l'ajustement du pH et du taux de la MS introduite.

La biomasse avicole utilisée pour produire du biogaz s'est révélée, dans les conditions expérimentales adoptées, plus performante que la biomasse bovine.

Remerciements

Nous remercions vivement tous les organismes engagés dans la présente étude qui n'a été réalisable que grâce à la contribution du Centre de Formation Professionnelle Agricole en Elevage Bovin (CFPAEB) de Sidi Thabet (Tunisie) qui a mis à notre disposition respectivement les digesteurs expérimentaux et le laboratoire «biogaz» (analyses physico-chimiques). Nos remerciements vont également à la Société Tunisienne des Industries de Raffinage (STIR) de Bizerte qui a contribué par ses moyens (personnel et appareillage spécialisé) à la réalisation des analyses qualitatives du biogaz produit (composition et pouvoir calorifique).

Références bibliographiques

- [1].- Angelidaki I., Ellegaard L., 2003.- Codigestion of manure and organic wastes in centralized biogas plants. *Appl. Biochem. Biotech.*, vol. 109: 95-105.
- [2].- Macias-Corral M., Samani Z., Hanson A., Smith G., Funk P., Yu H., Longworth J., 2008.- Anaerobic digestion of municipal solid waste and agricultural waste and the effect

of co-digestion with dairy cow manure. *Bioresource Technology*, vol. 99: 8288-8293.

[3].- Schievano A., Pognani M., D'Imporzano G., Adani F., 2008.- Predicting anaerobic biogasification potential of ingestates and digestates of a full-scale biogas plant using chemical and biological parameters. *Bioresource Technology*: 8112-8117.

[4].- Almoustapha O., Millogo-Rasolodimby J., 2009.- Production de biogaz et de compost à partir de *eichhornia crassipes*, (*mart*) *solms-laub* (*pontederiaceae*) pour un développement durable en Afrique sahélienne. *Revue Vertigo*, vol. 7 (2), 6 p.

[5].- Ghaly A., Pyke J., 1991.- Amelioration of methane yield in cheese whey fermentation by controlling the pH of the methanogenic stage. *Applied Biochemistry and biotechnology*, vol. 27 (1): 217-237.

[6].- Graieb M., 1988.- Étude et réalisation d'une installation de méthanisation avec chauffage. Mémoire de Spécialisation, Institut National Agronomique de Tunis, Tunisie, 90 p.

[7].- Roques H., 1981.- Fondements théoriques du traitement biologique des eaux. Chap. 3-6: Traitement anaérobie, *Technique et Documentation Lavoisier*, Paris: 1476-1532.

[8].- Akrouit J., 1992.- Étude énergétique de la fermentation méthanique des fientes de volailles : optimisation des facteurs influents et modélisation du système. Doctorat de spécialité, École Nationale des Ingénieurs de Tunis, Tunisie, 143 p.

[9].- Monzambe M., 2002.- La problématique de la biométhanisation en république démocratique du Congo. Université du Québec, Canada, 38 p.

EFFET DE L'INTENSITÉ DE LA CONTRAINTE HYDRIQUE SUR LA GERMINATION DE *Ziziphus lotus* (L.) LAM. DES RÉGIONS ARIDES DE LA TUNISIE

ZOUAOUI Refka^{1,2,3*}, KSONTINI Mustapha² et FERCHICHI Ali³

⁽¹⁾Faculté des Sciences, Université de Tunis El Manar, Tunisie

⁽²⁾Laboratoire d'Ecologie Forestière (écophysiologie végétale)

Institut National des Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts

Rue Hédi EL Karray El Menzah IV, 1004 Tunis BP 10 Ariana 2080, Tunisie

⁽³⁾Laboratoire d'Arboricultures et Cultures Oasiennes

Institut des Régions Arides, Médenine 4119, Tunisie

E-mail: zlotus1606@gmail.com

Résumé.- L'étude porte sur la germination de *Ziziphus lotus* (L.) Lam., sous l'effet de la contrainte, hydrique en appliquant différentes concentrations de PEG₆₀₀₀ sur des semences issues des régions arides de la Tunisie. Au vue des résultats, la germination est d'autant plus faible que le stress hydrique s'accroît. Le taux maximal de la germination est obtenu (100%) pour le témoin (0PEG) en provenance du Parc National de Bouhedma (Z₁). Par contre, les pourcentages les plus faibles sont enregistrés pour le traitement à -10 bars. La phase de latence augmente avec la contrainte hydrique, dont la plus étendue (7 jours) est notée avec -10 bars pour la provenance de Matmata (Z₃). Pour l'ensemble des traitements, il ressort que la capacité germinative varie entre les provenances et en fonction du potentiel osmotique. Il est noté une diminution de la vitesse et de la capacité germinative en parallèle avec l'augmentation du temps de latence, essentiellement au niveau des traitements -6, -8 et -10 bars.

Mots clés: *Ziziphus lotus* (L.) Lam., germination, contrainte hydrique, régions arides

EFFECT OF WATER STRESS INTENSITY ON GERMINATION OF *Ziziphus lotus* (L.) LAM FROM ARID LAND OF TUNISIA

Abstract.- Our study focuses on the germination of *Ziziphus lotus* (L.) Lam., Under water stress by applying different concentrations of PEG₆₀₀₀ on seeds from arid regions of Tunisia. We recorded that germination is even lower then water stress increases. The maximum rate of germination obtained was (100%) for the control of the National Park from Bouhedma (Z₁). while the lowest percentages were recorded for treatment (-10) bars. The lag phase increases with water stress, the most extended (7 days) is recorded with (-10) for the bars from Matmata (Z₃). For all treatments, it appears that the germination capacity varies among locations and depending on the osmotic potential. There is a decrease in the rate and germination capacity in parallel with the increase in latency mainly in treatments (-6, -8) and -10 bars.

Key words: *Ziziphus lotus* (L.) Lam., germination, water stress, arid land.

Introduction

La situation actuelle des zones arides et désertiques de la Tunisie (trois quarts de la superficie) est en recul rapide du couvert végétal naturel associé, à une érosion de la diversité biologique [1,2,3,4]. Cette décadence attribuée notamment aux conditions environnementales

stressantes, au défrichage et au surpâturage, se traduit par des effets de plus en plus néfastes sur les plans écologique (désertification) et économique. Pour cette raison, il faut améliorer le couvert végétal et résoudre les problèmes de régénération de certaines essences forestières en zones arides, en particulier *Ziziphus lotus*. Le Jujubier de Berberie [*Ziziphus lotus* (L.) Lam.], est de la famille des Rhamnacées. Cette espèce spontanée est à usage multiple. Depuis l'antiquité, elle est utilisée comme nourriture, ses fruits (nebeg) sont appréciés comme friandise et comme aliment [5]. En Tunisie, le jujubier est considéré comme plante médicinale fréquemment utilisée en médecine traditionnelle, et même dans les rites religieux [5,6]. Des travaux récents ont montré les activités anti-inflammatoires, les activités analgésiques et antispasmodiques [7,8]. Son bois est utilisé comme matériau de construction. Le jujubier est également considéré comme une espèce pastorale et fruitière appréciée par les ovins, les bovins, les camélidés et les caprins [9,10].

Cette espèce est utilisée dans la lutte contre l'ensablement (l'amélioration des sols dégradés). Elle intervient dans la fixation des substrats mobiles par l'émission de ses rameaux en dehors des sols [11]. De plus, elle constitue un abri pour les animaux (les rongeurs, les insectes et les reptiles), et permet l'installation d'une flore nitrophile. Ces caractéristiques font de *Z. lotus* un arbuste de valeur universelle aux surfaces écologiques arides et semi-aride.

Cette espèce est un buisson hémisphérique très épineux à feuilles caduques qui atteint 2-5 m de hauteur et se trouve dans les dépressions avec le sol arénacé profond. Elle se rencontre près de la Méditerranée avec une faible pénétration dans le Sahara septentrional. En Tunisie, elle s'étale jusqu'à l'extrême sud du pays et classée comme autochtone des régions arides caractérisées par un climat sévère où les saisons sèches sont très prolongées. En plus, l'action anthropique constitue une menace progressive sur le patrimoine végétal.

Concernant sa propagation, *Z. lotus* se multiplie par voie végétative (drageonnage) qui peut être un facteur limitant sa dispersion et l'occupation du milieu. C'est une espèce à faible propagation par semis (voie sexuée) [12]. Dans des conditions naturelles, sa germination est rare, voir nulle car les semis nécessitent le traitement des noyaux par les sucs digestifs des animaux. Des études récentes portant sur la germination de cette espèce, rapportent que son optimum thermique est de 35°C avec un taux de 100% [6,13]. Elle présente aussi une large amplitude thermique (entre 15 et 45°C) [14].

En plus, cet arbuste est relativement tolérant au stress hydrique en phase germinative puisque la valeur limite du potentiel hydrique permettant une germination est de -1MPa [13]. La capacité germinative et la vitesse de germination diminuent au fur et à mesure que l'intensité du stress hydrique augmente. Des essais de reprise de germination [12] ont montré que ses semences sont capables de conserver leur viabilité et d'initier la germination suite à leur transfert dans l'eau distillée après un séjour dans des solutions de PEG₆₀₀₀ à osmolarité croissante.

Des études signalent chez *Z. lotus*, une profondeur d'enterrement des graines relativement importante (4 cm) [13]. Des travaux relatifs à la dynamique de la végétation en Tunisie steppique ont mis l'accent sur l'intérêt des solutions qui doivent être recherchées pour résoudre les problèmes posés par la germination des semences [2,15], où ses caractéristiques sont fortement impliquées dans la sélection pour l'adaptation des végétaux aux conditions du

milieu [16,17]. Il convient ainsi de protéger cette espèce menacée de disparition (appartient au patrimoine génétique) et d'assurer sa meilleure multiplication afin de diminuer l'ampleur de la régression de ses aires dans les régions arides de la Tunisie. Dans ce contexte, on s'intéresse au comportement germinatif de *Z. lotus* face à la contrainte hydrique, facteur indésirable dans les régions arides.

1.- Matériel et méthodes

Il est utilisé des semences de *Z. lotus* issues de trois sites du sud tunisien (Z_1 : Parc National de Bouhedma situé dans l'aride supérieur, Z_2 : Médenine représentant l'aride inférieur et Z_3 : Matmata dans le saharien supérieur tunisien) (tab. I).

Tableau I.- Détails des conditions climatiques des trois provenances de *Z. lotus* des régions aride de Tunisie

| Stations | Sites | Bioclimats | Variantes |
|-----------------------------------|-------------|--------------------|------------|
| Z_1 : Parc National de Bouhedma | Sidi bouzid | Aride supérieur | Hiver doux |
| Z_2 : Amra 8 km de Médenine | Médenine | Aride inférieur | Hiver doux |
| Z_3 : Matmata | Gabes | Saharien supérieur | - |

Comme pour le reste de la région aride, la superficie du Parc National de Bouhedma (Z_1) est caractérisée par une irrégularité spatio-temporelle des pluies qui dépassent rarement 100 mm/an. Ces dernières tombent essentiellement durant l'hiver (décembre, janvier) avec une moyenne annuelle comprise entre 100 et 200 mm [18] et un maximum de 300-320 mm au sommet de Djebel, la zone du Borj devant recevoir 180-200 mm/an [19]. La température moyenne annuelle enregistrée à Bouhedma est d'environ 17,2°C, tandis que la moyenne des maxima des mois les plus chauds (juillet, août) est de 36,2°C, et la moyenne des minima des mois les plus froids (décembre, janvier) est de 3,8°C [18,10]. D'après Belhaj Kacem *et al.* (1994) [20], en été, la température grimpe à 45°C à l'ombre et en hiver, pendant les nuits claires, elle peut descendre en dessous de 0°C.

La zone de Médenine (Z_2) est aride avec un climat typiquement méditerranéen, caractérisé par des précipitations irrégulières et une période estivale sèche et dure. La précipitation annuelle est d'environ 186 mm et la température moyenne annuelle est de 19,4°C avec une température minimale de 3,9°C en janvier et 35,9°C au plus en août.

Les semences de *Z. lotus* sont stérilisées à l'eau de javel. Il est effectué un stress hydrique en utilisant une solution contenant différentes concentrations de PEG₆₀₀₀ (Polyéthyléneglycol: HOCCH₂ (OCH₂CH₂) qui est un agent osmotique relativement stable, inerte bien soluble dans l'eau et non toxique. Les différentes solutions sont préparées suivant 6 niveaux de potentiel hydrique (0, -2, -4, -6, -8 et -10 bars), obtenus selon la formule de l'équation de Mickel et Kaufman (1973)[21]:

$$\Psi_h = - (1.118 \cdot 10^{-2}) C - (1.118 \cdot 10^{-4}) C^2 + (2.67 \cdot 10^{-4}) CT + (18.39 \cdot 10^{-7}) C^2 T$$

Ψ_h : Potentiel hydrique (bar)

T: Temps d'incubation (°C),

C: Concentration de PEG ajoutée à la solution correspondant aux différents potentiels hydriques recherchés.

L'étude est effectuée en conditions contrôlées dans une chambre de culture. La température est maintenue constante (30°C = température optimale) à l'obscurité totale. Chaque essai est réalisé sur 100 semences, réparties en 5 répétitions de 20 graines chacune.

Le suivi de la germination est réalisé sur une période de 3 semaines en relevant le nombre de graines germées du semis à la fin de l'expérimentation, ce qui constitue la cinétique de germination. Ces relevés ont également permis de calculer la capacité germinative (CG) qui est le pourcentage des semences capables de germer dans des conditions d'expérimentation bien définies [22, 23]. C'est aussi le taux maximal de germination en pourcentage.

$$CG = NGG / NGT * 100$$

NGG: nombre de graines germées

NGT: nombre total de graines

Délai de germination: le temps nécessaire à la manifestation de la germination ou phase de latence [22].

La vitesse de germination: elle s'exprime par le coefficient de Vitesse de Kotowski.

$$CV = \left(\frac{\sum ni}{\sum (ni + nj)} \right) x 100$$

ni est le nombre de semences germées par jour,

ji, et ji : nombre de jours après l'ensemencement.

$$\text{Temps moyen de germination: } TMG = \frac{1}{CV} x 100$$

Le seuil critique de germination désigne le seuil critique de la contrainte hydrique, c'est la concentration du PEG₆₀₀₀ à partir de laquelle aucune germination n'est possible. Cette valeur, se détermine à partir de la régression linéaire entre le taux final de germination et la concentration en PEG₆₀₀₀ du milieu de culture.

Le traitement statistique des résultats est réalisé grâce au logiciel SPSS [24]. L'ensemble des mesures a fait l'objet d'une analyse de la variance (ANOVA) pour examiner l'effet de la contrainte de l'eau et l'effet provenance sur les paramètres de la germination. Elle est complétée par le test de Duncan ($\alpha=0.05\%$) qui a permis de faire une comparaison des provenances

2.- Résultats

2.1.- Influence de la contrainte hydrique sur la cinétique de la germination

La cinétique de la germination en conditions de stress osmotique est présentée par la figure 1.

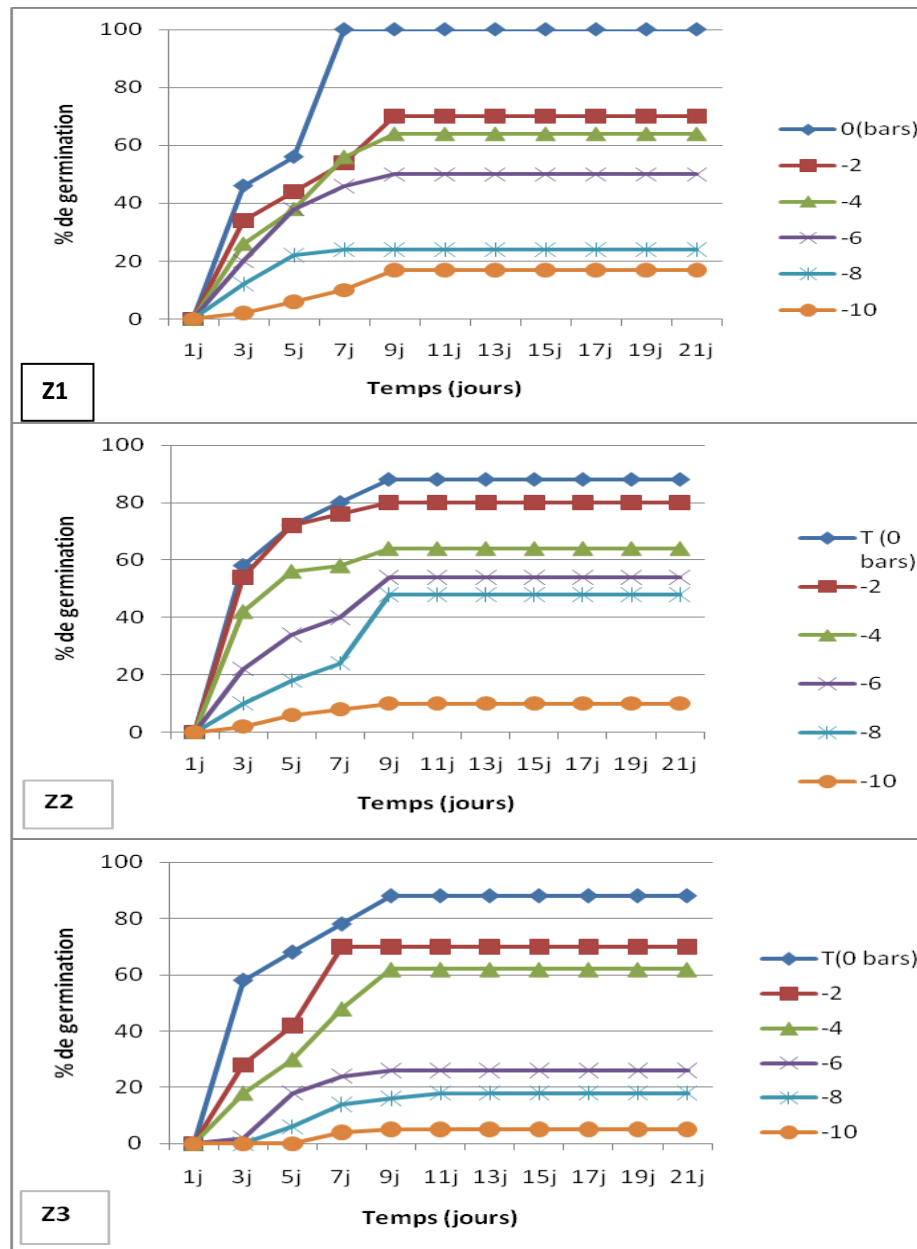


Figure 1.- Evolution de la capacité germinative cumulée des semences de *Z. lotus* (provenances Z₁, Z₂ et Z₃) à différents niveaux de la contrainte hydrique (n=5)

Pour le témoin, les courbes de cinétique de germination affichent les trois phases classiques de la germination: latence, accélération exponentielle et enfin palier correspondant

à un arrêt de germination après avoir atteint la capacité germinative maximale. L'effet dépressif du déficit hydrique sur la germination se manifeste au cours de l'une ou de l'ensemble de ces trois phases, selon le degré d'abaissement du potentiel hydrique et la provenance étudiée. Il se traduit par un ralentissement de la vitesse visible dès le traitement -2 bars et qui s'accroît par la suite. La phase de latence la plus étendue (5 jours) est obtenue à -10 bars pour Z_3 et de 3 jours pour Z_1 et Z_2 .

L'analyse de la variance a permis de révéler un effet provenance et un effet traitement hautement significatif (tab. II).

Tableau II.- Effets de la contrainte hydrique sur la vitesse, la capacité germinative et le temps moyen de la germination des provenances de *Z. lotus* (**: effet hautement significatif; ***: effet très hautement significatif et NS: effet non significatif)

| | Sources de variations | DL | Somme des carrés | Carré moyen | F | Pr |
|-------------------------------|-----------------------|----|------------------|-------------|-------|----------|
| Vitesse de germination | Provenance (Pro) | 2 | 250,8 | 125,4 | 5,89 | 0,004** |
| | Traitement (Trt) | 5 | 1470 | 294 | 13,81 | 0,000** |
| | Interaction : Pro*Trt | 10 | 671,8 | 67,2 | 3,16 | 0,002** |
| | Erreur | 72 | 1532,8 | 21,3 | | |
| | Total | 89 | 3925,4 | | | |
| Capacité germinative | Provenance (Pro) | 2 | 2682 | 1341 | 9,45 | 0,000*** |
| | Traitement (Trt) | 5 | 65973 | 13195 | 92,96 | 0,000*** |
| | Interaction : Pro*Trt | 10 | 3415 | 342 | 2,41 | 0,016** |
| | Erreur | 72 | 10220 | 142 | | |
| | Total | 89 | 82290 | | | |
| Temps moyen de la germination | Provenance (Pro) | 2 | 5,67 | 2,83 | 1,07 | 0,348NS |
| | Traitement (Trt) | 5 | 21,79 | 4,36 | 1,65 | 0,158 NS |
| | Interaction : Pro*Trt | 10 | 75,62 | 7,56 | 2,86 | 0,005** |
| | Erreur | 72 | 190,46 | 2,65 | | |
| | Total | 89 | 293,54 | | | |

Le test de DUNCAN pour la comparaison de la vitesse de la germination (CV) discrimine 4 groupes homogènes : G_1 A= 0 bars (témoin), G_2 AB= -2, -4 et -6 bars ; G_3 B=-8 bars et G_4 C : -10 bars (tab. III).

2.2.- Capacité germinative

Le taux maximal de la germination des graines de *Z. lotus* est enregistré chez les témoins des provenances Z_1 (100%) et Z_2 , Z_3 (88%). La capacité germinative est

considérablement affectée et réduite par le stress hydrique (fig. 1).

Il se constate que dès l'application de -2 bars, la capacité germinative est significativement réduite. Elle dépasse les 50% à partir de -4 bars pour Z_1 et Z_3 , et à partir de -6 bars pour Z_2 .

L'analyse de la variance montre que l'effet provenance est très hautement significatif au seuil de 5% (tab. II). Un effet très hautement significatif de l'effet de traitement sur la germination a également pu être mis en évidence au sein de la même provenance.

Le test de DUNCAN à 5% pour la comparaison des moyennes du taux final de la germination discrimine 5 groupes homogènes selon l'ordre décroissant du potentiel hydrique (tab. III) : G_1 A=0 bars (témoin) ; G_2 B= -2 et -4 bars ; G_3 C : -6 bars ; G_4 D = -8 bars et G_5 E= -10 bars.

Tableau III.- Effets de la contrainte hydrique sur la vitesse (CV), la capacité germinative (CG) et le temps moyen de la germination (TMG) des provenances de *Z. lotus* ()

| Traitements (bars) | Groupements | | |
|--------------------|-------------|----|-----|
| | CV | CG | TMG |
| Témoin (0) | A | A | A |
| -2 | AB | B | A |
| -4 | AB | B | A |
| -6 | AB | C | A |
| -8 | B | D | A |
| -10 | C | E | A |

Les moyennes qui ne sont pas suivies de la même lettre, sont significativement différentes au seuil de risque de 5%

2.3.- Seuil critique de germination

Le seuil critique est déterminé à partir de la régression linéaire entre le taux final de germination et le potentiel hydrique du milieu de culture qui est représenté par la figure 2.

Les seuils critiques des trois provenances étudiées sont proches: -11 pour Z_1 , -12 pour Z_2 et -10 pour Z_3 . La germination des semences des provenances de *Z. lotus* est théoriquement inhibée à partir de ces trois niveaux de contrainte osmotique.

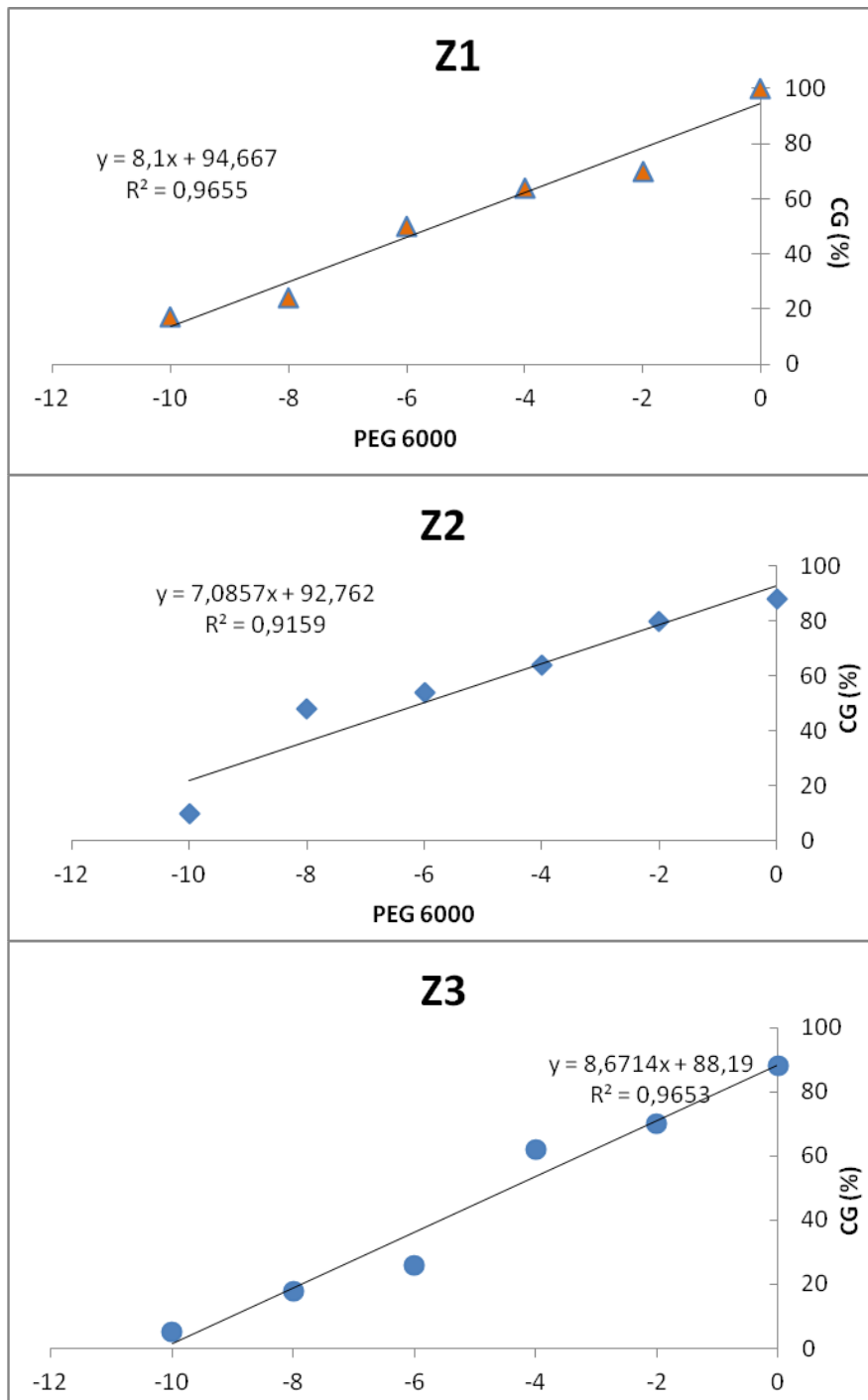


Figure 2.- Droite de régression linéaire mettant en relation le taux final de germination des semences des provenances de *Z. lotus* (Z_1 , Z_2 et Z_3) et le potentiel hydrique du milieu (le seuil critique de la germination est la valeur de x pour y = 0)

2.4.- Influence du stress hydrique sur le taux et le temps moyen de germination (TMG)

Pour mieux cerner l'effet du stress hydrique sur la germination des provenances de *Ziziphus lotus*, on a mis en évidence la relation entre temps moyen de germination (TMG) et la capacité germinative (CG).

En effet, chez Z_1 , un potentiel hydrique de -2 bars entraîne une baisse de la capacité germinative de 30%. Cette diminution devient importante à -8 bars (76%), et encore plus accentuée à -10 bars (83%).

Alors que pour Z_2 , un potentiel de -2 bars entraîne une réduction de 20% de la capacité germinative. Cette réduction augmente (52%) à -8 bars et atteint (90%) à -10 bars.

Pour Z_3 , un potentiel de -2 bars entraîne une diminution de l'ordre de 30%, et atteint 82% à -8 et 95% à -10 bars, donc, la provenance Z_3 est plus sensible au stade germinatif comparé à Z_2 et Z_1 .

Les résultats obtenus pour le TMG de Z_1 varient de ≈ 5 à 7 jours, respectivement pour 0 et -10 bars. Pour Z_2 et Z_3 , il varie de ≈ 4 à 7 jours respectivement pour -2 et -8 bars, donc l'abaissement du potentiel hydrique entraîne une augmentation du temps moyen de germination.

La comparaison des trois provenances de *Z. lotus* face à la contrainte hydrique montre que Z_1 est la provenance la plus performante (tolérante) pour la majorité des traitements (fig. 3).

Le temps moyen de la germination n'est affecté que très peu par la contrainte hydrique. L'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas d'effet significatif ni population ni traitement, mais l'interaction entre les deux facteurs a mentionné un effet hautement significatif (tab. II).

3.- Discussion

La capacité germinative la plus élevée des trois provenances est notée chez les témoins dominés par Z_1 . Ce comportement classique est une caractéristique générale de toutes les espèces végétales. Les graines des différentes provenances étudiées présentent des comportements variés vis à vis du stress hydrique au moment de leur germination. Ce stade est considéré comme une étape très cruciale du cycle de développement de la plante, surtout qu'elle est imprévisible dans le temps.

Au vu des résultats, il apparaît que la contrainte agit sur la capacité germinative des différentes provenances de *Z. lotus* à partir d'un potentiel hydrique de -4 bars. Cependant, un potentiel hydrique de -6 bars entraîne une diminution importante atteignant 50, 46 et 74%. Cette réduction s'accroît à -10 bars et arrive à 83, 90 et 95%, respectivement pour Z_1 , Z_2 et Z_3 . La capacité germinative des semences de *Z. lotus* diminue progressivement avec la contrainte hydrique ou la provenance Z_3 est la plus affectée, donc la plus sensible, à degré moindre Z_2 et Z_1 . Ce comportement peut alors constituer un mécanisme d'adaptation aux

conditions écologiques du milieu aride, caractérisé par des températures relativement élevées et essentiellement à la sécheresse. Les semences collectées du Parc National de Bouhedma (Z_1) possède la capacité germinative la plus élevée (17%). C'est la provenance la plus adaptée au stress hydrique puisqu'elle germe jusqu'à -10 bar, alors que celle de Matmata (Z_3) est la provenance la plus sensible dont le pourcentage de germination ne dépassant guère les 5%. Ces résultats peuvent être expliqués par la variation des bioclimats des provenances des graines utilisés. En effet, Matmata se situe au Sahara par contre le parc National de Bouhedma appartient à l'aride supérieur. Les conditions du milieu d'origine des semences peuvent avoir un impact sur le remplissage des grains, et par conséquent sur leur capacité germinative, car la valeur limite du potentiel pour lequel la quasi-totalité des graines ne germent plus, se situe à -10 bars. Des résultats semblables sont signalés chez des espèces végétales nord africaines [25] et sahéliennes [26], *Danthonia caespitosa*, *Lolium perenne* et *Atriplex nummularia* [27]. Aussi, des manifestations également sont observées chez plusieurs espèces de pins [28,29,30,31,32]. De même, des travaux comparables ont été observés chez *Lotus creticus*, *Plantago albicans* et *Rhanterium suaveolens* [33,34].

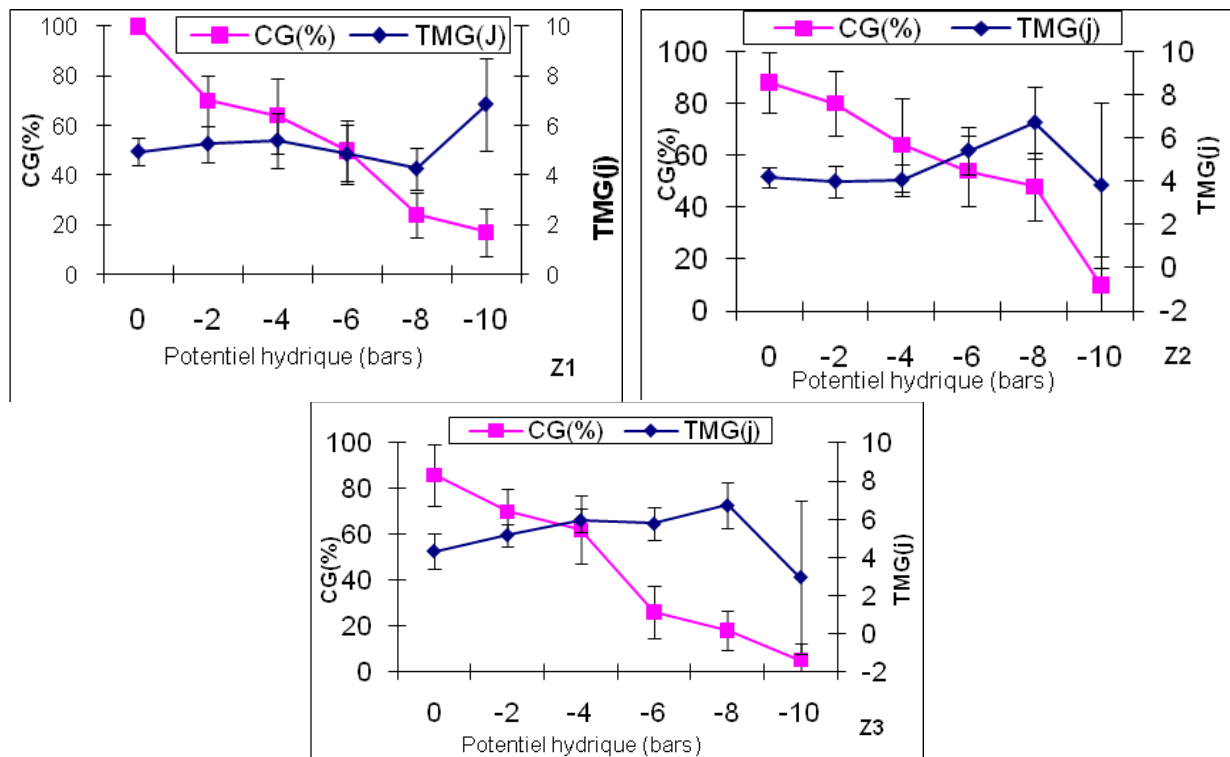


Figure 3.- Effets des potentiels hydriques croissants sur la capacité germinative (CG) et la vitesse de germination de *Z. lotus* (Z_1 , Z_2 et Z_3) (n=5)

Par contre, les mêmes niveaux de potentiel osmotique ont induit une forte réduction de germination chez le pin d'Alep [35]. Le manque d'eau dans le milieu de culture provoque en effet une diminution significative du nombre de graines germées et un retard dans l'initiation des processus de germination. L'abaissement du taux de germination peut traduire la sensibilité des graines aux effets osmotiques. Il est accompagné d'un retard dans le déclenchement du processus germinatif. Il s'agit d'une conséquence des difficultés

d'hydratation des graines qui se trouvent incapables d'absorber les quantités d'eau nécessaires au démarrage des processus de la germination. Ce retard correspond au temps nécessaire à la mise en place des mécanismes d'ajustement osmotique [36]. Des résultats similaires sont obtenus chez *Diploaxis harra* [21], quelques espèces d'acacia exotique (*A. tortilis*, *A. salicina* et *A. pendula*, *A. cyanophylla* et *A. floribunda*) [37] et chez sept cultivars de blé [38].

A un potentiel hydrique de -10 bars, *Z. lotus* peut germer encore, donc, son seuil critique de germination est supérieur de -10 bars, mais théoriquement inhibé à partir de -11 et -12 bars, respectivement pour Z_1 et Z_2 . Néanmoins, il y a lieu de signaler qu'à un certain niveau de stress (>-10 bars) les semences ne peuvent plus germer. De nombreuses espèces d'Acacia utilisées en Inde, ne germent plus dès que le potentiel hydrique atteint -9 ou -12 bars [39].

Par contre, le seuil critique de germination de *Z. lotus* est hautement supérieure à celle de *Lotus creticus* (-7bars), *Plantago albicans* (-5bars) et *Rhanterium suaveolens* (-3 bars) [40]. De même, Sharma (1973) [27] a signalé que la germination chez *Atriplex vesicaria* Heward et *Atriplex nummularia* Lindl s'annule quand le potentiel hydrique atteint respectivement -2 et -4 bars.

La diversité des réactions des espèces au stress hydrique ne signifie pas nécessairement que les espèces tolérantes au stress hydrique en phase de germination sont celles les plus adaptées à la sécheresse au stade adulte. La tolérance à la sécheresse au moment de la germination constitue, selon les conditions qui suivent cette première phase du cycle végétatif, un avantage ou un inconvénient [26], bien quelle représente l'un des facteurs importants dans l'accroissement et le développement des espèces [41, 42].

4.- Conclusion

La valorisation de la biodiversité nécessite une gestion rationnelle des potentialités environnementales. La conservation de la biodiversité demeure un élément fondamental pour un développement durable. L'utilisation d'espèces à usage multiple, le cas de *Z. lotus*, espèce à importance écologique et socio-économique incontestable, contribue au maintien de la biodiversité. Cette espèce est devenue très rare, voire menacée de disparition en Tunisie et particulièrement dans les zones arides où elle occupe la plupart des sols sablonneux profonds. Sa réintroduction nécessite la maîtrise de sa multiplication et son comportement face au stress hydrique qui est la contrainte primordiale et fondamentale au sud tunisien. L'étude du comportement et de l'aptitude adaptative chez trois provenances de *Z. lotus* en conditions de stress hydrique au stade germinatif, révèle leurs tolérances à des potentiels inférieurs de -6 bars. En revanche, un potentiel de -10 bars induit un taux assez faible, surtout pour Z_3 qui est la provenance la plus affectée par la contrainte appliquée, donc la provenance la plus sensible, de degré moindre Z_2 , suivie par Z_1 . Pour la cinétique, il est à signaler que la germination se manifeste dès le 3^{ème} jour après le semis pour des potentiels, allant jusqu'à -8 bars pour Z_1 et Z_2 . Par contre chez Z_3 , elle est plus tardive (5 jours) à -4 et -6 bars et de 7 jours à -10 bars.

Le taux maximum de la germination est atteint dès le 9^{ème} jour pour la majorité des potentiels osmotiques chez les trois provenances. La capacité germinative et la vitesse de germination diminuent au fur et à mesure que le potentiel hydrique s'amplifie, surtout pour Z_3 .

Ces résultats obtenus laissent remarquer la variation des bioclimats des provenances des graines utilisés. En effet, Matmata (Z_3) est la plus sensible et existe au saharien, par contre le parc National de Bouhedma (Z_1) appartient à l'aride supérieur, dont les semences sont les plus tolérantes à la contrainte hydrique.

Z. lotus s'est avérée relativement tolérante au stress hydrique en phase germinative puisque la valeur limite du potentiel hydrique permettant une germination, est de -10 bars. Elle est capable de germer et de s'adapter en présence du manque d'eau, ce qui explique son existence dans les zones arides de la Tunisie toute en signalant que la provenance de Bouhedma est plus tolérante comparée aux deux autres.

Références bibliographiques

- [1].- Le Houerou, 1969.- La végétation de la Tunisie steppique avec référence au Maroc, à l'Algérie et à la Libye. Ann., INRAT, 42(5), 655 p.
- [2].- Floret C. et Pontanier R., 1982.- L'aridité en Tunisie présaharienne. Travaux et documents de l'ORSTOM, Paris, 544 p.
- [3].- Direction Générale des Forêts, 2005.- Deuxième inventaire forestier et pastoral national, Tunis, Tunisie, 88 p.
- [4].- Direction Générale des Forêts, 2006.- Projet Inventaire des forêts par télédétection. Stratégie nationale de développement forestier et pastoral, Tunis, Tunisie, 85 p.
- [5].- Gobert E.G., 2003.- Usages et rites alimentaires des tunisiens. Ed. SAHAR., Tunisie, 196 p.
- [6].- Arfaoui I., 2005.- Contribution à l'étude du polymorphisme chez le genre *Ziziphus* cas de l'espèce *Ziziphus lotus* (L.) Lank, DEA, FST, 98 p.
- [7].- Borgi W., Recio M.-C., Rios J. L., Chouchane N., 2008.- Anti-inflammatory and analgesic activities of flavonoid and saponin fractions from *Zizyphus lotus* (L.) Lam. South African Journal of Botany, 74: 320-324.
- [8].- Borgi W., Chouchane N., 2009.- Anti-spasmodic effects of *Zizyphus lotus* (L.) Desf. extracts on isolated rat duodenum. Journal of Ethnopharmacology, 126: 571-573.
- [9].- Bargougui M. S., 1991.- *Ziziphus lotus* : Aspects biologiques, Ecologiques et points de réflexion sur sa conservation. Rapport de stage de fin d'étude, IRA Médenine, Tunisie, 48 p.
- [10].- Chaib M. et Boukhris M., 1998.- Flore succin ite et illustrée des zones arides et sahariennes de la Tunisie. Edit. l'Or du Temps pour le compte de l'Association pour la Protection de la Nature et de l'Environnement, Sfax, Tunisie, 290 p.

- [11].- Laamouri A. et Zine El Abidine A., 2000.- Multiplication des jujubiers en Tunisie. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, 33: 37-49.
- [12] Maraghni M, 2009- Comportement écophysiological de *Ziziphus lotus* (L.) Desf. En réponse à une contrainte hydrique, mémoire de mastère en Gestion des ressources naturelles, Ecole supérieure d'agriculture de Mograne, Tunisie, 98 p.
- [13].- Maraghni M., Gorai M., Neffati M., 2010.- Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Ziziphus lotus*. *South African Journal of Botany*, 76 (3) : 453-459.
- [14].- Laamouri A., 1999.- Identification et multiplication des espèces à usage multiples- cas de Jujubier. Rapport PNM, Ministère d'agriculture, IRESA, INRGREF, Laboratoire des productions pastorales et agroforesterie, 25 p.
- [15].- Ben Dali F., 1987.- Dynamique de la végétation et mobilité du sable en Jeffara tunisienne. Thèse de doctorat d'Etat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 243 p.
- [16].- Jordan G. L. et Haferkamp M. R., 1989.- Temperature responses and calculate heat units for germination of several range grasses and shrubs. *J. Range Manage*, 42: 41-45
- [17].- Koller D., 1995- The regulation of germination in seeds (review). *Bull. Res. Counc. Israel*, 5 D: 85-108.
- [18].- Floret C. et Pontanier R., 1982.- L'aridité en Tunisie pré saharienne (climat, sol, végétation et aménagement). ORSTOM, Paris, 544 p.
- [19].- MEAT/INRGREF, 2001.- Action de conservation du patrimoine végétal naturel et étude de la dynamique de la végétation dans les Parcs Nationaux, Projet de conservation des Parcs Nationaux. Edit. DGF, Volume, 1 : 160 p.
- [20].- Belhaj Kacem S., Muller H. P. et Wiesner H., 1994.- Gestion de la faune sauvage et des parcs nationaux en Tunisie, Réintroduction, Gestion et Aménagement. DGF et GTZ, Tunis, 305 p.
- [21].- Gorai M., Tlig T. et Neffati M., 2009.- Influence of water stress on seed germination characteristics in invasive *Diploaxis harra* (Forssk) boiss (Brassicaceae) in arid zone of Tunisia. *Journal of Phytology*, 1(4) : 249-254.
- [22].- Côme D., 1970.- Les obstacles à la germination. Ed. Masson et Cie, Paris, 162 p.
- [23].- Zammouri J., 2004.- Etude comparative de la germination de quelques espèces de la zone aride de la Tunisie ; influence de la température et de la salinité. Mémoire de Mastère, INAT, Tunisie, 49 p.
- [24].- SPSS, 2008. –A Student Version 16.0 of the world's leading desktop statistical

software. Ed : 1 [Anglais] [CD], Pearson, ISBN-13: 978-0136053491

- [25].- Neffati M., 1994.- Caractérisations morphologiques de certaines espèces végétales Nord Africaines, implications pour l'amélioration pastoral. Thèse de Doctorat, IRA, Médenine Tunisie, 264 p.
- [26].- Grouzis M., 1987.- Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (mare d'Oursi, Burkina Faso). Thèse d'État, Sciences naturelles, Université Paris Sud, 318 p.
- [27].- Sharma M. L., 1973.- Stimulation of drought and its effect on germination of five pasture species. *Agronomy journal*, 65 : 962-987.
- [28].- Djavanshir K. et Reid C. P. P., 1975.- Effect of moisture stress on germination and radicule developpement of *Pinus eldarica* Medw and *Pinus ponderosa* Laws. *Can. J. For. Res.*, 5: 80-83.
- [29].- Calamassi R., Falusi M. et Tocci A., 1980.- Variazione geograficae resistenza a stress idrici in semidi *Pinus halepensis* Mill., *Pinus brutia* Ten. et *Pinus eldarica* Medw. *Ann. Ist. Sper. Selv.*, 11: 195-230.
- [30].- Falusi M., Calamassi R. et Tocci A., 1983.- Sensitivity of seed germination and seedling root growth to moisture stress in four provenances of *Pinus halepensis* Mill. *Silvae Genet.*, 32: 1-2, 4-9.
- [31].- Dunalp J. R. et Barnett J. P., 1984.- Manipulating loblolly pine (*Pinus taeda* L. seed germination with simulated moisture and temperature stress, in: Duryea M. L., Brown G. N (Eds). *Seedling physiology and reforestation sucres*, Martinus Nijhoff. Dr. W Junk. Publishers, Dordrecht: 61-73.
- [32].- Thanos C. A. et Skordilis A., 1987.- The effects of light, temperature and osmotic stress on the germination of *Pinus halepensis* and *P. brutia* seeds, *Seed Sci. Technol.*, 15: 163-174.
- [33].- Talbi S., Ferchichi A., Debouba M. et Lefi E., 2009.- Effect of Osmotic Stress (PEG 6000) on Final Germination Percentage and Median Germination Time of *Plantago albicans*. *Revue des Régions Aride*, n° Spécial: 51-54.
- [34].- Boubiche M., 2009.- Evaluation du comportement du jojoba (*Simmondsia chinensis* Link.L) vis-à-vis du stress salin et hydrique. Mastère de Biotechnologie végétale, faculté des sciences de Tunis, Tunisie, 88 p.
- [35].- Belkhouja K., 2000.- Effet du stress hydrique sur la germination de quelques provenances de Pin d'Alep. DEA de physiologie végétale, faculté des sciences de Tunis, Tunisie, 58 p.
- [36].- Abdelly C., 1992.- Réactions aux contraintes nutritionnelles des principales herbacées

du tapis végétal en bordure de sebkha. Thèse de spécialité, Faculté des sciences de Tunis, Tunisie, 252 p.

- [37].- Jaouadi W., Hamrouni L., Hanana M. et Khouja M. L., 2010.- Germination capacity analysis of some exotic acacia species. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 14(4): 643-652.
- [38].- Vahid J., 2009.- Effect of Water Stress on Germination Indices in Seven Wheat Cultivar. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 49: 105-106.
- [39].- Singh T. N., Paleg L. G., et Aspinall D., 1973.- Nitrogen metabolism and growth in barley plant during water stress. *Aust. J. Biol. Sci.*, 26: 45-56.
- [40].- Talbi S., 2008.- Effet du stress hydrique sur le comportement physiologique et morphologique de trois espèces pastorales des zones arides tunisiennes: *Lotus creticus*, *Plantago albicans* et *Rhanterium suaveolens*. Mémoire de Mastère, INAT, Tunisie, 122 p.
- [41].- Mc William J. R., Clements R. J. et Dowling P. M. 1970.- Some factors influencing the germination and early seedling development of pasture plants. *Aust. Jour, Agric, Res.*, 21: 19-32.
- [42].- Boydston R. A., 1989.- Germination and emergence of longspine sandbur (*Cenchrus lonispinus*). *Weed, science*, 37: 63-67.

GESTION DES AGRO-SYSTÈMES OASIENS: DIAGNOSTIC ET ACTIONS D'INTERVENTION (CAS DE L'OASIS DE HASSI BEN ABDALLAH-OUARGLA, ALGÉRIE)

BOUAMMAR Boualem^{*}, SLIMANI Said et IDDER Tahar
Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides
Université Kasdi Merbah Ouargla, 30000 Ouargla, Algérie, Email: bouammar1959@yahoo.fr

Résumé- Le présent travail cherche à connaître la véritable dimension des problèmes de l'activité agricole dans la zone de Hassi Ben Abdallah, à tenter de répondre à une demande présentée par les élus locaux de cette commune et présenter des pistes d'intervention pour trouver des solutions et des principes de bonne gestion des écosystèmes dans la zone. De même, il vise aussi à tester la méthode de diagnostic rapide en milieu oasien. Le diagnostic de la zone a permis d'identifier 3 contraintes majeures: la gestion de l'eau d'irrigation, l'aménagement des périmètres et des exploitations et l'insuffisance des revenus. Des études thématiques ont permis de mettre en évidence les causes et les conséquences de ces contraintes (l'arbre à problèmes) et de proposer finalement un plan d'action et des recommandations pour une meilleure gestion des écosystèmes dans la zone.

Mots clés: Ecosystème oasien, diagnostic, gestion, aménagement, Hassi Ben Abdallah.

OASIS AGROSYSTEMS MANAGEMENT: DIAGNOSIS AND INTERVENTION PROGRAM (CASE OF THE OASIS OF HASSI BEN ABDELLAH, ALGERIA)

Abstract- The current study aims to know the real dimension of the agricultural activities problems faced in the zone of Hassi Ben Abdallah, to attempt to respond to the request of local authorities, and to propose an appropriate intervention program presenting solutions and principles of adequate ecosystems management within this zone. Besides, it also tests the rapid diagnosis method to the oasis area. The diagnosis allowed identifying three major constraints: water irrigation management, perimeters and cultivation planning, and farmer's wages shortcomings. Thematic studies enabled to highlight the causes and consequences of these aforementioned constraints, and to, finally, propose a plan of actions and recommendations for a better ecosystems management in the study zone.

Keywords: Oasis ecosystems, diagnosis, planning, management, Hassi Ben Abdallah.

Introduction

Dans le cadre de ce travail, il s'agit de tester une méthode de diagnostic rapide en milieu oasien et d'en tirer les enseignements. Le but est de connaître la véritable dimension des problèmes de l'activité agricole et le fonctionnement des écosystèmes dans la zone de Hassi ben Abdallah et de saisir les risques de dégradation des écosystèmes en vue de proposer des solutions en matière d'intervention. Cette étude a aussi pour objectif de répondre à une demande formulée par les responsables locaux (Assemblée communale) dont l'objet est de fournir des pistes d'intervention et des principes de bonne gestion des écosystèmes dans la zone. Nous tenterons donc de proposer aux structures de développement et d'encadrement de l'agriculture saharienne un modèle de diagnostic nouveau qui répond le mieux aux attentes des agriculteurs oasiens.

La finalité de ce travail s'inscrit dans une perspective de développement ou de solutions aux problèmes que rencontrent les agriculteurs par rapport à leur activité et par rapport à leur environnement.

1.- Matériel et méthodes

Un cours sur le diagnostic rapide a été organisé par le département de biologie et le laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides de l'Université Kasdi Merbah de Ouargla durant une semaine et regroupant dix étudiants de magister (environnement) ainsi que des animateurs et cadres de l'agriculture exerçant dans la région de Ouargla. L'étude a porté sur la zone. Cette démarche s'inspire du cours international réalisé par le Centre international des hautes études sur l'agriculture Méditerranéenne (CIHEAM) à Tozeur en Tunisie en novembre 1994 [1], des principes d'intervention en milieu du groupe de travail de la coopération française [3] et des différentes expériences entreprises au cours des différentes investigations sur l'agriculture et les milieux oasiens.

Le diagnostic rapide est une approche systémique et semi-structurée, menée sur le terrain par une équipe pluridisciplinaire et conçue pour acquérir rapidement des informations sur le milieu étudié (milieu oasien) en fonction d'un objectif donné et des moyens techniques dont on dispose [1]. Les diagnostics rapides sont informels, itératifs, progressifs, novateurs, interdisciplinaires, interactifs et surtout participatifs [2] dans la mesure où les paysans sont impliqués dans les différentes étapes du diagnostic. Ils assistent aussi à l'atelier de restitution des résultats au cours duquel ils discutent avec les chercheurs les résultats. Le but est d'intégrer au travail de diagnostic tous les autres acteurs concernés par l'activité agricole (techniciens, décideurs, développeurs...). La démarche adoptée se déroule en plusieurs étapes:

- Présentation de la zone d'étude en tant qu'unité d'analyse à travers un tour de la zone d'étude dirigé par des informateurs clés et soutenus par une documentation spécifique.
- Enquêtes exploratoires informelles pour identifier les contraintes et les atouts de la zone d'étude.
- Elaboration du guide d'enquête des exploitations et enquêtes formelles auprès des exploitations agricoles et réalisation d'une typologie des exploitations pour mieux comprendre la zone à partir du degré de contraignante et de l'importance des facteurs limitants clés et pour dégager les thèmes majeurs de l'étude.
- Réalisation d'enquêtes thématiques à partir des sujets ou de thèmes issus des traitements des résultats de l'étape précédente et de l'arbre à problèmes.
- Restitution du travail aux différents acteurs concernés au niveau de la mairie (administration, technicien de l'agriculture et exploitants).

La zone comprend l'ancienne palmeraie, divisée en lots (Exploitations Agricoles Individuelles ou EAI) de 1 hectare environ avec de grandes similitudes en termes de systèmes de cultures et de situation sociale des exploitants. Ces exploitations sont irriguées à partir de forage albien et rencontrent pratiquement toutes un déficit en eau. On retrouve aussi dans cette zone des périmètres de mise en valeur agricole; Jeunes 1 ou El Khalidj, le périmètre jeunes 2 ou Echerk ainsi que le périmètre de l'entreprise ERIAD. Nous nous sommes limités donc aux palmeraies entourant le village.

Les enquêtes préliminaires (ou de la première étape) se sont déroulées sur 35 exploitations choisies dans l'ancienne palmeraie (14) et les deux périmètres de mise en valeur (10 dans chaque périmètre) et l'exploitation de l'entreprise ERIAD.

Lors de la deuxième étape, les enquêtes thématiques ont été réalisées en fonction de la thématique sur deux exploitations agricoles pour chaque secteur géographique mais aussi auprès des structures concernées (subdivision agricole, Assemblée communale, associations d'agriculteurs, personnes ressources).

2.- Résultats et discussion

Des contraintes ont pesé sur le bon déroulement des enquêtes et concernent surtout l'absence des agriculteurs au niveau de leur exploitation. Ce qui nous a amené à enquêter seulement ceux qui sont présents (le choix des exploitants était par conséquent limité). Une séance de travail a regroupé tous les participants à l'étude et s'est traduite par la réalisation de l'arbre à problèmes. Chaque participant a formulé trois propositions de trois contraintes qu'il juge les plus importantes à l'issue de son travail d'enquête. Les différentes propositions ont été regroupées. Les répétitions confirment la pertinence de la contrainte et les liens éventuels qui peuvent surgir ont été mis en évidence par l'arbre à problème (fig. 1).

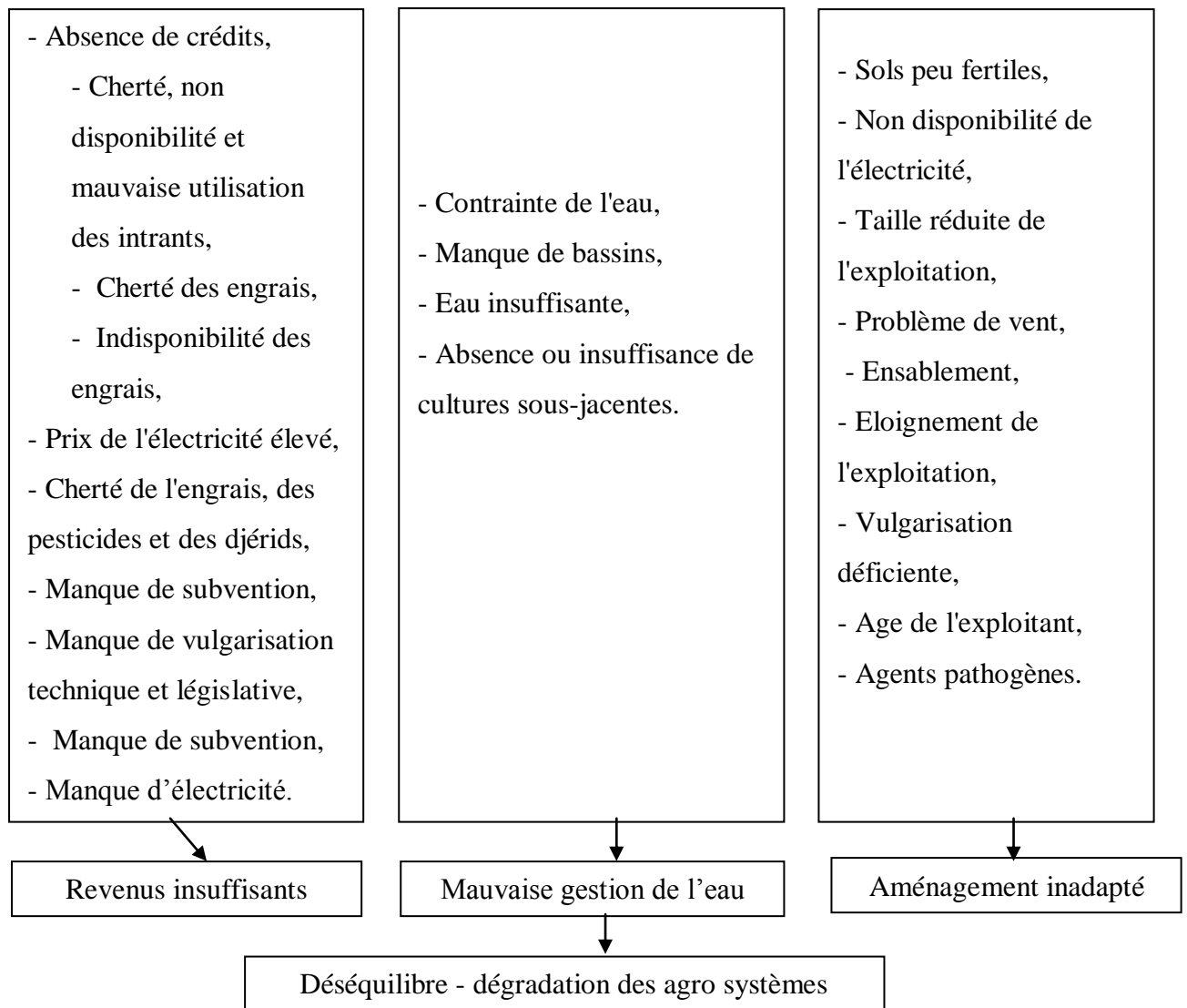


Figure 1.- Schéma représentant l'arbre à problèmes

A l'issue de l'identification des contraintes les plus remarquables (gestion de l'eau, aménagement et baisse des revenus), des enquêtes thématiques ont été réalisées par chaque groupe. Le travail de recherche pour chaque thème vise à connaître les causes et les conséquences et par là à vérifier les premières approches de l'arbre à problèmes.

2.1.- Gestion de l'eau

Les enquêtes préliminaires effectuées sur les exploitations situées dans les différents périmètres de la commune ont montré que le problème lié à la gestion de l'eau se retrouve sur près de la moitié des exploitations. Il s'agit donc de mieux connaître les vraies causes de cette contrainte et de mettre en évidence ses conséquences à l'échelle de l'exploitation et du périmètre. En d'autres termes, le problème de l'eau se pose-t-il en termes d'insuffisance d'eau ou de mauvaise gestion ou les deux à la fois?

Nous avons choisi comme périmètres à échantillonner le périmètre jeunes 1 et le périmètre d'Echerk situé dans l'ancienne palmeraie. La première zone est irriguée exclusivement en eau albiennaise alors la seconde reçoit en plus des eaux albiennes chaudes, l'eau du mio-pliocène. Les recommandations que nous proposons ne sont pas les plus exhaustives et les plus adoptées pour l'intégralité de la zone de Hassi Ben Abdallah, car ailleurs, dans d'autres périmètres de la région, les causes et les conséquences sont diverses d'où la nécessité d'adopter d'autres solutions pour remédier à ces contraintes. En outre, nous avons pris deux zones pilotes pour les périmètres échantillonnés où nous avons enquêté sur les paramètres hydriques du forage (tab. I), les surfaces irriguées et la situation de l'exploitation par rapport au forage. La contrainte de l'eau est due en grande partie à :

- Détournement de l'eau entre agriculteurs: Au cours de nos investigations, nous avons constaté que les agriculteurs situés en amont dérobent le tour d'eau consacré à ceux situés en aval du forage et un peu éloignés.
- Extension des surfaces des exploitations et création de nouvelles exploitations: Chaque forage albien est destiné à irriguer une surface déterminée. L'extension des exploitations engendre de nouveaux besoins en eau et entraîne une surexploitation des ressources hydriques. La création de nouvelles exploitations augmente la demande en eau d'irrigation. Dans le périmètre d'*El khalidj*, on s'est rendu compte que presque 50 % de l'eau du forage est consacrée pour l'irrigation de l'exploitation céréalière de l'entreprise ERIAD.
- Éloignement des exploitations et dénivellation par rapport au forage: L'éloignement des exploitations par rapport au forage est un paramètre déterminant de la quantité d'eau parvenue. Ainsi la quantité d'eau "livrée" est inégalement répartie sur le périmètre.
- Absence d'entretien de réseau d'irrigation et de bassins : De nombreuses fuites d'eau sont observées tout au long du réseau d'irrigation, du forage albien aux canalisations terminales les pertes s'additionnent avec celles des infiltrations des bassins de refroidissement. Par ailleurs, le mauvais entretien a favorisé les fissures et la rouille des canalisations. L'absence de bassins dans un grand nombre d'exploitations, et l'irrigation par submersion dans la quasi-totalité des exploitations aggravent ce problème et ne permettent pas une irrigation et une utilisation rationnelle de cette ressource.

La conséquence de cette situation peut se résumer sommairement en :

- La réduction du rendement : Le déficit en eau agit négativement sur le rendement de la production phœnicicole (baisse dans la production et de la qualité des dattes) et sur la production des autres cultures sous-jacentes (selon les agriculteurs).
- L'orientation des cultures: En situation d'eau peu abondante, l'agriculteur se trouve face à

une incapacité à diversifier ses cultures. La phœniciculture reste de ce fait la principale culture dans ces périmètres où l'eau est déficitaire. De même, la présence et/ou l'abondance des autres cultures sont fonction de la disponibilité en eau.

- L'abandon des exploitations : Suite au déficit hydrique, un nombre important d'exploitants manifestent soit l'abandon de leurs exploitations pour s'installer dans les nouveaux périmètres de mise en valeur, soit ils vont changer définitivement leur métier et chercher d'autres sources de revenus.
- La réduction des parcelles irriguées: La petite quantité de l'eau limite de façon très nette le nombre des parcelles irriguées. En fonction de l'eau arrivant à l'exploitation, l'exploitant irrigue préférentiellement les palmiers puis les autres types de cultures. Il se trouve que dans quelques cas le tour d'eau ne permet pas à l'agriculteur d'irriguer toute son exploitation, dans ce cas il se contente d'irriguer une partie en attendant le prochain tour pour en faire de même pour l'autre partie.
- Les conflits d'eau: Les besoins perpétuels en eau et l'augmentation du nombre d'agriculteurs par forage entraînent des conflits entre les exploitants en l'occurrence le détournement de l'eau. Ces conflits se manifestent de manière très sérieuse dès le début de la saison estivale. Le tour d'eau est de 3 heures tous les 3 jours et peut se dérouler à n'importe quelle période de la journée.

Pour lever cette contrainte et réduire son impact sur la production agricole, nous proposons des orientations d'intervention sur le milieu qui se résument à :

- Nouvelle stratégie du tour d'eau: Adapter une nouvelle distribution de l'eau suivant toujours l'ancien modèle du tour d'eau mais en tenant compte du fait que les exploitations éloignées se trouvent à un niveau de dénivellation un peu élevée. En somme, il s'agit de répartir équitablement l'eau entre les agriculteurs en fractionnant le tour d'eau en fonction du débit à l'arrivée d'eau à la parcelle.
- Installation de réseau électrique en perspective de créer de nouveaux forages : Favoriser l'installation de nouveaux forages du continental terminal réduit la charge sur les forages de l'Albien et offre une autre alternative d'avoir une eau abondante et froide à usage direct. Sur cet aspect des initiatives ont été observées chez certains agriculteurs qui se sont organisés et regroupés pour réaliser un forage collectif (deux cas à la périphérie de l'ancienne palmeraie).
- Création de la police de l'eau: Ceci par la mise en place d'agents locaux ou des représentants des agriculteurs pour assurer et contrôler le bon déroulement du tour d'eau entre les agriculteurs.
- Subvention sur la création de nouveaux bassins : Assister les agriculteurs pour avoir des bassins pour stocker et refroidir l'eau pour contribuer à atténuer la crise d'eau. Il faut souligner qu'au niveau de la zone d'étude aucun bassin n'a été réalisé dans le cadre du Fonds National de Développement et de Régulation Agricole (FNDRA). La raison invoquée par les pouvoirs publics est la faible taille des exploitations.
- Amélioration et entretien du réseau d'irrigation et des bassins : Les pertes en eaux le long du réseau de distribution peuvent être résolues en entretenant en permanence les canalisations. De même qu'au niveau des bassins, la restauration et le bon entretien diminueront les pertes notamment sous forme d'infiltration.
- Bon aménagement des nouvelles exploitations de mise en valeur : Le choix du site, basé sur des études multidisciplinaires, des nouvelles exploitations ainsi leur bon aménagement constitue le meilleur moyen afin d'éviter les contraintes fréquemment rencontrées et garantir une agriculture durable.

Tableau I.- Paramètres hydriques des forages des périmètres enquêtés

| Paramètres | Forage Albien Périmètre El Khalidj Eau chaude | Forage mio-pliocène Périmètre Echergui Eau froide |
|---|---|---|
| Quantité d'eau mobilisée | 160 l/s (24)h | 100 l/s (20h) |
| Salinité | 1g/l | 5g/l |
| pH | 8 | 7-8 |
| Nombre d'agriculteurs | 75 | 20 |
| Nombre de bassins | 53 | 6-8 |
| Nombre de palmiers dattiers productifs | 15 000 | 2 000 |
| Nombre de palmiers dattiers jeunes | +++++ | 400 |
| Distance maximale de l'exploitation par rapport au forage | 1000 m | 600 à 1300 m |
| Nombre d'exploitations abandonnées | 9 ou 12% | 0 |

2.2.- Insuffisance des revenus des agriculteurs

La fragilité de l'agro système vient de sa pauvreté en eau et de sa faible productivité. En effet on a constaté que l'agriculteur s'oriente de plus en plus vers la phœniciculture comme base de production, cependant les fourrages et le maraîchage sont présents comme des cultures sous-jacentes complémentaires mais à production plus ou moins limitée destinée souvent aux propres besoins de l'agriculteur.

La cherté des intrants conjuguée à l'insuffisance de l'eau engendre une réduction de la surface exploitée, un choix limité des systèmes de cultures et un mauvais entretien des cultures. Ces conséquences sont matérialisées finalement par l'absentéisme des agriculteurs qui caractérise la zone. La régression de la production avec son corollaire; la baisse des revenus, est synonyme de manque de capacités d'investissement. Cette situation relève d'un cercle vicieux où seule une intervention des pouvoirs publics pourrait assurer une croissance de la production.

Le revenu annuel d'une exploitation de 1ha cultivée uniquement en palmier dattier avec une densité de 100 pieds est de 172.250.00 DA (tab. 2). Par conséquent, ceci procure un revenu mensuel de 14.354.00 DA qui suffit à peine à faire vivre la famille de l'agriculteur qui est généralement nombreuse (supérieure à cinq individus). Les potentialités d'une unité agricole de 1 ha sont fonction de l'intensification, et la diversité des cultures sous jacentes. Par exemple: 1 parcelle de 1.2 m×12m cultivée en luzerne; peut produire 50 bottes (selon la littérature, la production est estimée à 100 t/ha), vendu à 20 DA l'unité, ce qui procure un revenu de 1000 DA.

L'introduction de l'élevage (ovin, lapins,..), améliora nettement le revenu de l'agriculteur. Il assura l'apport renouvelé du fumier d'où le maintien de la fertilité du sol. En outre, la fertilité du sol et la disponibilité de l'eau permettront l'aménagement des planches d'irrigation où on peut installer des cultures sous jacentes, les palmiers occuperont les ados des soles. L'éloignement de l'agriculteur de son lieu de travail a des répercussions

concernant surtout le choix des cultures, nécessitant des soins et pratiques adéquates selon la conduite de celles ci. Assurer une bonne gestion de l'agro système consiste à résoudre le problème de l'insuffisance d'eau et à assurer la rentabilité et la durabilité de l'exploitation agricole. L'insuffisance d'eau est le résultat de :

- L'insuffisance des forages.
- Cherté de l'électricité.
- Mauvaise gestion de l'eau d'irrigation.

Tableau II.- Revenu annuel d'une exploitation d'un hectare (100 pieds de palmier dattier)

| Intrants | Charges (DA) | Produits dattes (DA) |
|--------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Fumier | 20.000.00 | |
| Produits phytosanitaires | 7.000.00 | |
| Electricité | 14.000.00 | 65 kg/pied x 100 |
| Palmes sèches | 10.000.00 | x 40 DA |
| Frais de clôture | 1.750.00 | |
| Frais de pollinisation | 30.000.00 | |
| Frais de récolte | 5.000.00 | |
| Total annuel | 87.750.00 | 260.000.00 |
| Revenu annuel | 172.250.00 | |

En conséquence, le moyen le plus simple, théoriquement et écologiquement, est celui d'aménager les périmètres par l'amélioration de l'irrigation, celle-ci préservera les oasis. Mais l'irrigation est loin d'être toujours possible et exige de lourdes dépenses. Dans tous les périmètres enquêtés, 1 ha sur deux seulement est irrigué et bien exploité.

L'amélioration des revenus passe soit par une extension des superficies soit par une intensification de la production. La première alternative paraît très complexe et nécessite un remembrement du foncier agricole, ce qui est très complexe, voire impossible dans la conjoncture actuelle. L'unique solution, par conséquent, est d'intensifier la production en développant les cultures sous palmier et en introduisant d'autres activités. A ce titre, l'aquaculture intégrée, qui est en train de connaître une évolution remarquable (avec le concours de la FAO), pourrait améliorer sensiblement les revenus, assurer une économie d'engrais par la valorisation de l'eau aquacole et améliorer l'alimentation des familles des agriculteurs. De même que le développement de l'élevage ovin et caprin qui est traditionnellement pratiqué dans cette zone, permettrait d'exploiter plus rationnellement les superficies (fourrages) et améliorer les revenus des agriculteurs. Mais, le choix de ces systèmes imposerait une plus grande présence des agriculteurs au niveau de leurs exploitations ce qui aggraverait plus la contrainte de l'éloignement des exploitations du lieu de résidence. Il serait plus judicieux d'orienter l'installation des agriculteurs par le biais de l'aide au logement rural vers la palmeraie au lieu du terrain vague qui ceinture l'agglomération. Les actions qui sont en cours de réalisation : aménagement des pistes d'accès et extension du réseau électrique, sont des conditions qui favoriseront un meilleur peuplement de ces palmeraies.

2.3.- Aménagement

Les contraintes liées à l'aménagement apparaissent à trois niveaux d'intégration : au niveau de l'exploitation agricole, du périmètre et de la région. Elles concernent les brise-vent, l'eau, l'alimentation en courant électrique et l'éloignement des exploitations par rapport au lieu de résidence.

Protection des périmètres et des exploitations des effets néfastes du vent

Les périphéries des périmètres sont exposées directement aux effets néfastes des vents. Ceci est dû, d'une part, à l'absence de brise-vent. D'autre part la quasi-totalité des brise-vent réalisés sont de type inerte (tabia), et assez souvent conçus pour la séparation entre exploitations. L'absence d'une protection durable couvrant les trois niveaux d'intégrations suscités accélère le phénomène de dégradation des palmeraies, déjà très vulnérables. Le vent génère l'ensablement des parcelles et empêche, entre autres, le bon développement des cultures, notamment maraîchères et fourragères.

Irrigation

Les systèmes d'irrigation sont dans la plupart des cas défectueux et dans tous les secteurs et nécessitent une grande réhabilitation afin de permettre une irrigation plus efficace et une meilleure gestion des ressources en eau. Les aménagements hydrauliques rencontrés sont de deux types : les bassins et les réseaux d'irrigation. Les bassins sont dans leurs majorités traditionnels, caractérisés par leurs dimensions réduites, de forme concave, reposant à même le sable et crépis avec du ciment. Ceci induit un faible stockage en eau, à l'envasement permanent des bassins qui nécessitent un entretien fréquent, donc une force de travail supplémentaire et beaucoup de temps perdu à long terme. Ceci est conjugué à des pertes considérables de l'eau par infiltration dans le sol sablonneux. Le réseau d'irrigation quant à lui est généralement représenté par des seguias creusées dans le sol, que l'agriculteur n'entretient pas souvent. Ce système amplifie les pertes en eau, déjà considérables en amont.

Electricité

L'électricité constitue une autre contrainte pour le développement agricole et l'aménagement au niveau de la commune de Hassi Ben Abdallah. En effet, les résultats de l'enquête sur l'aménagement ont mis en évidence deux composantes de cette contrainte, qui sont le coût élevé de l'électricité et la non électrification de certains périmètres agricoles. Cette situation a engendré des conséquences néfastes sur l'aménagement et la gestion des exploitations agricoles, la diversification des cultures et l'optimisation des capitaux par les agriculteurs. Dans ce contexte, nous pouvons citer la limitation des systèmes d'irrigation et de culture, l'absence de l'élevage, alors que cette pratique peut constituer une autre forme de capitalisation pour les agriculteurs, et l'abandon des exploitations.

L'éloignement des exploitations par rapport au lieu de résidence

Les résultats des enquêtes montrent que la quasi-totalité des exploitants résident en dehors de leurs exploitations. Mais, le problème n'apparaît pas de la même façon dans toute la région, car la distance entre les périmètres et la ville de Hassi Ben Abdallah n'est

pas la même. En effet, les cas d'abandon des exploitations très éloignées sont très fréquents du fait que l'agriculteur trouve des difficultés pour s'y rendre régulièrement. Ainsi, la durée d'activité journalière se trouve limitée : l'exploitant se contente de visiter son exploitation juste durant les périodes d'irrigations. Ainsi, les cultures sous-jacentes et les serres sont presque absentes dans plus de la moitié des exploitations. Le phénomène le plus observé dans la majorité des exploitations visitées est surtout la faible taille des superficies réellement exploitées par rapport à la taille des exploitations qui est déjà réduite (2 hectares). L'éloignement est aussi lié aux cas de vol fréquemment observé. Par ailleurs, l'activité de l'élevage est faible dans la zone car elle exige une présence permanente de l'exploitant et la pratique des cultures fourragères.

Conclusion

Les outils et la démarche formulée au départ n'ont pas pu être testés comme fixés au préalable, en raison du désistement des personnes relevant des différentes structures. Ceci met en évidence le principe de précaution qu'il faut entreprendre lorsqu'on entreprend une étude dans ces milieux et l'utilité de trouver d'autres méthodes plus adaptées et plus performantes qui puissent dépasser le bon vouloir d'un responsable d'une structure technico administrative. De même que ceci a permis de confirmer le caractère novateur de la méthode, dans la mesure où nous avons pu à chaque fois ajuster notre approche en fonction des imprévus rencontrés à chaque étape. L'absence d'adhésion des institutions qui ont en charge le développement de l'agriculture dans la région a été pour nous un élément contraignant. Ceci s'explique soit par manque de conviction sur les capacités du groupe de Recherche, soit par le fait que la démarche ne correspond pas aux soucis de certains acteurs.

Le diagnostic de la zone nous a permis d'identifier et d'analyser trois principales contraintes : La gestion de l'eau, l'aménagement des exploitations et des périmètres et l'insuffisance des revenus des agriculteurs. Comme il nous a permis aussi de formuler des recommandations ou des orientations pour une intervention des pouvoirs publics pour atténuer ces contraintes et permettre un élargissement de la production agricole et une amélioration des conditions de productions et des conditions de vie des agriculteurs dans une perspective de durabilité.

Références bibliographiques

- [1].- CIHEAM, 1994.- Diagnostic rapide en milieu oasien et stratégie de développement en milieu oasien. Tozeur, Tunisie, 55 p.
- [2].- ICRA, 1994.- Recherche agricole orientée vers le développement. Cours du Centre International pour la Recherche Agricole (ICRA), 288 p.
- [3].- Groupe de travail et de coopération française, 1989.- Les interventions en milieu rural : Principes et approches méthodologiques. Ministère de la coopération et du développement, Paris, 198 p.

QUELQUES ASPECTS SUR L'AVIFAUNE DANS DEUX PALMERAIES DU SAHARA SEPTENTRIONAL (ALGERIE)

ABABSA Labeled^{1*}, SEKOUR Makhoul¹, SOUTTOU Karim², GUEZOUL Omar¹ et DOUMANDJI Salaheddine³

⁽¹⁾Département des sciences agronomiques
Faculté des sciences de la vie et de la nature et sciences de la terre et de l'univers
Université Kasdi Merbah Ouargla, 30000 Ouargla, Algérie

⁽²⁾Faculté des sciences de la nature et de la vie, Département d'agropastoralisme
Université de Djelfa, Djelfa17000, Algérie

⁽³⁾Département de Zoologie, école nationale supérieure agronomique
El Harrach, 16200 Alger, Algérie. E-mail: labeledababsa@yahoo.fr

Résumé.- *L'étude du peuplement avien dans les deux palmeraies de Mekhadema et de Hassi Ben Abdallah dans la cuvette de Ouargla (Algérie), a fait ressortir 43 espèces appartenant à 23 familles et 11 ordres. L'ordre des Passeriformes est le plus fourni avec 24 espèces. Les valeurs de la richesse totale des oiseaux, enregistrées durant la période d'étude sont de 34 espèces dans la station de Mekhadema et de 28 espèces dans celle de Hassi Ben Abdallah. La densité des espèces aviennes varie d'une station à une autre, entre 0,5 et 44 couples dans la station de Mekhadma et fluctue entre 0,5 et 42,5 couples dans la station de Hassi Ben Abdallah. Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver appliquée aux oiseaux, sont de 2,71 bits dans la station de Mekhadma et de 2,53 bits dans la station de Hassi Ben Abdallah. La valeur de E est de 0,58 dans les deux stations.*

Mots clés: *Peuplement avien, palmeraie, densité, richesse, Sahara.*

SOME ASPECTS ON BIRDS FAUNA IN TWO PALMS OF NORTHERN SAHARA (ALGERIA)

Abstract.- *The study of avian population in the two groves of Mekhadema and Hassi Ben Abdallah in the basin of Ouargla (Algeria), highlighted 43 species belonging to 23 families and 11 orders. The order Passeriformes is the most supplied with 24 species. Values of the total wealth of the birds recorded during the study period are 34 species in the station Mekhadema and 28 species in Hassi Ben Abdallah. The density of bird species varies from one station to another, between 0.5 and 44 couples in the station of Mekhadma and fluctuates between 0.5 and 42.5 couples in Hassi Ben Abdallah. The value of the diversity index of Shannon-Weaver applied to birds is 2.71 bits in the station of Mekhadma and 2.53 bits in the station of Hassi Ben Abdallah. The value of E is 0.58 in both stations.*

Key words: *Avian population, palmgrove, density, wealth, Sahara*

Introduction

Les oiseaux et les mammifères jouent un rôle primordial dans les équilibres écologiques face aux ravageurs des cultures au champ comme dans les lieux de stockage. Ils contribuent à la limitation des populations des espèces-proies même si le prélèvement effectué peut paraître faible [1]. Les rongeurs comme *Mus musculus* Linné, 1758 et *Gerbillus gerbillus*, font partie du menu trophique de plusieurs prédateurs appartenant à la classe des oiseaux [2]. Ces rongeurs peuvent aussi être très nuisibles que ce soit dans les

lieux de stockage ou en plein champ [3]. Il est à souligner également que ces derniers constituent des réservoirs de germes pathogènes responsables de la transmission de maladies à l'homme telle que la leishmaniose cutanée en Algérie [4,5]. D'une manière générale les travaux faits sur la bioécologie des espèces d'oiseaux au Sahara sont multiples. Il faut citer HEIM de BALSAC (1926) [6], les ouvrages généraux de HEIM de BALSAC et MAYAUD (1962) [7] et d'ETCHECOPAR et HUE (1964) [8] et les études de BOUKHEMZA (1990) [9] à Timimoun, de DEGACHI et DOUMANDJI (1995) [10] dans trois palmeraies d'El Oued, de GUEZOUL et DOUMANDJI (1995) [11], de HADJAIDJI-BENSEGHIER (2002) [12] dans la région d'Ouargla, de BOUZID (2003) [13], sur la bioécologie des oiseaux d'eau dans les chotts d'Aïn El-Beïda et d'Oum Er-Raneb et de CHERIFI (2003) [14] à Tamentit.

1.- Matériel et méthodes

La région d'Ouargla apparaît au fond d'une large Cuvette, celle de la vallée d'Oued M'Ya (31° 07' à 31° 57' N.; 5° 19' à 5° 43' E.). Celle-ci atteint près de 30 km de large. Son altitude est de 157 m. Elle est limitée au Nord par Sebket Safioune et au Sud par Sedrata. L'Erg Touil s'étend à l'Est et à l'Ouest. Elle est bordée par le versant oriental de la dorsale du M'Zab [15].

Dans cette cuvette du Sahara septentrional Est-algérien, le choix a porté sur deux stations d'étude, la station de Mekhadema qui est une palmeraie à plantation traditionnelle et celle de Hassi Ben Abdallah désignant une plantation moderne. Elles diffèrent par la structure de la végétation.

La station de Mekhadma se situe dans un secteur agricole, à 6 km au Sud d'Ouargla. Elle couvre une superficie de 80 ha (31° 57' N.; 5° 25' E.). Elle est caractérisée par une plantation hétérogène en termes de densité et de variété d'espèces végétales. L'écartement entre les palmiers-dattiers varie entre 2 à 9 m, ce qui donne à la palmeraie la physionomie d'un milieu fermé. Les drains non entretenus et non fonctionnels, favorisent le développement des plantes spontanées. Les espèces végétales rencontrées, sont représentées surtout par *Phragmites communis* Trin., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Aristida pungens* Desf. qui sont des Poaceae et *Zygophyllum album* L. (Zygophyllaceae).

La station de Hassi Ben Abdallah est située à 26 km au nord-est d'Ouargla (31° 54' N.; 5° 18' E.) couvrant une superficie de 361 ha. Cette station se caractérise par une homogénéité en terme de densité de la plantation dont les cultivars sont dominés par la variété Deglet Nour. Il est à noter l'absence totale d'un réseau de drainage et une faible densité des plantes spontanées comme *C. dactylon* et *Z. album*.

Dans la présente étude, pour l'inventaire de l'avifaune dans chacune des deux palmeraies, il est fait appel à deux méthodes, à savoir le dénombrement absolu (quadrats) et le dénombrement relatif (I.P.A.).

Pour le traitement des données, les indices écologiques utilisés, sont celles de composition dont la richesse [16], la densité [17] et les fréquences d'occurrence [18] et centésimales [19] ainsi que des indices de structure telles que la diversité de Shannon-Weaver [20] et l'équitabilité [16].

2.- Résultats

Au vu des résultats du tableau I, il est à mentionner la présence de 43 espèces appartenant à 11 ordres et 23 familles, recensées durant la période d'étude dans les palmeraies de Mekhadema et de Hassi Ben Abdallah. Avec 11 familles et 24 espèces, l'ordre des Passeriformes est le mieux représenté. Il est suivi des Columbiformes avec 2 familles et 4 espèces, les Falconiformes avec 1 famille et 4 espèces, les Strigiformes avec 1 famille et 3 espèces et les Coraciiformes avec 2 familles et 2 espèces. Les Anseriformes, les Ardeiformes, les Charadriiformes, les Ralliformes, les Galliformes et les Cuculiformes interviennent avec 1 famille et 1 espèce respectivement.

Tableau I.- Liste systématique des espèces d'oiseaux recensés dans les stations d'étude

| Ordres | Familles | Espèces |
|---|------------------|--|
| Anseriformes | Anatidae | <i>Tadorna ferruginea</i> (Pallas, 1764) |
| Ardeiformes | Ardeidae | <i>Egretta garzetta</i> (Linné, 1766) |
| Charadriiformes | Recurvirostridae | <i>Himantopus himantopus</i> (Linné, 1758) |
| Ralliformes | Rallidae | <i>Gallinula chloropus</i> (Linné, 1758) |
| Galliformes | Phasianidae | <i>Alectoris barbara</i> (Bonnaterre, 1829) |
| Cuculiformes | Cuculidae | <i>Cuculus canorus</i> Linné, 1758 |
| Coraciiformes | Meropidae | <i>Merops apiaster</i> Linné, 1758 |
| | Upupidae | <i>Upupa epops</i> Linné, 1758 |
| Falconiformes | Falconidae | <i>Falco biarmicus</i> Temminck, 1825 |
| | | <i>Falco pelegrinoides</i> Temminck, 1829 |
| | | <i>Circus aeruginosus</i> (Linné, 1758) |
| | | <i>Pandion haliaetus</i> (Linné, 1758) |
| Columbiformes | Columbidae | <i>Columba livia</i> Gmelin, 1789 |
| | | <i>Streptopelia senegalensis</i> (Linné, 1766) |
| | | <i>Streptopelia turtur</i> Linné, 1758 |
| | Pteroclididae | <i>Pterocles coronatus</i> Lichtenstein, 1823 |
| Passeriformes | Passeridae | <i>Passer domesticus</i> .x <i>P. hispaniolensis</i> |
| | Timalidae | <i>Turdoides fulvus</i> Desfontaines, 1823 |
| | Muscicapidae | <i>Ficedula albicollis</i> (Temminck, 1815) |
| | Corvidae | <i>Corvus ruficollis</i> Lesson, 1831 |
| | Emberizidae | <i>Emberiza striolata</i> Lichtenstein, 1822 |
| | Hirundinidae | <i>Hirundo rustica</i> Linné, 1758 |
| | Alaudidae | <i>Calandrella brachydactyla</i> (Leisler, 1814) |
| | | <i>Ammomanes deserti</i> (Lichtenstein, 1823) |
| | Motacilidae | <i>Anthus campestris</i> (Linné, 1758) |
| | | <i>Motacilla alba</i> Linné, 1758 |
| | Laniidae | <i>Lanius meridionalis elegans</i> Temminck, 1820 |
| | | <i>Lanius senator</i> Linné, 1758 |
| | Sylviidae | <i>Sylvia communis</i> Latham, 1787 |
| | | <i>Sylvia melanocephala</i> (Gmelin, 1789) |
| | | <i>Scotocerca inquieta</i> (Cretzschmar, 1830) |
| | | <i>Locustella</i> sp. |
| | | <i>Acrocephalus schoenobaenus</i> (Linné, 1758) |
| | | <i>Hippolais pallida</i> Hempr. et Ehrenb., 1833 |
| | | <i>Phylloscopus collybita</i> Vieillot, 1817 |
| | Turdidae | <i>Oenanthe leucopyga</i> (Brehm, 1855) |
| <i>Saxicola torquata</i> Linné, 1758 | | |
| <i>Cercotrichas galactotes</i> (Temminck, 1820) | | |
| <i>Luscinia megarhynchos</i> Brehm, 1831 | | |
| <i>Phoenicurus phoenicurus</i> Forster, 1817 | | |

L'ordre qui compte le plus d'espèces est celui des Passériformes avec 24 espèces soit donc 55,8% (tab. II). Puis viennent ceux des Columbiformes (9,3%), des Falconiformes (9,3%), des Strigiformes (7%) et des Coraciadiformes (4,7%). Les ordres les moins notés sont ceux des Anseriformes (2,3%), des Charadriiformes (2,3%), des Ardeiformes (2,3%), des Ralliformes (2,3%), des Galliformes (2,3%) et des Cuculiformes (2,3%).

Tableau II.- Répartition des espèces d'oiseaux recensées en fonction des ordres

| Ordres | Nombres d'espèces | Pourcentages (%) |
|-----------------|-------------------|------------------|
| Anseriformes | 1 | 2,33 |
| Ardeiformes | 1 | 2,33 |
| Charadriiformes | 1 | 2,33 |
| Ralliformes | 1 | 2,33 |
| Galliformes | 1 | 2,33 |
| Cuculiformes | 1 | 2,33 |
| Coraciadiformes | 2 | 4,65 |
| Strigiformes | 3 | 6,98 |
| Falconiformes | 4 | 9,30 |
| Columbiformes | 4 | 9,30 |
| Passeriformes | 24 | 55,81 |
| 11 | 43 | 100 |

Les valeurs de la richesse totale dans les deux stations d'étude sont respectivement de 34 espèces pour la station de Mekhadma et de 28 espèces pour celle de Hassi Ben Abdallah. A Mekhadma, il y a légèrement plus d'espèces aviennes qu'à Hassi Ben Abdallah.

La densité des espèces aviennes varie d'une station à une autre. Dans la station de Mekhadma, il y a 0,5 et 44 couples. La valeur la plus élevée est celle de *Streptopelia senegalensis* avec 44 couples, suivie de *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis* avec 39 couples, de *Streptopelia turtur* avec 37,9 couples, de *Turdoïdes fulvus* et de *Calandrella brachydactyla* avec une valeur de 15 couples. Les autres espèces sont représentées par des valeurs comprises entre 0,5 et 5,5 couples. Les valeurs de la densité dans la station de Hassi Ben Abdallah fluctuent entre 0,5 et 42,5 couples. La densité la plus élevée est celle de *Streptopelia turtur* avec 42,5 couples, suivie de *Streptopelia senegalensis* avec une valeur de 26,5 couples, de *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis*. Avec une valeur de 23 couples et de *Turdoïdes fulvus* avec 10 couples. Les autres espèces ont des densités comprises entre 0,5 et 6 couples.

Les fréquences centésimales des espèces d'oiseaux observées dans les palmeraies de Mekhadma et de Hassi Ben Abdallah sont présentées dans le tableau III.

Au cours de la présente étude, il est tenu compte de toutes les espèces d'oiseaux présentes en milieu agricole aussi bien celles qui possèdent un petit canton que celles ayant un grand canton. Dans la station de Mekhadma, les espèces dominantes sont *Streptopelia turtur* (33,1% > 2 x m; m = 2,94%), suivie de *Streptopelia senegalensis* (24,58% > 2 x m; m = 2,94%) et par *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis* (17% > 2 x m; m = 2,94%) (tab.

III). *Lanius meridionalis* (5,9%), *Turdoïdes fulvus* (6,61%) sont moins bien représentées que la Tourterelle maillée et le Moineau hybride. Les autres espèces aviennes possèdent de plus faibles pourcentages (0,1 à 2,3%). A Hassi Ben Abdallah, les espèces dominantes sont *Streptopelia turtur* (34,1% > 2 x m; m = 3,57%), *Streptopelia senegalensis* (24,6% > 2 x m; m = 3,57%), *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis* (15,9% > 2 x m; m = 3,57%) et *Turdoïdes fulvus* (12,6% > 2 x m; m = 3,57%). Les autres espèces notamment *Alectoris barbara* et *Lanius meridionalis elegans* correspondent à de faibles taux compris entre 0,1 et 5,2%.

Tableau III.- Fréquences centésimales des espèces aviennes notées à Mekhadma et à Hassi Ben Abdallah

| | Mekhadma | | Hassi Ben Abdallah | |
|---|----------|-------|--------------------|-------|
| | Ni | FC % | Ni | FC % |
| <i>Tadorna ferruginea</i> | 1 | 0,08 | 0 | 0 |
| <i>Egretta garzetta</i> | 4 | 0,30 | 0 | 0 |
| <i>Himantopus himantopus</i> | 2 | 0,15 | 0 | 0 |
| <i>Gallinula chloropus</i> | 26 | 1,97 | 0 | 0 |
| <i>Alectoris barbara.</i> | 1 | 0,08 | 1 | 0,07 |
| <i>Cuculus canorus</i> | 9 | 0,68 | 0 | 0 |
| <i>Merops apiaster</i> | 3 | 0,23 | 26 | 1,91 |
| <i>Upupa epops</i> | 23 | 1,75 | 0 | 0 |
| <i>Athene noctua saharae</i> | 0 | 0 | 3 | 0,22 |
| <i>Tyto alba</i> | 1 | 0,08 | 3 | 0,22 |
| <i>Otus scops</i> | 1 | 0,08 | 2 | 0,15 |
| <i>Falco biarmicus</i> | 2 | 0,15 | 4 | 0,29 |
| <i>Falco pelegrinoides</i> | 0 | 0 | 1 | 0,07 |
| <i>Circus aeruginosus</i> | 1 | 0,08 | 0 | 0 |
| <i>Pandion haliaetus</i> | 1 | 0,08 | 0 | 0 |
| <i>Columba livia</i> | 0 | 0 | 8 | 0,59 |
| <i>Streptopelia senegalensis</i> | 432 | 32,80 | 334 | 24,58 |
| <i>Streptopelia turtur</i> | 333 | 25,28 | 463 | 34,07 |
| <i>Pterocles coronatus</i> | 0 | 0 | 1 | 0,07 |
| <i>Passer domesticus</i> x <i>P. hispaniolensis</i> | 222 | 16,86 | 216 | 15,89 |
| <i>Turdoïdes fulvus</i> | 87 | 6,61 | 171 | 12,58 |
| <i>Ficedula albicollis</i> | 6 | 0,46 | 5 | 0,37 |
| <i>Corvus ruficollis</i> | 1 | 0,08 | 1 | 0,07 |
| <i>Emberiza striolata</i> | 3 | 0,23 | 0 | 0 |
| <i>Hirundo rustica</i> | 13 | 0,99 | 2 | 0,15 |
| <i>Calandrella brachydactyla</i> | 30 | 2,28 | 0 | 0 |
| <i>Ammomanes deserti</i> | 2 | 0,15 | 2 | 0,15 |
| <i>Anthus campestris</i> | 1 | 0,08 | 1 | 0,07 |
| <i>Motacilla alba</i> | 4 | 0,30 | 0 | 0 |
| <i>Lanius meridionalis elegans</i> | 77 | 5,85 | 71 | 5,22 |
| <i>Lanius senator</i> | 1 | 0,08 | 0 | 0 |
| <i>Sylvia communis</i> | 3 | 0,23 | 0 | 0 |
| <i>Sylvia melanocephala</i> | 0 | 0 | 4 | 0,29 |
| <i>Scotocerca inquieta</i> | 0 | 0 | 3 | 0,22 |
| <i>Locustella</i> sp. | 5 | 0,38 | 2 | 0,15 |
| <i>Acrocephalus schoenobaenus</i> | 3 | 0,23 | 2 | 0,15 |
| <i>Hippolais pallida</i> | 11 | 0,84 | 12 | 0,88 |

| | | | | |
|--------------------------------|------|------|------|------|
| <i>Phylloscopus collybita</i> | 4 | 0,30 | 14 | 1,03 |
| <i>Oenanthe leucopyga</i> | 3 | 0,23 | 0 | 0 |
| <i>Saxicola torquata</i> | 0 | 0 | 2 | 0,15 |
| <i>Cercotrichas galactotes</i> | 0 | 0 | 4 | 0,29 |
| <i>Luscinia megarhynchos</i> | 1 | 0,08 | 0 | 0 |
| <i>Phoenicurus phoenicurus</i> | 0 | 0 | 2 | 0,15 |
| Totaux | 1317 | 100 | 1359 | 100 |

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver et de l'équirépartition concernant les espèces aviennes vivant dans les stations de Mekhadma et Hassi Ben Abdallah sont rassemblées dans le tableau IV.

Tableau IV.- Indice de diversité de Shannon-Weaver et d'équirépartition des espèces d'oiseaux notées dans les deux stations

| | Mekhadma | Hassi Ben Abdallah |
|---------------------|----------|--------------------|
| H' (bits) | 2,71 | 2,53 |
| H' max. (bits) | 4,70 | 4,39 |
| Equirépartition (E) | 0,58 | 0,58 |

La valeur de l'indice de diversité de Shannon-Weaver appliqué aux oiseaux de la station de Mekhadma est de 2,71 bits (tab. IV). Par contre, celle notée pour le peuplement avien dans la station de Hassi Ben Abdallah est à peine plus faible (2,53 bits). Les deux valeurs de H' des stations de Mekhadma et de Hassi Ben Abdallah sont comparables. La valeur de E de la station de Mekhadma est de 0,58. La même valeur est obtenue pour les oiseaux de la station de Hassi Ben Abdallah. Cette valeur tendent vers 1, ce qui peut être expliqué par le fait que les effectifs des espèces aviennes en présence dans chacune des deux palmeraies ont tendance à être en équilibre entre eux.

3.- Discussion

L'étude du peuplement avien dans les stations fait ressortir 43 espèces appartenant à 23 familles et à 11 ordres. En effet, à Timimoun dans une plantation de palmiers dattiers, BOUKHAMZA (1990) signale 36 espèces d'oiseaux réparties entre 18 familles et 12 ordres [9]. Dans les palmeraies d'Ouargla, HADJAJIDJI-BENSEGHIR (2002) note également 36 espèces aviennes appartenant à 19 familles et 8 ordres [12]. Toujours à Ouargla, GUEZOUL et DOUMANDJI (1995) mentionnent à peine 25 espèces d'oiseaux appartenant à 13 familles et 4 ordres [11]. Dans la présente étude, l'ordre des Passériformes occupe le premier rang avec 24 espèces soit 55,8%. Puis viennent ceux des Columbiformes et des Falconiformes avec 4 espèces (9,3%), les Strigiformes représentés par 3 espèces (7,3%), les Coraciiformes avec 2 espèces (4,7%). Les ordres les moins notés sont ceux des Ansériformes, des Charadriiformes, des Ardeiformes, des Ralliformes, des Galliformes et des Cuculiformes avec une seule espèce (2,3%). HADJAJIDJI-BENSEGHIR (2002) rapporte, pour les Passeriformes 24 espèces, au sein des Columbiformes 4 espèces, des Ardéiformes 2 espèces et des Coraciaformes 2 espèces [12].

Les valeurs de la richesse totale des oiseaux enregistrées durant la période d'étude sont de 34 espèces dans la station de Mekhadma et de 28 espèces dans la palmeraie de Hassi Ben Abdallah. Le fait qu'à Mekhadma plus d'espèces aviennes sont contactées qu'à Hassi Ben Abdallah, s'explique par une plus grande hétérogénéité végétale dans la

première station cité. BLONDEL (1975), précise que la physionomie et la forme de la végétation sont en étroite liaison avec la richesse qualitative d'un peuplement avien [21]. De même la richesse apparaît en fonction du nombre de states végétales [22].

La densité des espèces aviennes varie d'une station à une autre, entre 0,5 et 44 couples dans la station de Mekhadma. La valeur la plus élevée est celle de *Streptopelia senegalensis* avec 44 couples, suivie par celles de *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis* avec 39 couples, de *Streptopelia turtur* avec 37,9 couples, de *Turdoïdes fulvus* et de *Calandrella brachydactyla* avec une valeur de 15 couples. Les valeurs de la densité dans la station de Hassi Ben Abdallah fluctuent entre 0,5 et 42,5 couples. La densité la plus élevée est celle de *Streptopelia turtur* avec 42,5 couples, suivie par celles de *Streptopelia senegalensis* avec une valeur de 26,5 couples, de *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis*. Avec une valeur de 23 couples et de *Turdoïdes fulvus* avec 10 couples. A Oued Souf, dans la palmeraie de Hobba, DEGACHI et DOUMANDJI (1995) notent 39,3 couples de *Streptopelia senegalensis*, 14,5 couples de *Passer* sp. et 7,5 couples de *Turdoïdes fulvus* [10]. A Filiach, GUEZOUL (2005) mentionne pour *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis* une densité égale à 26,8 couples/ 10 ha et 6,5 couples/ ha pour *Streptopelia senegalensis* [23]. Dans la station de Mekhadma les espèces dominantes sont *Streptopelia turtur* (33,1%), suivie de *Streptopelia senegalensis* (25,5%) et de *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis* (17%). A Hassi Ben Abdallah, les espèces dominantes sont *Streptopelia turtur* (34,2%), *Streptopelia senegalensis* (24,4%) *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis* (15,9%) et *Turdoïdes fulvus* (12,6%). Les valeurs de la fréquence centésimale du présent travail sont inférieures à celles enregistrées dans les palmeraies d'Ouargla par HADJAIDJI-BENSEGHIR (2002) qui signale que *Streptopelia senegalensis* domine avec 46,1%, suivie de *Passer domesticus* avec 41,4% [12].

Pour ce qui concerne la valeur de l'indice de diversité de Shannon-Weaver appliqué aux oiseaux de la station de Mekhadma, elle affiche 2,71 bits. Par contre, celle notée pour le peuplement avien dans la station de Hassi Ben Abdallah est à peine plus faible (2,53 bits). Ces valeurs sont comparables à celles trouvées par REMINI (1997) dans la palmeraie d'Ain Ben Noui 2,64 bits pour l'I.P.A. partiel 1; 2,53 bits pour l'I.P.A. partiel 2 et 2,67 bits pour l'I.P.A. partiel 3 [24].

La valeur de E de la station de Mekhadema est de 0,58. La même valeur est obtenue pour les oiseaux de la deuxième station celle de Hassi Ben Abdallah (0,58). Ces valeurs tendent vers 1, ce qui peut être expliqué par le fait que les effectifs des espèces aviennes en présence dans chacune des deux palmeraies ont tendance à être en équilibre entre eux. REMINI (1997) mentionne des valeurs de E de supérieures à celles trouvées dans le présent travail, soit 0,67 (I.P.A. partiel 3) et 0,9 (I.P.A. partiel 2) [24].

Conclusion

L'étude du peuplement avien dans les palmeraies de Mekhadma et de Hassi Ben Abdallah fait ressortir une quarantaine d'espèces. L'ordre des Passeriformes est le plus fourni avec une vingtaine d'espèces. Les valeurs de la richesse totale dans les deux stations d'étude sont respectivement 3/4 des espèces inventoriées pour la station de Mekhadma et de un peu plus de la moitié pour celle de Hassi Ben Abdallah. Pour les densités spécifiques, dans la station de Mekhadma, la valeur la plus élevée est celle de *Streptopelia senegalensis*. Dans la station de Mekhadma les espèces dominantes sont *Streptopelia turtur*, suivie de *Streptopelia senegalensis* et de *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis*. A

Hassi Ben Abdallah, les espèces dominantes sont *Streptopelia turtur*, *Streptopelia senegalensis*, *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis* et *Turdoïdes fulvus*. Il se veut que les milieux échantillonnés reflètent une diversité relativement moyenne, et les effectifs des espèces aviennes tendent vers un équilibre entre eux.

Références bibliographiques

- [1].- RAMADE F., 1984.- Eléments d'écologie- Ecologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill Inc, Paris, 397 p.
- [2].- ABABSA L. et DOUMANDJI S., 2006.- Aperçu sur le régime alimentaire de la pie-grièche grise *Lanius meridionalis* à Ouargla. Colloque international, l'Ornithologie algérienne à l'aube du 3^{ème} millénaire, Université El Hadj Lakhdar, Batna, pp. 15.
- [3].- GIBAN J. et HALTEBOURG M., 1965.- Le problème de la Mérie de Shaw au Maroc. C. R. Cong. Protect. Trop., Marseille: 587-588.
- [4].- BAZIZ B., 2002.- Bioécologie et régime alimentaire de quelques rapaces dans différentes localités en Algérie: cas de Faucon crécerelle *Falco tinnunculus* Linné, 1758, de la Chouette effraie *Tyto alba* (Scopoli, 1759), de la Chouette hulotte *Strix aluco* Linné, 1758, de la Chouette chevêche *Athene noctua* (Scopoli, 1769), du Hibou moyen-duc *Asio otus* (Linné, 1758) et du Hibou grand-duc ascalaphe *Bubo ascalaphus* Savigny, 1809. Thèse Doctorat d'Etat, Inst. nati. agro., El Harrach, 499 p.
- [5].- BITAM I., BAZIZ B., ROULIN J.M., BELKAID M. and RAOULT D., 2006.- Zoonotic focus of Plague, Algeria. Emerg. Infec. Dis., 12: 1975-1977.
- [6].- HEIM de BALSAC H., 1926.- Contribution à l'ornithologie du Sahara central et du Sud algérien. Mém. Soc. hist. natu. Afr. du Nord (1): 1-127.
- [7].- HEIM de BALSAC H. et MAYAUD N., 1962.- Les oiseaux du Nord-Ouest de l'Afrique. Ed. Lechevalier P., Paris, 485 p.
- [8].- ETCHECOPAR R. D. et HÜE F., 1964.- Les oiseaux du Nord de l'Afrique, de la Mer Rouge aux Canaries. Ed. Boubée et Cie, Paris, 606 p.
- [9].- BOUKHEMZA M., 1990.- Contribution à l'étude de l'avifaune de la région de Timimoun (Gourara): inventaire et données bioécologiques. Thèse Magister, Inst. nati. agro., El Harrach, 117 p.
- [10].- DEGACHI A. et DOUMANDJI S., 1995.- Quelques aspects de la bioécologie du peuplement avien de trois palmeraies d'El Oued (Sahara-Algérie). 1^{ère} Journée d'Ornithologie, 21 mars 1995, Lab. Ornith. appl., Dép. Zool. agri. et for., Inst. nati. agro., El Harrach, pp. 16.
- [11].- GUEZOUL O. et DOUMANDJI S., 1995.- Bioécologie de l'avifaune nicheuse de trois types de palmeraies de la région d'Ouargla (Sahara, Algérie). 1^{ère} Journée Ornithol., 21 mars 1995, Labo. Ornith. appl., Dép. Zool. agri. for., Inst. nati. agro., El Harrach, pp. 19.

- [12].- HADJAIDJI-BENSEGHIER F., 2002.- Contribution à l'étude de l'avifaune nicheuse des palmeraies de la cuvette d'Ouargla. Thèse Magister, Inst. nati. agro., El Harrach, 187 p.
- [13].- BOUZID A., 2003.- Bioécologie des oiseaux d'eau dans les chotts d'Aïn El Beïda et d'Oum Er-Raneb (Région d'Ouargla).Thèse Magister, Inst. nati. agro., El Harrach, 136 p.
- [14].- CHERIFI T., 2003.- La diversité avienne de l'oasis de Tamentit (Sahara central). 7^{ème} Journée Ornithologie, 10 mars 2003, Lab. Ornith. appl., Dép. Zool. agri. et for., Dép. Zool. agri., El Harrach, pp. 46.
- [15].- ROUVILLOIS-BRIGOL M. 1975.- Le pays de Ouargla (Sahara algérien). Ed. Département Géogr. Univ. Sorbonne, Paris, 389 p.
- [16].- BLONDEL J., 1979.- Biogéographie de l'avifaune algérienne et dynamique des communautés. Séminaire international avifaune algérienne, Dép. Zool. agri. for.,Inst. nati. agro., El Harrach, pp. 15.
- [17].- MULLER Y., 1985.- L'avifaune forestière nicheuse dans les Vosges du Nord, sa place dans le contexte médio-européen. Thèse Doctorat Sci., Univ. Dijon, 318 p.
- [18].- DAJOZ R., 1971.- Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
- [19].- DAJOZ R., 1975.- Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 549 p.
- [20].- MULLER Y., 1987.- Les recensements par indices ponctuels d'abondances (I.P.A.), conversion en densités de populations et test de la méthode. *Alauda*, vol. 55, (3) : 211-226.
- [21].- BLONDEL J., 1975.- L'analyse des peuplements d'oiseaux- Eléments d'un diagnostic écologique. La méthode des échantillonnages fréquents progressifs (E.F.P). *Rev. écol. (Terre et Vie)*, Vol. 30, (4) : 533-589.
- [22].- BLONDEL J., FERRY C. et FROCHOT B., 1973.- Avifaune et végétation, essai d'analyse de la diversité. *Alauda*, vol. 41 (1-2): 63-84.
- [23].- GUEZOUL O., 2005.- Reproduction, régime alimentaire et dégâts sur les dattes du moineau hybride *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis* dans une palmeraie à Biskra. Thèse Magister, Inst. nati. agro., El Harrach, 222 p.
- [24].- REMINI L., 1997.- Etude comparative de la faune de deux palmeraies l'une moderne et l'autre traditionnelle dans la région de Ain Ben Noui (Biskra). Mémoire Ing. agro., Inst. nati. agro., El Harrach, 138 p.

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE L'ACTIVITÉ TOXIQUE DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* AGENT CAUSAL DU BAYOUD

AZOUAOUI-AIT KETTOUT Tassadit* et RAHMANIA Fatma

Laboratoire de Recherche sur les Zones Arides, Faculté des Sciences Biologiques Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene

El Alia Bab Ezzouae, Alger, Algérie, E-mail : t_aitkettout@yahoo.fr; tazouaoui@usthb.dz

Résumé.- *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, agent causal de la fusariose vasculaire du palmier dattier, synthétise des composés toxiques en milieu de culture Czapeck-Dox liquide. Ces composés provoquent l'inhibition de la germination, des nécroses et l'accumulation de tanins dans les tissus de l'hôte. L'analyse des extraits par CCM a permis de détecter plusieurs composés dont l'acide fusarique. L'injection de ce dernier au niveau du collet de plantules du cultivar Deglet Nour provoque, trois semaines après, un flétrissement des feuilles suivi de la mort de la plantule, ainsi qu'une stimulation de la synthèse d'anthocyanes dans le limbe et dans les racines. Les résultats obtenus nous amènent à émettre l'hypothèse suivante: l'accumulation des flavonoïdes, substances impliquées dans la résistance, dans les feuilles et les racines, n'ont pas stoppé les dégâts causés par cette toxine, et que d'autres toxines sont probablement impliquées, soit en synergie avec l'acide fusarique, ou d'autres composés, soit seules.

Mots clés: Palmier dattier, *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, tests phytotoxiques, acide fusarique, anthocyanes.

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE TOXIC ACTIVITY OF *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, THE CAUSATIVE AGENT OF BAYOUD

Abstract.- *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, causal agent of *Fusarium* wilt of date palm, synthesizes toxic compounds in culture liquid medium Czapeck-Dox. These compounds cause inhibition of germination, necrosis and accumulation of tannins in the host tissues. Analysis of extracts by TLC has detected several compounds with fusaric acid. The injection of the latter at the collar of seedlings cultivar Deglet Nour causes, three weeks later, wilting of leaves followed by death of the seedling, and a stimulation of the synthesis of anthocyanins in the limb and roots. The results lead us to hypothesize the following: the accumulation of flavonoids, substances involved in resistance in the leaves and roots did not stop the damage caused by this toxin and other toxins probably involved, or in synergy with the ac. Fusaric or other compounds, either alone.

Keywords: Date palm, *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, phytotoxi tests, fusaric acid, anthocyanins

Introduction

Depuis plus d'un siècle, un champignon Ascomycète Imparfait, *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, (F.o.a.) peut-être en provenance du Maroc constitue une grave menace pour les palmeraies de l'Afrique du nord. Il est l'agent de la maladie dite Fusariose vasculaire ou Bayoud qui sévit actuellement au Maroc, au sud et sud-ouest Algérien et

quelques localités de la palmeraie Mauritanienne [1]. Tous les essais de traitement chimique ont échoué à cause de la localisation très interne du parasite, hors d'atteinte même des fongicides dits systémiques.

Le F.o.a. figure sur la liste des organismes de quarantaines, seul l'abattage des palmiers infectés et leur incinération permet de lutter actuellement contre la propagation de l'infection. Face à une alarme croissante et devant l'état sanitaire de plus en plus dégradé des palmeraies, des recherches ont été entreprises pour la mise au point d'une méthode de lutte permettant de mieux cerner l'étendue des contaminations et d'éviter l'abattage.

Les champignons phytopathogènes sont connus pour produire des toxines dans le milieu de culture et dans leurs hôtes [2]. Dans la majorité des cas, ces substances sont produites durant les premiers stades de la pthogénèse et reproduisent une partie ou la totalité des symptômes.

La plupart des phytotoxines sont des molécules à faible poids moléculaire et de structures très variées. Elles sont capables de diffuser à partir du site d'infection vers les tissus de la plante via les l'apoplastes.

Parmi les phytotoxines extraites et purifiées à partir du filtrat de culture de F.o.a, il est à noter les acides fusarique, aspergillomarasmine et phényle acétique [3,4].

Le présent travail, recherche les effets des composés toxiques contenus dans les filtrats et les extraits de toxines de F.o.a, sur la germination, les feuilles détachées et sur le taux des anthocyanes du cultivar sensible Deglet Nour.

1.- Matériels et méthodes

1.1.- Matériels

1.1.1.- Matériel fongique

La souche de F.o.a (26/01/Gh) utilisée a été isolée d'un palmier mâle bayoudé (Dokkar). Elle est mise à notre disposition par la station régionale de l'Institut de la Protection des Végétaux de Ghardaïa (fig. 1).



Figure 1.- Aspect du champignon *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* sur milieu PDA

1.1.2.- Matériel végétal

- Les graines

Nous avons choisi pour nos expérimentations les graines et les feuilles de la variété Deglet Nour du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*. L), connue pour sa sensibilité au bayoud.

- Les feuilles

Des feuilles de palmier dattier variété Deglet Nour, sont prélevées sur des plantes en pots au stade de développement 3 à 4 feuilles, cultivées en serre à l'U.S.T.H.B. (Algar) (fig. 2).



Figure 2.- Plantule de palmier dattier (*Phoenix dactylifera*. L)
variété Deglet Nour

- Poudre végétale

Les plantules sont déterrées, lavées à l'eau courante pour éliminer les traces de terre. Chaque échantillon est séché à l'air libre, et à température ambiante, à l'abri de la lumière et de l'humidité. Ils sont ensuite découpés en petits fragments et broyés à l'aide d'un mixeur. La poudre obtenue à partir de chaque échantillon, est pesée puis conservée dans un flacon stérile, jusqu'à analyse.

1.1.3.- Milieux de culture

- Milieu PDA

Il existe différents milieux favorables au développement du *Fusarium* et à sa prolifération, mais le plus utilisés est le milieu Potato-Dextrose-Agar (PDA), dont la composition est la suivante: 250g de pomme de terre (P), 20g de glucose (D), 20g d'agar (A) et QSP 1 litre d'eau distillée. Le milieu est autoclavé pendant 20 mn à 120°C.

- Milieu Czapek-Dox-liquide

Après plusieurs essais, il est opté pour ce milieu qui s'est révélé comme étant le plus favorable à la sporulation de F.o.a et aux synthèse et excrétion de toxines. Sa composition est la suivante: 3g de NaNO_3 , 1g de KH_2PO_4 , 0.5 de KCl; 0.5 de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0.01g de $\text{Fe SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 30g de Saccharose; l'ensemble est complété à QSP 1 litre d'eau distillée. Le milieu est réparti dans des flacons de 250 ml, à raison de 20 ml par flacon, puis autoclavé à 120 °C pendant 20 mn.

1.2.- Méthodes

1.2.1.- Inoculation des milieux de cultures

L'inoculation consiste à introduire 3 disques d'agar de 15 mm de diamètre portant une culture de F.o.a âgée de 5 jours dans des flacons de 250 ml contenant 20 ml de milieu Czapek-Dox liquide. Les flacons sont incubés à l'obscurité sans agitation à température de 27°C pendant 10 jours pour l'obtention de l'inoculum (fig. 3).



Figure 3.- Inoculum obtenu après 10 jours d'incubation à l'obscurité sans agitation

1.2.2.- Obtention des filtrats de cultures

L'inoculum est filtré à l'aide de 8 couches de gaze stérile, le surnageant obtenu constituera le filtrat de culture. Le culot contenant le mycélium et les conidies, est utilisé pour le calcul des poids frais et sec de la masse fongique par des pesées des mycéliums et conidies. Le poids de la matière fongique sèche est obtenu après dessiccation totale des conidies et mycéliums dans l'étuve à 60°C. Les résultats présentés constituent la moyenne de 10 répétitions.

1.2.3.- Extraction des toxines

L'extraction des toxines se fait à partir des filtrats de culture, selon la technique préconisée par BAKER *et al.* [5]. Elle se fait en trois temps à l'acétate d'éthyle (vol/vol) à l'aide d'une ampoule à décanter. Pour l'expérimentation, il n'est retenu que la phase éthylée; c'est-à-dire la phase supérieure. Après évaporation à l'obscurité, le précipité est dissous dans 5 ml d'acétone. Il constitue l'extrait de toxine. Il est utilisé pour les tests de toxicité et la caractérisation de l'acide fusarique par chromatographie sur couche mince (CCM) sur plaque de gel de silice 20x20 cm réf 60.F-254 avec un indicateur de fluorescence.

1.2.4.- Estimation de l'activité toxique de F.o.a

L'appréciation de l'activité toxique est réalisée en fonction de l'effet de l'inoculum et de l'extrait de toxine sur la germination, sur les feuilles détachées et sur la plante entière. Il est réalisé également une étude quantitative des anthocyanes.

1.2.4.1.- Effet sur la germination

Les graines stérilisées à l'hypochlorite de sodium (12%) sont mises dans des boîtes de Petri stériles, à raison de 10 graines par boîte, tapissées de papier filtre stérile imbibé de 10 ml d'eau pour les témoins, et pour les essais 10 ml de filtrat de culture (essai 1), et 10 ml de l'inoculum (essai 2). L'incubation se fait dans une étuve à 28°C à l'obscurité. Les graines sont arrosées 4 et 11 jours après. Les graines germées sont notées aux 7, 11, 17, et 21 jours après traitement.

Le pourcentage d'inhibition de la germination est calculé selon l'équation de HAIDER *et al.* (1986) [6].

Inhibition (%) = (nombre de graines germées de témoins – nombre de graines germées des traitées) / (nombre de graines germées de témoins) x 100

1.2.4.2.- Effet sur les feuilles détachées

Afin d'évaluer l'activité phytotoxique de F.o.a sur les feuilles du palmier dattier sensible, il est adopté la technique décrite par PUCH-CEH *et al.* (2005) [7].

Les feuilles sont prélevées sur des plantes en pots sous serre. Elles sont ensuite désinfectées à l'éthanol à 96%, rincées à l'eau distillée, séchées entre deux feuilles de papier absorbant puis placées dans un récipient en aluminium préalablement désinfecté à l'éthanol 96%, doublé de deux couches de papier absorbant humide.

L'activité des extraits de toxines est testée en plaçant, dans un premier temps, 60µl de chaque traitement sur deux incisions faites au scalpel, une au bas, l'autre au sommet de la face supérieure de la feuille. Un deuxième traitement est réalisé 48h après, soit 30µl de chaque solution. Une feuille sans incision est utilisée comme témoin 1 (T1). Une feuille avec incision inoculée avec de l'eau distillée est considérée comme deuxième témoin 2 (T2).

Deux (2) essais sont pris en considération à savoir: le traitement par l'inoculum et celui réalisé par l'extrait de toxine.

Les récipients sont bien protégés par un film transparent pour éviter le dessèchement des feuilles, et maintenus à température ambiante en lumière naturelle.

Le test de phytotoxicité consiste à calculer la surface nécrosée, enregistrée 24h, 48h, 72h et 96 h après le dépôt des différents traitements.

1.2.4.3.- Effet sur la plante entière

L'inoculation est réalisée sur les plantules de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L) cultivar sensible deglet-Nour. Les parties supérieures des racines sont déterrées délicatement. A 1,5 cm du collet, il est injecté l'équivalent de 1 ml de chaque solution (inoculum, acide fusarique). La méthode d'appréciation de la toxicité de l'inoculum et de l'acide fusarique sur les plantules du palmier dattier consiste à déterminer le taux d'anthocyanes 23j après inoculation selon le protocole d'analyse [8, 9, 10] qui repose sur l'hydrolyse acide des hétérosides du matériel végétal suivie de l'extraction et de la séparation des aglycones. Cette méthode permet à la fois de doser et d'identifier les Anthocyanidines, les Aglycones flavonoïques et les C-glycosyl-flavones.

Pour ce travail, nous nous sommes intéressés aux anthocyanidines. La teneur absolue en anthocyanes exprimée en cyanidine est donnée par la formule :

$$\Gamma (\% \text{ ou mg/g}) = n. DO / e. M.V.d / p$$

n = 6: c'est le facteur correctif qui tient compte du rendement de la transformation des leuco anthocyanes en anthocyanes et qui est d'environ 17%,

DO: Densité optique à la longueur d'onde 520 nm,

e : Coefficient d'absorption molaire de la cyanidine = 34700,

M: masse molaire de la procyanidine = 306,

V: volume de la phase aqueuse mesurée après hydrolyse,

d: facteur de dilution,

p: poids sec du matériel végétal = 0.5 g

1.2.4.- Etude histologique des racines et des feuilles de palmier

Elle est réalisée par observation directe dans les tissus hôtes sur des coupes transversales effectuées «à main levée» à l'aide d'une lame de rasoir, à différents niveaux. Les coupes sont montées directement entre lame et lamelle dans une goutte d'eau. Pour une meilleure observation des structures fongiques, les coupes des feuilles traitées par l'inoculum sont colorées par le bleu de coton au lactophénol, dont la composition est la suivante: 2v de glycérine, 1v de phénol, 1v d'acide lactique, 1 pincée de bleu d'aniline, 2v d'H₂O distillée. L'observation est réalisée au microscope photonique, au grossissement x400.

2.- Résultats et discussions

2.1.- Activité toxique sur la germination

Les résultats laissent apparaître l'existence de 3 lots de graines selon leur comportement en présence du parasite :

- Celles qui ne germent pas, il y a donc inhibition de la germination,
- Celles qui germent, mais présentent des taches nécrotiques,
- Celles qui germent, moins nombreuses, qui ne sont pas du toutes affectées et continuent leur croissance, elles surmontent l'attaque parasitaire.

Ces faits sont signalés SAAIDI (1979), MATHÉRON et BENBADIS (1994), RAHMANIA (1982 et 2000) après inoculation des plantules du palmier dattier par F.o.a

[11, 12, 13,14]. Il est donc intéressant de noter que, chez le palmier dattier, graines et plantules issues de semis ont le même comportement vis-à-vis de F.o.a et de ses toxines. L'ensemble des graines est inoculé dans les mêmes conditions (même souche pathogène, même milieu de croissance, même conditions de température, humidité et arrosage). Il semble envisageable l'existence de facteurs de résistance qui ne sont pas encore connus et inhérents à chaque individu. Les résultats obtenus sont regroupés sur la figure.3.

D'après nos observations la germination commence le 7^{ème} jour après la mise en germination aussi bien chez les témoins que chez les essais, ceci correspond au temps de latence.

La germination des graines de la variété sensible (Deglet Nour) témoin, est graduelle. Cette germination est faible la première semaine (17.5%), mais augmente progressivement jusqu'à germination de l'ensemble des graines, au 21^{ème} jour (100%). Le filtrat de toxine de F.o.a a une activité inhibitrice sur la germination des graines. Il cause une inhibition pour le premier lot et réduit le taux de germination pour les deux autres lots. En effet, la germination est progressive mais lente comparée au témoin. Un taux d'inhibition de 52.5%, est noté 21 jours après traitement.

L'effet de l'inoculum sur les graines de Deglet Nour se manifeste par le blocage de la germination; en effet, seules 2 graines ont germé la première semaine, avec un taux d'inhibition de 71.4%. Il est à signaler que quelques graines sont recouvertes par un mycélium bien développé (fig. 4). Au-delà du 7^{ème} jour, la germination est progressive mais très réduite par rapport à ce qui est observé chez le témoin et chez les essais traités avec l'inoculum, le taux d'inhibition est de 67.5% à la fin de la 3^{ème} semaine.

Au des résultats l'inoculum a un effet inhibiteur plus puissant que celui du filtrat de toxine, sur la germination des graines de Deglet Nour.

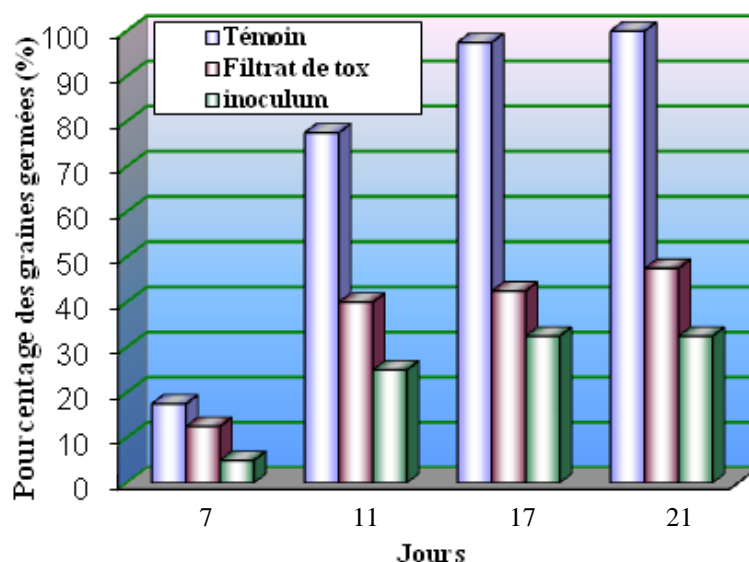


Figure 3.- Effet de l'inoculum et du filtrat de culture de F.o.a sur la germination des graines du cultivar sensible Deglet Nour

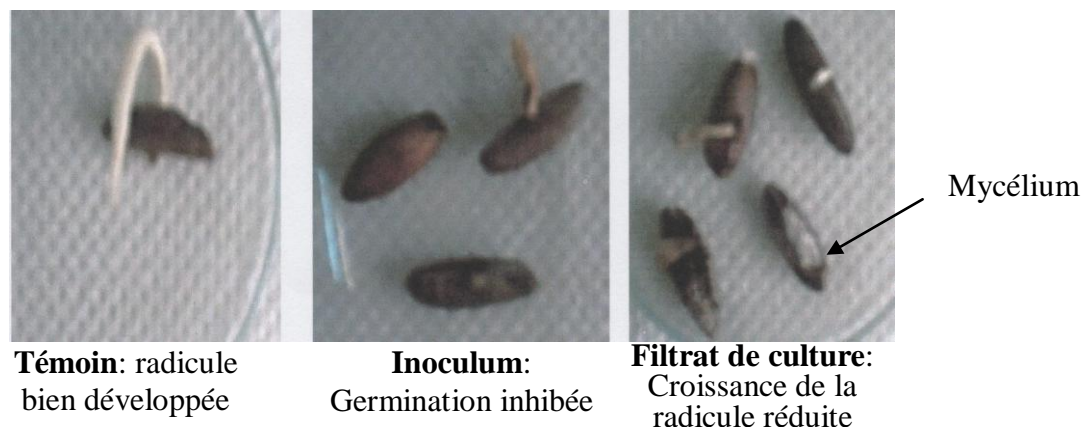


Figure 4.- Effets de l'inoculum et du filtrat de culture sur la germination des graines de Deglet Nour

2.2.- Effet sur les feuilles détachées

L'effet des toxines secrétées par le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* N est étudié par le calcul de la surface nécrosée au niveau des incisions effectuées sur les feuilles détachées du palmier dattier variété Deglet-Nour. Les résultats obtenus sont regroupés sur les figures 5, 6.

Les résultats montrent que les effets varient en fonction du type de traitement et du temps d'inoculation. Le témoin sans incision ne présente aucun symptôme visible pendant toute la durée de l'expérience. Chez le témoin avec incision, aucun symptôme n'est observé pendant les premières 48h, alors qu'à 72h après inoculation avec de l'eau distillée, une nécrose de 12 mm² est décelée uniquement au niveau N₁. Il s'agit d'une réaction à l'incision.

L'effet toxique de l'inoculum sur les feuilles détachées, en N₁, est noté 48h après inoculation. La surface nécrosée est de 6 mm². Elle augmente significativement après addition du deuxième traitement (30µl); la taille de la nécrose atteint 48 mm², soit une extension de 42 mm². Les mêmes résultats sont notés au delà de 72h.

Sous l'effet de l'extrait de toxines, il est à signaler une réaction rapide de mortification. En effet, les nécroses sont observées en N₁, 24h après inoculation, avec une augmentation progressive en fonction du temps, car la surface nécrosée atteint 66 mm² aussi bien à 72h qu'à 96h. L'analyse des différents résultats permet de mettre en évidence que l'extrait est plus toxique que l'inoculum.

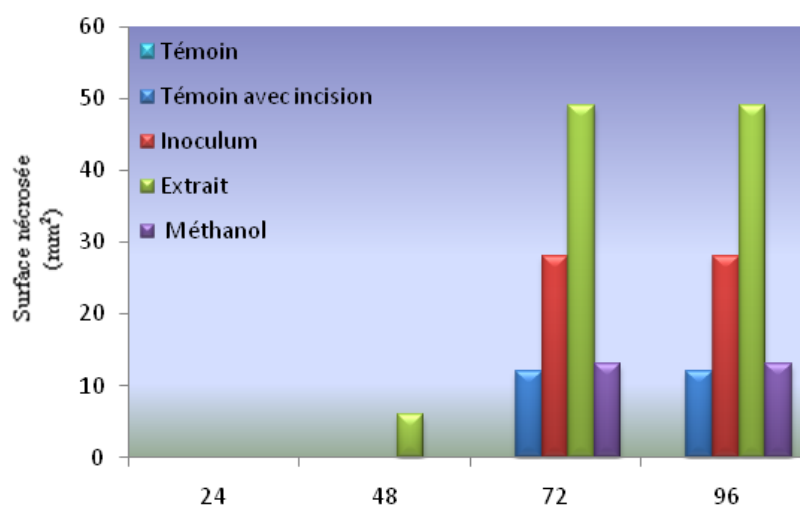


Figure 5.- Evolution de la surface nécrosée au niveau de N₁ sur feuilles détachées du cultivar sensible du palmier dattier

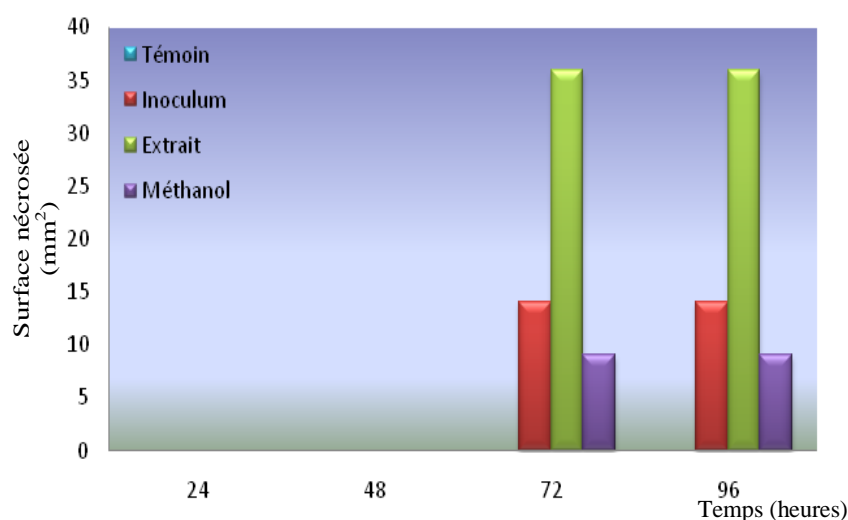


Figure 6.- Evolution de la surface nécrosée au niveau de N₂ sur les feuilles détachées et traitées du palmier dattier

2.3.- Effet sur la plante entière

Les résultats du dosage des anthocyanes effectués sur le limbe et la racine de plantules du cultivar étudié «Deglet Nour», sont exprimés en gramme (g) d'anthocyanes par gramme (g) de matière végétale sèche (gMVS). D'après les résultats représentés de la figure 7, nous constatons que chez les témoins la teneur en anthocyanes est de 3.92 g/gmvs dans les feuilles et de 0.86 g/gmvs dans les racines. Ainsi, les feuilles sont plus riches en ces substances que les racines. Après traitement des plantules, la teneur en anthocyanes augmente. En effet, sous l'effet de l'acide fusarique commercial, la teneur est plus élevée dans les racines (4.9 g/gmvs) par rapport au témoin, alors que sous l'effet de l'inoculum, les feuilles présentent un taux plus important (7.08 g/gmvs). Le traitement des plantules par l'acide fusarique extrait, *in vitro*, de F.o.a., entraîne une diminution du taux des anthocyanes dans les feuilles où une réduction de 56% est constatée, et une augmentation dans les racines.

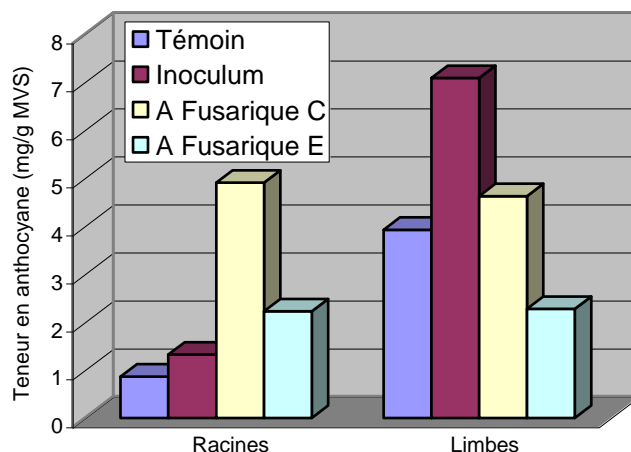


Figure 7.- Teneur en anthocyane chez les plantules de DN (mg/g de MVS) 23 jours après inoculation (A. fusarique C: A fusarique commercialisé, Acide fusarique E: A fusarique extrait de F.o.a.)

2.4.- Mise en évidence de l'agent pathogène dans les tissus

Des coupes transversales des racines des graines traitées de Deglet Nour sont réalisées et montées dans du bleu Coton. Les observations révèlent l'existence de structures que nous pensons être des chlamydo-spores (fig. 8); leur nombre varie d'une portion à une autre. Des résultats similaires ont été obtenus par RENARD (1970), qui a observé des chlamydo-spores de *Fusarium oxysporum* sur le rhizoderme et dans les parties internes des racines du palmier à l'huile et ce, 8 jours après inoculation avec un fragment de culture mycélienne [15].

Chez le palmier dattier, il est connu que l'infection des racines se fait aussi bien par le mycélium que par les conidies chez les jeunes plantules [14]. Les chlamydo-spores n'ont jamais été observées dans les tissus des jeunes individus.

Des coupes transversales sont également réalisées dans les feuilles témoin, les feuilles incisées et inoculées par l'inoculum ou par les extraits de toxines. L'observation au microscope photonique à différents grossissements permet de mettre en évidence l'accumulation de tanins, la diminution du nombre de chloroplastes et la désorganisation des cellules de l'épiderme, du mésophylle et des faisceaux cribro-vasculaires (fig. 8). L'accumulation des tanins semble plus importante et plus rapide chez les feuilles inoculées par les extraits. C'est une réponse du végétal à un stress biotique ou abiotique. En effet ces composés sont toujours présents en grande quantité chez les palmiers atteints de fusariose [13]. Ils se forment à partir d'une polymérisation des proanthocyanes ce qui explique leur diminution chez le Palmier malade.

3.- Discussions et conclusion

Les résultats laissent apparaître que dans les conditions expérimentales (Milieu Czapeck-Dox, Température de 23 °C), *Fusarium oxysporum* f sp *albedinis* produit *in vitro* des composés phytotoxiques qui sont excrétés dans le milieu de culture. Ceux-ci provoquent l'inhibition et le retard de la germination, ainsi que l'apparition de nécroses affectant les racines du cultivar DN, sensible à la fusariose. ORTON (1980) note que l'inoculum de *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii* cultivé sur milieu à base de Pomme de terre

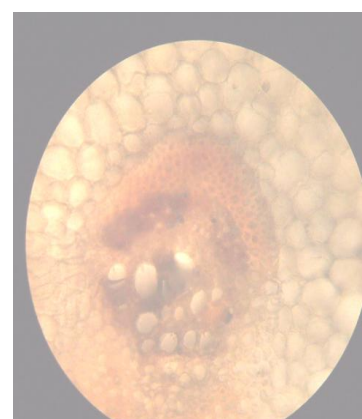
liquide retarde la germination dans toutes les lignées de céleri [16]. LIM *et al.* (1990) constatent que le filtrat de culture de *F. solani* causant le SDS (syndrome de la mort subite) du soja, inhibe la germination des graines [17]. DEHBI et HARZALLAH (2001) montrent que le filtrat de toxine de *Pseudomonas syringae* p v *tabaci*, affecte la croissance des tiges et des racines et la germination des graines chez le blé, l'orge, la vesce et la lentille et ce, à différentes concentrations [18]. Cette inhibition de la germination, serait due à l'influence des toxines libérées dans le milieu de culture. Ces toxines agiraient sur les embryons et sur les réserves des graines ou sur les enzymes durant la respiration et la division cellulaire.



Témoin, Gx400
FCV sans parasite



Localisation du mycélium dans les vaisseaux des feuilles inoculé par l'inoculum de F.o.a. Gx400.



Accumulation de tanins mésophylle et les FCV des feuilles inoculées par l'extrait de toxine de F.o.a.. Gx400.

Figure 8.- Etude anatomique des feuilles du cultivar Deglet Nour après traitement par l'inoculum et extraits de F.o.a.

En effet, les toxines sont impliquées dans une série de perturbations dans la cellule hôte. L'acide fusarique par exemple, produit par plusieurs espèces de *Fusarium* spp associée au flétrissement des bananiers, coton, pois, tomates et autres végétaux [19], affecte la perméabilité membranaire par l'inhibition de la sortie des protons et l'augmentation de la fuite des ions potassium et par l'inhibition de la respiration des feuilles d'*Egeria densa* [20].

Au cours de la présente étude, il a été observé que l'inoculum est plus toxique que le filtrat de toxine, ce qui explique que la virulence de F.o.a. dépend de son arsenal enzymatique et de ses toxines. Il ne faut pas, pour autant, écarter l'hypothèse de l'existence et l'intervention de plusieurs toxines [21] pouvant entraîner des symptômes spécifiques liés à leur nature chimique [22]. Si l'élaboration, la capacité de synthèse de toxines semble déterminer l'agressivité des souches, il n'est cependant pas certain ni établi, qu'elles soient impliquées, seules dans le pouvoir pathogène. D'autres composés peuvent intervenir, en particulier des enzymes.

L'estimation visuelle de l'activité toxique de F.o.a se manifeste par des nécroses des racines. Des résultats similaires ont été observés chez les racines d'orge et de tomates en présence des filtrats de toxine de *Helminthosporium teres* [23] et de *H. turcinum* [24]. Au cours de notre travail, nous avons également étudié l'effet de l'inoculum et des extraits

de toxines de F.o.a sur les feuilles détachées du palmier dattier cultivar Deglet-Nour. Les feuilles de palmier dattier paraissent sensibles aux extraits de toxines ainsi qu'à l'inoculum. En outre, la taille des nécroses augmente en fonction du temps qui suit l'inoculation et dépend également, de la concentration des composés toxiques.

La toxicité des différents traitements se traduit par des nécroses au niveau de l'incision. SEDRA (2006) et KHELAFI *et al.* (2006), signalent des nécroses 5 jours après immersion des feuilles détachées de vitroplants de Deglet Nour dans une solution FII de toxines de F.o.a (25 et 50 µg/ml). La taille de ces nécroses varie de 1 à 40 mm² et dépend de la concentration en toxines. D'après les figure 9 l'apparition des symptômes est plus précoce chez les plantules auxquelles l'on injecte l'acide fusarique que chez celles traitées par le filtrat de F.o.a. Cependant, les plantules témoins et piquées ne présentent aucun symptôme. SEDRA [26] en testant l'activité des toxines sécrétées par F.o.a agent causal du Bayoud, obtient des résultats similaires. Cet auteur a montré que les symptômes de la maladie sont caractérisés par une nécrose provoquant l'enroulement des feuilles puis un dessèchement total. Il note, néanmoins, que le début de l'apparition des symptômes a été plus précoce pour toutes les fractions toxiques, en particulier pour la fraction II (FII) chez le cultivar sensible Jihel.

Quant à la teneur des anthocyanes dans les deux organes des plantules témoins, nous constatons qu'elle est plus élevée dans les feuilles que dans les racines. Après traitement par l'acide fusarique, nous remarquons une augmentation du taux de ce composé aussi bien chez les feuilles que les racines. Il semblerait qu'il y ait une stimulation de leur synthèse dans la feuille par activation de la PAL.

Une purification complète des composés toxiques contenus dans les filtrats de culture de ce parasite du palmier dattier serait intéressante. Ce travail devrait aboutir à les identifier et permettrait, dans une seconde étape, d'élucider les mécanismes biochimiques mis en œuvre par le pathogène lors des processus infectieux.

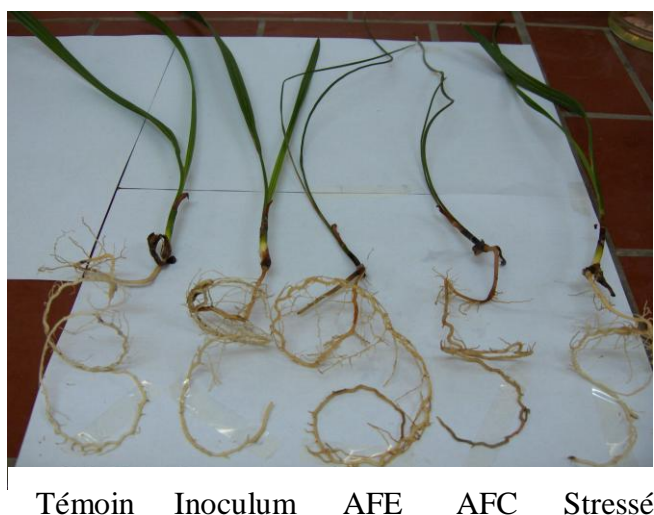


Figure 9.- Effet de F.o.a et de l'acide fusarique sur la morphologie des plantules 23 jours après inoculation (Témoin: plante saine non traitée, inoculum: plante inoculée par une solution de conidies, AFE: plante auxquelles est injecté de l'acide fusarique extrait du filtrat, AFC: plante auxquelles est injecté de l'acide fusarique du commerce, Sressé: plantules stressée par piquêre)

Références bibliographiques

- [1].- Sedra M. H., 2006.- Le Bayoud en Afrique du Nord: Extension, particularités de la variabilité génétique des souches de l'agent causal et nouveaux clones marocains du palmier prometteurs pour combattre la maladie. Conférence régionale «Mutagenèse Induite et Biotechnologies d'Appui pour la Protection du Palmier Dattier contre le Bayoud».
- [2].- Graniti A., 1992.- Phytotoxins and their involvement in plant diseases. Introduction, *Experientia*, 47: 751-755.
- [3].- Surrico G., Graniti A., 1977.- Produzione di tossine da *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. *Phytopathol*, 16: 30-33.
- [4].- Ait Kettout T., Rahmania F., 2010.- Identification par CG-SM de l'acide phénylacétique produit par *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, agent causal du bayoud. *C.R. Biologies*, 333: 808-813.
- [5].- Baker R. A., Tarum J. H., Nemic S., 1981.- Toxin production by *Fusarium solani* from fibrous roots of blight-disease *Citrus*. *Phytopathol*, 71:951-954.
- [6].- Haider M. M., Soulaïman E. D., Dawood R. K., 1986.- Effect of culture filtrate of five species of fungi and their inciture on seed germination and seedling development of sunflower. *J. Bio. Sci. Res.* 17:141-150.
- [7].- Puch-Ceh M., García-Sosa K., Peña-Rodríguez L. M, 2005.- Optimisation des conditions de culture de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. In *Info Musa*, Revue Internationale sur Bananiers et Plantains, 14: 21-23.
- [8].- Bate-Smith E. C., 1954.- Leuco-anthocyanins: 1- Detection and identification of anthocyanidins formed from leuco-anthocyanins in plant tissues. *Biochem. J.*, 58, 122-125.
- [9].- Lebreton P., Jay M., Voirin B., 1967.- Sur l'analyse qualitative et quantitative des flavonoïdes. *Chim. Anal.*, 49: 357-383.
- [10].- Jay M., Gonnet J. F., Wollenweber E., Voirin B., 1975.- Sur l'analyse qualitative des aglycones flavoniques dans une optique chimiotaxonomique. *Phytochemistry* 14: 1605-1612
- [11].- Saaidi M., 1979.- Contribution à la lutte contre le bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier. Thèse de Doct. Univ. Dijon, 140 p.
- [12].- Mathéron B., Benbadis A., 1994.- Etude comparée de l'infection par le *Fusarium oxysporum* f. sp. *albediniis*, de trois variétés de palmier dattier, l'une sensible (Deglet-Nour), les deux autres résistantes (Takerboucht et Tantabouchet). *Acta bot. Gallica.*, 141: 719-730.
- [13].- Rahmania F., 1982.- Contribution à la connaissance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et de l'agent du bayoud F.o.a aspects ultrastructuraux des relations hôte-parasite. Thèse de doctorat de troisième cycle, U.S.T.H.B., Alger.

- [14].- Rahmania F. 2000.- Contribution à la connaissance des relations histo-cytophysiologiques des relations parasitaires entre le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* agent causal bayoud. Thèse de doctorat d'état. U.S.T.H.B., Alger.
- [15].- Renard J. L. 1970.- La Fusariose Du Palmier à Huile: Rôle des blessures des racines dans le processus d'infection. *Oléagineux*, 11: 581-586.
- [16].- Orton T.G. 1980.- Effect of *Fusarium oxysporum* f. sp. *apii* on germination in celery (*Apium graveolens*). *Can. J. Bot.* 60: 34-39.
- [17].- Lim S. M., Song H. S., Gary L. E., 1990.- Phytotoxicity of culture filtrates from *Fusarium solani* isolated from soybean. *Phytopathol*, 80: 1044 (abstr).
- [18].- Dehbi F., Harzallah D., 2001.- Effet de la tabtoxine sur la croissance des plantes. Journées Techniques et Phytosanitaires, INPV, Alger.
- [19].- Kern H., Naef-Roth S., Rufner R., 1972.- Phytotoxins produced by *Fusarium*. In Wood R. K. S., Ballio., Graniti A., eds:Academic press, new york: 35-48.
- [20].- Marrè M. T., Vergani P., Albergoni F. G., 1993.- Relationship between fusaric acid, uptake and dits binding to cell structures by leaves of *Egeria densa* and its toxic effects on membrane permeability and respiration. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 42: 141-157.
- [21].- Smedegard-Petersen V., 1976.- Pathogenesis and genetics of net – spot blotch and leaf stripe of barley caused by *Pyrenophora teres* and *Pyrenophora graminea* dissertation. DSR Forlag. Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhegn.
- [22].- El-Ahmed A., 1975.- Verticilliose de l'Aubergine, agent pathogène, symptômes, action du parasite sur l'hôte. Thèse Docteur-ingénieur, n° 490, Université Paul Sabatier, Toulouse, France, 260 p.
- [23].- Barrault G., Basil A., Petitprez M., Albertini L., 1982.- Contribution à l'étude de l'activité toxique de *Helminthosporium teres*, parasite de l'orge (*Hordeum vulgare*). *Can. J. Bot.* 60: 330-339.
- [24].- Yoka P., 1975.- Contribution à l'étude de l'*Helminthosporium turcicum* parasite du Maïs. Thèse Docteur-ingenieur, N° 498, Université Paul Sabatier, Toulouse, France, 194 p.
- [25].- Khelafi H., Abed F., Yatta D., Djellal L., Yakhou M. S., Sedra My H., 2006.- Evaluation de mutants de la variété Deglet noir de Palmier Dattier pour la résistance au Bayoud. Conférence régionale « Mutagenèse Induite et Biotechnologies d'Appui pour la Protection du Palmier Dattier contre le Bayoud».
- [26].- Sedra My H., El Fakhouri R., Lotfi F., Lazrek H. B. Activités des toxines secrétées par *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, agent causal du bayoud du Palmier Dattier et d'autres formes spéciales du *Fusarium oxysporum*. *Al Awamia*, 98: 57-65.

EFFETS BIOLOGIQUES D'EXTRAITS AQUEUX DE *Peganum harmala* (L.) (ZYGOPHYLLACEAE) SUR LA MORTALITÉ ET LE DÉVELOPPEMENT LARVAIRE DE *Drosophila melanogaster* (DIPTERA-DROSOPHILIDAE)

HABBACHI Wafa^{1*}, BENHISSEN Saliha¹, OUAKID Mohamed Laid¹,
FARINE Jean-Pierre²

EGIDE/CMEP Tassili 09 MDU 758

⁽¹⁾Département de Biologie, Faculté des Sciences
Université Badji Mokhtar, 23000 Annaba, Algérie

⁽²⁾CSGA, CNRS UMR6265, Faculté des Sciences
Université de Bourgogne, 6 Bd Gabriel, 21000 Dijon, France
E-mail: habbachi.waffa@yahoo.fr

Résumé- *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) est une plante herbacée du pourtour méditerranéen dont les graines sont très riches en alcaloïdes indoliques qui lui confèrent un pouvoir larvicide (Biopesticide). Les effets toxiques de décoctions de graines et de feuilles sur la mortalité et le développement des larves de 3^{ème} stade de la drosophile, *Drosophila melanogaster* sont étudiés. Un traitement par ingestion montre une bonne activité larvicide de ces extraits avec des taux de mortalité pouvant aller jusqu'à 100 % pour les doses les plus élevées des extraits de graines. Au des résultats, les composés chimiques contenus dans les extraits, agissent sur le cycle de développement de la mouche car la plupart des pupes n'atteignent pas l'âge adulte.

Mots clés: *Peganum harmala*, *Drosophila melanogaster*, biopesticide, toxicité, développement.

BIOLOGICAL EFFECTS OF *Peganum harmala* (L.) AQUEOUS EXTRACTS (ZYGOPHYLLACEAE) ON MORTALITY AND DEVELOPMENT OF *Drosophila melanogaster* (DIPTERA, DROSOPHILIDAE)

Abstract- The seeds of the Mediterranean plant *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) are known to contain a number of indolic alkaloids. In this work, the potential toxic effects of seed and leaf decoctions have been studied on the development and the mortality of the third instar larvae of fly *Drosophila melanogaster*. Our results show that an ingestive treatment provokes an important mortality of the larvae; 100% larval mortality could be obtained using the higher concentrations of the seed extracts. Additionally, our data reveal that the various chemical components contained in the seed or the leaf extracts have an important impact at the level of the final development of the flies.

Key words: *Peganum harmala*, *Drosophila melanogaster*, biopesticid, toxicity, development.

Introduction

L'utilisation d'autres moyens de lutte que les insecticides de synthèse afin de contrôler les populations d'insectes nuisibles devienne de plus en plus nécessaire afin de préserver la santé des populations non ciblées. C'est pourquoi, on se focalise de plus en plus vers les composés naturels issus des plantes pour la mise au point des nouvelles molécules bioinsecticides. *Peganum harmala* (L.) (Zygophyllaceae) est une plante abondante dans les zones arides méditerranéennes (Maroc oriental, Sahara septentrional,

hauts plateaux Algériens, Tunisie, Lybie et Égypte) [1,2,3]. En médecine traditionnelle dans les pays arabes, les graines de *P. harmala* sont aussi utilisées depuis longtemps comme narcotiques, antihelminthiques, antispasmodiques, contre les rhumatismes et l'asthme [4,5].

Les Diptères regroupent un grand nombre d'insectes qui constituent un risque majeur pour la santé humaine [6]. La mouche du vinaigre, *Drosophila melanogaster* (M.) (Diptera, Drosophilidae), est un insecte facile à élever au laboratoire; sa reproduction est très rapide (environ 10 jours à 25°C). Dans la nature, elle vit en abondance sur les fruits mûrs ou en fermentation (orange, bananes, etc...) [7,8,9] ce qui peut lui conférer une certaine dangerosité en véhiculant divers microorganismes. Afin de cerner la toxicité de *P. harmala*, il est étudié les effets toxicologiques potentiels, directs (sur la mortalité) et différés (sur le développement) des extraits aqueux de cette plante contre les larves de la drosophile originaire de la région de Annaba (Algérie).

1.- Matériel et Méthodes

1.1.- Insectes

D. melanogaster, insecte cosmopolite, est une mouche responsable de la pourriture grise des fruits via les champignons qu'elle transporte. Les larves peuvent causer une irritation intestinale ou une diarrhée si on les avale en mangeant des fruits infestés [9]. Son cycle de vie, est très court (10 jours à 25°C) et comprend trois stades larvaires et un stade pupal d'où émerge un adulte qui est capable de voler et de se reproduire en moins de 24 heures. Chaque femelle adulte peut donner plus de 300 descendants [10].

1.2.- Élevage

Une souche sauvage récoltée sur des pommes pourries dans la région d'Annaba (Algérie), est utilisée [11]. L'élevage est réalisé dans des tubes en verre (9,5 cm de long et de 2,25 cm de diamètre) bouchés par un tampon de mousse et contenant un milieu nutritif gélosé à base de semoule de maïs et de levure de bière. L'élevage est maintenu à une température de 25±1°C, une humidité de 70 à 80% et une scotophase de 12 heures.

1.3.- *Peganum harmala*

Les feuilles de *P. harmala* émettent une odeur désagréable quand on les froisse. Les graines sont riches en alcaloïdes indoliques de type β-carboline dont les plus importants sont l'harmine, l'harmaline, l'harmol et l'harmalol [12], ce qui lui confèrent des propriétés hallucinogènes. La plante est toxique, mais le taux d'alcaloïdes est beaucoup plus élevé dans la graine (3 à 4 %) que dans les feuilles (0,52 %) ou que dans la tige (0,36 %) [13]. La plante utilisée pour la présente étude provient des oasis de Ouled Djellal située dans la région de Biskra (Algérie).

1.4.- Extraction

Les extraits des graines et des feuilles, se font par décoction dans l'eau distillée pendant 1 heure et 30 minutes. Après des essais préliminaires, cinq concentrations sont étudiées. Pour l'extrait des graines, les concentrations retenues sont 50, 100 et 200 g/l et l'extrait de feuilles sèches non broyées, il est retenu 200 et 300 g/l.

1.5.- Traitements

L'étude de l'activité larvicide des différents extraits se fait par ingestion. L'extrait aqueux (5ml) selon les concentrations retenues, est mélangé à 40g de nourriture des larves dans trois tubes. Dans chaque tube, il est placé 10 larves néonates du troisième stade issues d'un élevage de masse. Dans un quatrième tube ne contenant pas de traitement, 10 larves sont mises, servant de témoin. Le suivi de la mortalité et du développement des larves se fait durant 15 jours (temps nécessaire pour finir le développement).

1.6.- Analyses statistiques

Les concentrations létales et les temps létaux (CL₅₀, CL₉₀, TL₅₀ et TL₉₀), sont calculés selon les procédés mathématiques de Finney [14]. Les données sont transformées et normalisées d'après les tables de Bliss. Les calculs sont réalisés sur XLStat 2009.

2.- Résultats

Les résultats du tableau I montrent que les extraits aqueux des graines agissent sur la durée de développement larvaire et sur la mortalité des larves en fonction de la concentration appliquée. Les concentrations de 50 et 100 g/l présentent une faible activité larvicide mais allonge la durée de la vie larvaire (durée du 3^{ème} stade larvaire sans traitement d'environ 3 jours). A la concentration de 200 g/l, 80% de larves meurent après 15 jours de traitement. Il n'existe pas de différence significative entre les taux mortalité enregistrée et la concentration utilisée (p: 0,09 à 0,74) alors qu'il existe un effet temps sur la mortalité aux concentrations de 50 et 100 g/l (p: 0,02).

Tableau I.- Taux de mortalité (%) des larves de 3^{ème} stade traitées par différentes concentrations d'extraits aqueux de graines de *P. harmala* en fonction du temps (*: hautement significatif)

| Concentration (g/l) | 2j | 5j | 10j | 15j | F | p |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| 50 | 6,6 | 13,33 | 13,33 | 13,33 | 6,01 | 0,02* |
| 100 | 6,67 | 13,33 | 13,33 | 13,33 | 6,01 | 0,02* |
| 200 | 33,33 | 30 | 70 | 80 | 0,41 | 0,74 |
| F | 0,6 | 3,59 | 1,68 | 0,31 | | |
| P | 0,58 | 0,09 | 0,26 | 0,74 | | |

Les taux de mortalité des larves sont corrélés positivement aux concentrations ($R^2 = 0,75$) (tab. II A). La concentration létale de 50% atteint 851,14 g/l à 5 jours, 162,18 g/l à 10 jours et 138,04 g/l à 15 jours. 90% des larves meurent avec des concentrations qui varient entre 346,47 et 16982,44 g/l (tab. II A).

Pour les concentrations 50 et 100 g/l, il existe une corrélation positive entre le taux de mortalité et le temps d'exposition des larves du troisième stade aux extraits ($R^2 = 0,73$). Les temps létaux calculés sont de 1,4 et 1,38 jours pour les concentrations utilisées (tab. II B). A 200g/l, il existe une forte corrélation entre la mortalité et le temps d'exposition ($R^2 = 0,99$) et les temps calculés varient entre 8 et 19 jours (tab. II B).

Tableau II.- Paramètres toxicologiques de l'effet larvicide d'extraits aqueux de graines de *P. harmala* sur les larves L₃ de *D. melanogaster* (A: temps d'exposition des larves, B: concentrations utilisées, y: probits des taux de mortalités, X: le logarithme décimal des concentrations et/ou des temps)

| A | | | |
|----------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Temps (jours) | Droite de régression | CL₅₀ (g/l) | CL₉₀ (g/l) |
| 5 | $y = 2,13 + 0,98 X$ ($R^2 = 0,75$) | 851,14 | 16982,44 |
| 10 | $y = -0,98 + 2,71X$ ($R^2 = 0,75$) | 162,18 | 478,63 |
| 15 | $y = -1,94 + 3,24X$ ($R^2 = 0,75$) | 138,04 | 346,74 |
| B | | | |
| Concentration (g/l) | Droite de régression | TL₅₀ (j) | TL₉₀ (j) |
| 50 | $Y = 5,62 - 4,75 X$ ($R^2 = 0,73$) | 1,4 | 1,38 |
| 100 | $Y = 5,62 - 4,76 X$ ($R^2 = 0,73$) | 1,4 | 1,38 |
| 200 | $Y = 2,25 + 3,14 X$ ($R^2 = 0,99$) | 8 | 19 |

Les extraits aqueux foliaires de *P. harmala*, donnent un effet larvicide allant de 3,33 à 70% selon la concentration appliquée. Il est enregistré également une augmentation dans la durée de vie des larves (tab. III).

Tableau III.- Taux de mortalité (%) des larves du 3^{ème} stade traitées par différentes concentrations d'extraits foliaires de *P. harmala* en fonction du temps

| Temps (jours) | 200 g/l | 300 g/l |
|----------------------|----------------|----------------|
| 2 | 3,33 | 3,33 |
| 5 | 13,33 | 3,33 |
| 10 | 26,67 | 6,67 |
| 15 | 30 | 70 |
| F | 2,27 | 2,09 |
| P | 0,16 | 0,19 |

Il existe une corrélation positive entre le temps de traitement et la mortalité observée chez les larves ($R^2 = 0,99$; $R^2 = 0,55$) (tab. IV). Le temps léthal 50% est obtenu en 21 jours alors que 90% meurent bout de 81 jours lorsqu'on utilise 300 g/l et 110 jours si on utilise 200 g/l de l'extrait.

Tableaux IV.- Paramètres toxicologiques des extraits de feuilles de *P. harmala* en fonction de la concentration

| Concentration (g/l) | Droite de régression | TL₅₀ | TL₉₀ |
|----------------------------|--------------------------------------|------------------------|------------------------|
| 200 | $y = 2,62 + 1,79X$ ($R^2 = 0,99$) | 21 j | 110 j |
| 300 | $y = 2,08 + 2,20 X$ ($R^2 = 0,55$) | 21 j | 81 j |

L'Effet de *P. harmala* sur le développement larvaire, laisse apparaître que les larves traitées par des concentrations d'extraits de graines de 50 et 100 g/l, se développent

jusqu'au stade pupes puisqu'on enregistre de fort taux (presque 80%) de pupes issues des larves traitées. Ce taux chute fortement chez les larves traitées par la concentration de 200g/l (36,7% de pupes après 10 jours de traitement). Toutefois aucune larve n'est parvenu au stade adulte au bout de 10 jours et ce, quelle que soit la concentration utilisée. Concernant les extraits aqueux des feuilles, on retrouve les mêmes tendances à savoir un développement normal jusqu'au stade de pupes et une absence d'émergence d'adulte pour les fortes concentrations (tab. V).

Tableau V.- Pourcentages cumulés de pupes et d'adultes obtenus après traitement des larves par différentes concentrations d'extraits aqueux de *P. harmala*

| | | | 2j | 5j | 10j |
|------------------------------------|---------|---------|------|------|------|
| Extrait aqueux des graines | Pupes | Témoin | 80 | 100 | - |
| | | 50 g/l | 76,7 | 76,7 | 76,7 |
| | | 100 g/l | 80 | 80 | 76,7 |
| | | 200 g/l | 6,7 | 6,7 | 36,7 |
| | Adultes | Témoin | 0 | 0 | 100 |
| | | 50 g/l | 0 | 0 | 0 |
| | | 100 g/l | 0 | 0 | 0 |
| | | 200 g/l | 0 | 0 | 0 |
| Extrait aqueux des jeunes feuilles | Pupes | Témoin | 80 | 100 | - |
| | | 200 g/l | 76,7 | 83 | 86,3 |
| | | 300 g/l | 6,67 | 10 | 76,7 |
| | Adultes | Témoin | 0 | 0 | 100 |
| | | 200 g/l | 0 | 0 | 70 |
| | | 300 g/l | 0 | 0 | 0 |

3.- Discussion

La lutte contre les insectes nuisibles nécessite de plus en plus l'utilisation de molécules nouvelles, sélectives, non toxiques pour les organismes utiles, biodégradables et ne provoquant pas une résistance chez les espèces cibles [15].

Plusieurs travaux ont mis en évidence l'effet toxique de *P. harmala*. Chez *Schistocerca gregaria* des tests d'alimentation de sur la plante fraîche [16] ont montrés son potentiel larvicide, puisque on enregistre une mortalité de 45% chez les stades larvaires [17,18]. L'effet des extraits de feuilles sur les femelles de *Schistocerca gregaria* entraîne également une diminution dans la prise de nourriture, une réduction de la motricité et des perturbations de la fonction de reproduction [19]. Des résultats similaires sont obtenus chez des jeunes adultes de criquets après addition des extraits alcaloïdes de *P. harmala* à leur alimentation [20].

Au des résultats de la présente étude, les extraits de *P. harmala* provoquent une mortalité chez les larves de *D. melanogaster*. Cette mortalité est fonction de la dose et du temps d'exposition. Ces extraits aqueux perturbent fortement la durée de développement des larves de *D. melanogaster* et ce qui influe sur le nombre de pupes. Il est enregistré un blocage total des mues imaginales. Les extraits de graines et de feuilles présentent également une toxicité non négligeable pour les larves du dernier stade des Drosophiles. Des résultats similaires sont signalés chez *Culex pipiens* [21].

D'une façon générale, au moment où l'insecte entre en contact avec un insecticide, ce dernier pénètre dans l'organisme et atteint, plus ou moins rapidement, les protéines et les enzymes cibles du métabolisme de base [15]. Bien que chez *D. melanogaster*, l'action exacte des toxines contenues dans les graines et les feuilles de *P. harmala* reste à déterminer, deux types de modifications peuvent être observés. Une activité accrue des systèmes de dégradation des xénobiotiques (et donc des insecticides) et une modification de la cible de l'insecticide qui devient alors capable de fonctionner correctement malgré la présence d'insecticide [22].

Références Bibliographiques

- [1].- Quezel P. et Santa S., 1963.- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. CNRS, vol. 2, 59 p.
- [2].- Ozenda P., 1977.- Flore du Sahara. Ed. CNRS: 312-322.
- [3].- Bézanger-Beauquesne L., Pinkas M., Torck M., Trotin F., 1980.- Plantes médicinales des régions tempérées. Ed. Maloine, Paris, 156 p.
- [4].- Siddiqui S., Khan O.Y., Faizi S., Siddiqui B. S., 1988.- Studies in the chemical constituents of the seeds of *Peganum harmala*: Isolation and structure elucidation of two β -carboline lactams, harmalanine and harmalacidine. *Heterocycles*, 27: 1401-1410.
- [5].- Bellakhdar J., 1997. La pharmacopée marocaine traditionnelle. Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Ibis Press, Saint Etienne, 764 p.
- [6].- Jolivet P., 1980.- Les insectes et l'homme. Collections PUF, 128 p.
- [7].- Baudry M., 1998.- Encyclopédie des sciences. ISBN 2-253-13020-6, 1456 p.
- [8].- Tavernier R. et Lizeaux C., 2002.- Sciences Vie Terre Term S – Spec. Maisonneuve et Larose, 117 p.
- [9].- Joly D., 2006. La drosophile: Un insecte au service de la science. Banque des savoirs: Biologie et génétique, 8 p.
- [10].- Bouharmont J., Masson P. L., Van Hove C., 2007.- Biologie. Révision scientifique de Charles- Marie Evrard. Ed. De Boeck université, 386: 1250 p.
- [11].- Bensafi H., 2010.- Etude ecophysiologique, systématique et lutte intégrée contre les drosophiles, vecteurs de la pourriture grise dans les cultures. Mémoire de Magistère, Université d'Annaba, Algérie. 67 p.
- [12].- Ben-Salah N., Amamou M., Jerbi Z., Ben-Salah F., Yacoub M., 1986.- Un cas de surdosage en *Peganum harmala* L. *Journal de Toxicologie Clinique et Expérimentale*, 6: 319-322.
- [13].- Finney D. J., 1971. *Probits analysis*. 3rd ed., Cambridge University Press, London, 87

333 p.

- [14].- Philogène B. J. R., 1991.- L'utilisation des produits naturels dans la lutte contre les insectes: problèmes et perspectives. La lutte anti-acridienne. Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris: 269-278.
- [15].- Idrissi Hassani L. M. et Hermas J., 2008. Effets de l'alimentation en *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) sur le tube digestif du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. (Orthoptera, Acrididae). Zool. Baetica., 19: 71-84
- [16].- Idrissi Hassani L. M., Ould Ahmedou M. L., Chihrane J. et Bouaichi A., 1998.- Effets d'une alimentation en *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur la survie et le développement ovarien du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forskål (Orthoptera, Acrididae). Ethnopharmacologia, 23: 26-41.
- [17].- Idrissi Hassani L. M., 2000. Contribution à l'étude phytochimique du harmel *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae) et étude de ses effets sur la reproduction et le développement du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forsk. Thèse Doctorat d'Etat, Université Ibn Zohr, Agadir, 214 p.
- [18].- Abbassi K., Atay-Kadiri Z., Ghaout S., 2003a.- Caractérisation des populations de *Schistocerca gregaria* (Forskål 1775) durant la recrudescence de 1995 au Sud du Maroc. Journal of Orthoptera Research, vol. 12 (2): 63-69.
- [19].- Abbassi K., Mergaoui L., Atay. Kadiri Z., Stambouli A., Ghaout S., 2003. Effets des extraits de *Peganum harmala* (Zygophyllaceae) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forskål, 1775). Zool Baetica, vol. 13/14: 203-217.
- [20].- Paris R. et Moyse H., 1981.- Matière médicale. Ed. Masson, Paris, vol.2, 292 p.
- [21].- Dorvault F., 1982.- L'officine. Répertoire générale de pharmacie pratique, 21^{ème} Edition, Paris, 1365 p.
- [22].- Haubruge E. et Amichot M., 1998.- Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., vol. 2 (3): 161-174.

QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES DANS L'ATLAS SAHARIEN CAS DU BASSIN NÉOGÈNE D'EL-OUTAYA (SUD ALGÉRIEN)

BRINIS Nafaa^{1*}, BOUDOUKHA Abderrahmane²

⁽¹⁾Département des sciences de la terre, faculté des sciences

Université Hadj Lakhdar, 05000 Batna, Algérie

⁽²⁾Institut d'hydraulique du génie-civil et d'architecture

Université Hadj Lakhdar, 05000 Batna, Algérie, E-mail: nafaa_brinis@yahoo.fr

Résumé.- La plaine d'El-Outaya se trouve dans une zone aride dans l'Atlas saharien au Sud algérien. Ses eaux souterraines sont caractérisées par une salinité assez élevée ainsi qu'une grande variabilité dans l'espace aquifère. Cette plaine est le résultat d'un remplissage néogène caractérisé par des formations évaporitiques. Le Trias avec son diapir de sel reste un élément très important dans la région par sa composition lithologique et ses contacts anormaux avec les autres formations. L'évaporation dans la région, est très intense et consomme la majorité des précipitations. L'hétérogénéité de l'aquifère néogène est due à la présence d'argile dans des proportions variables. La combinaison entre les outils, géologique, géophysique, statistique et chimique dans l'étude du chimisme des eaux souterraines permet de déterminer l'origine de la minéralisation et son évolution dans l'espace. Les résultats d'analyses effectuées indiquent la présence en fortes concentrations des éléments tels que Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ et Mg^{2+} .

Mots clés: Eaux souterraines, salinité, évaporites, échange de base, El-Outaya.

UNDERGROUND WATERS QUALITY IN THE SAHARIAN CASE OF NEOGENE OF EL-OUTAYA

Abstract.- The plain of El-Outaya is located in arid zone of the Saharan Atlas in southern Algeria. The groundwater are characterized by an important and variability of the salinity. The geology indicates that the plain is constituted by evaporitic rocks. The Dj. El Melah (trias) takes a very important place in the geology of the plain by its lithological composition and its abnormal contacts with the formations around. Evaporation in the area is very important and consumes the majority of the precipitations. The heterogeneity of the aquifer of neogene is caused by the presence of clay in variable proportions. The combination between the tools, geological, hydrodynamic, statistical and chemical in the study of the mineralisation allowed us to determine its origin and its evolution in the space. The analysis of groundwater samples indicates the presence in strong concentrations of Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ and Mg^{2+} .

Key words: Groundwater, salinity, évaporites, basic exchange, El-Outaya

Introduction

La plaine d'El-Outaya se trouve au Sud de l'Atlas saharien, dans les territoires de la wilaya de Biskra (fig. 1). Elle est tournée vers l'agriculture et compte plus de 11.000 habitants [1]. Elle a porté jadis plus de 100 fermes romaines dont on voit encore les ruines. Cette région est soumise à un climat aride et l'aquifère Néogène exploité dans cette plaine constitue une ressource importante pour l'irrigation, mais aussi pour l'alimentation en eau potable.

Le programme ambitieux de mise en valeur des terres de la plaine lancé cette dernière décennie vise à valoriser l'agriculture de la région et cherche à rentabiliser ses terres. Ce programme ne peut se concrétiser sur terrain sans une ressource hydrique abondante et de bonne qualité. Concrètement, les besoins en eau d'irrigation proviennent, en partie, du barrage de la Fontaine des gazelles se trouvant à l'amont, Mais l'essentiel provient des eaux souterraines.

Le problème posé par les exploitants dans certaines zones de la plaine n'est pas lié à la disponibilité des eaux souterraines mais plutôt à leurs qualités. L'étude de ces eaux montre en certains endroits montre une minéralisation assez élevée, caractérisée par un faciès gypso-salifère [2,3].

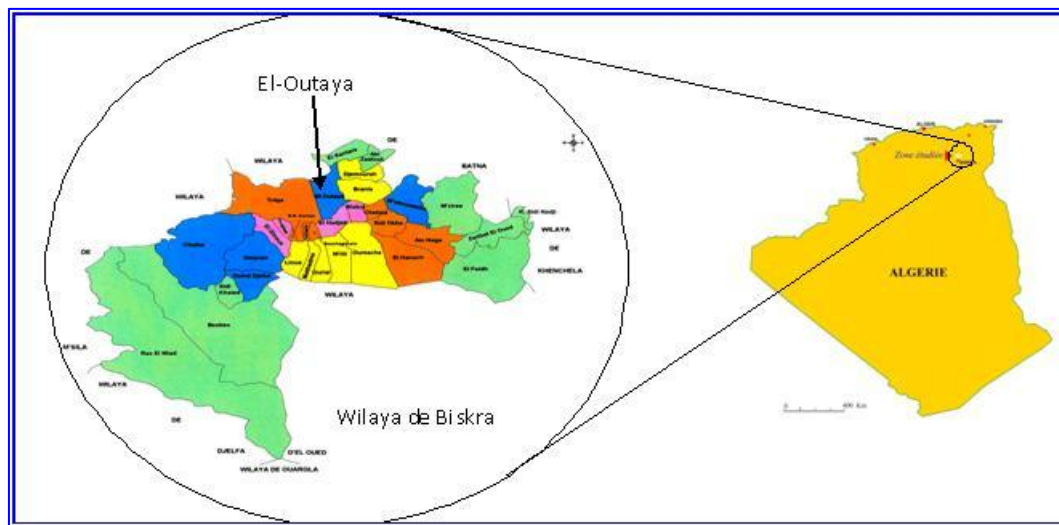


Figure 1.- Situation de la plaine d'El-Outaya (DPAT, 2009, modifié) [1]

1.- Contexte géologique

Le bassin d'El Outaya fait partie de la région de M'Doukal-Biskra qui forme une zone charnière, raccordant les deux grands ensembles atlasiens. Il est particulier par ses dimensions réduites (30 X 70 km), sa forme losangique limitée par des failles (E-W, NW-SE et NE-SW), ainsi que par sa position dans le domaine atlasique. C'est un bassin subsident orientée sensiblement E.NE-W.SW, et situé entre deux anticlinaux. Il se trouve au nord de l'anticlinal du Djebel Bourhezal (Biskra) et au Sud du dôme de Djebel El Melah (El-Outaya) (fig. 2). Il a fonctionné comme un bassin de sédimentation pendant tout le Néogène. Il est constitué à la base par un Miocène laguno-marin, recouvert par un Messinien gréseux fluvial, puis par des poudingues pliocènes. Les termes supérieurs, plus particulièrement pliocènes, sont fortement inclinés vers le centre du bassin où ils disparaissent sous une épaisseur considérable du Quaternaire [4,5,6,7].

2.- Contexte hydrogéologique

L'aquifère Néogène a été décrit selon les études géologiques comme un réservoir multicouches à cause des nombreuses passées argileuses ou grésifiées. C'est un aquifère complexe par sa composition lithologique hétérogène, et sa structure tectonique. La combinaison des outils, géologique, géophysique et les sondages mécaniques permet l'identification de trois niveaux perméables:

- Un niveau constituant un aquifère libre dans les terrasses en relation directe avec l'oued et d'une épaisseur d'une dizaine de mètres;
- Un niveau constitué de conglomérats pliocènes se trouvant à l'est de la plaine et d'une puissance de 200 m, avec des résistivités élevées, son épaisseur et sa résistivité diminue en direction du centre;
- Un niveau d'âge Miocène composé de plusieurs passages perméables, séparés par des argiles contenant du gypse. Il est caractérisé par une forte épaisseur au centre de la plaine, il est très hétérogène et sa structure est affectée par la tectonique.

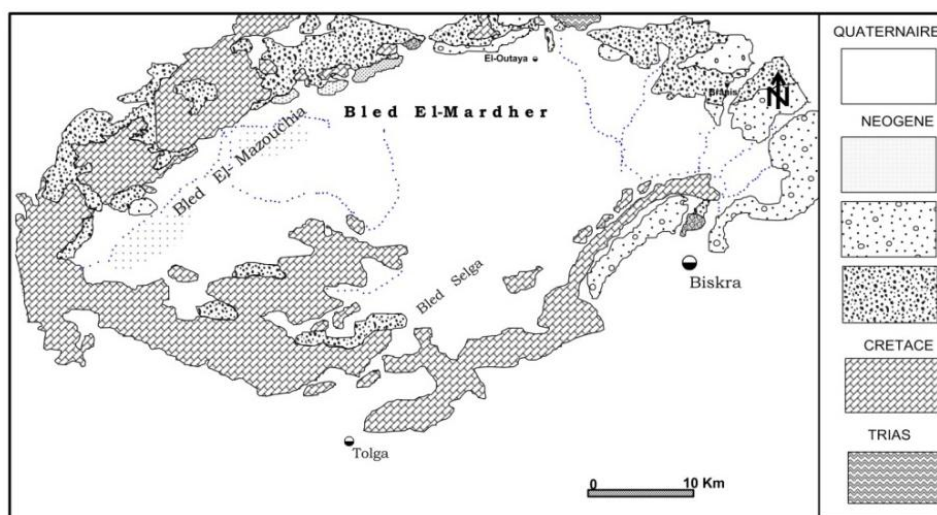


Figure 2.- Carte géologique de la plaine d'El-Outaya [6]

Concernant les directions privilégiées des écoulements souterrains, l'établissement de la carte piézométrique [8] a mis en évidence deux axes principaux:

- Un écoulement de l'Est vers l'Ouest dans la partie est de la plaine qui se fait à partir des conglomérats pliocènes;
- Un écoulement du Nord et du Nord Est vers le Sud et le Sud Ouest.

3.- Matériels et méthodes

Les résultats de 34 analyses chimiques effectués à l'agence nationale des ressources hydriques ont servi à l'établissement des diagrammes couplant le log du facteur de concentration et les logs des molalités des éléments majeurs. L'utilisation du facteur de concentration (Fc), permet de suivre l'évolution de la concentration des éléments chimiques dans les eaux, et notamment ceux qui apparaissent comme faciès dominants. Ce facteur (Fc) est estimé à partir du rapport entre la teneur en chlorures d'une eau et la plus petite teneur en chlorures observée dans l'ensemble des échantillons.

Il est procédé à un classement des 34 analyses selon leurs teneurs en ions chlorures, et suivre l'évolution de la molalité (meq/l) de chaque élément majeur (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) depuis les échantillons d'eau les plus dilués, aux échantillons les plus concentrés, en fonction de la molalité croissante de Cl^- (le nuage de points représentant les données de terrain ne s'oriente jamais suivant une pente supérieure à l'unité cela indique que la détermination du facteur de concentration des solutions à partir de leur molalité en ions chlorures est acceptable) [9].

Une eau de composition chimique donnée se concentre par évaporation. Si aucune précipitation ou dissolution n'intervient au cours de cet événement, la molalité totale de chacun des éléments en solution augmente proportionnellement au facteur de concentration. L'augmentation des concentrations des espèces aqueuses n'est pas proportionnelle au facteur de concentration. Certains peuvent augmenter fortement ou faiblement, d'autres peuvent même diminuer lorsque la concentration totale augmente [10].

Concernant l'étude de l'origine de cette minéralisation, 21 prélèvements sont sélectionnés pour le dosage du strontium (Sr^{+2}). Cet élément trace est lié aux évaporites. Il forme ainsi un bon marqueur de leur présence [11].

Le strontium permet de distinguer les sulfates provenant de l'oxydation des sulfures (teneurs faibles) de ceux issus de la dissolution des évaporites (teneurs élevées) [12]. Le rapport ionique (en concentration molaire) $\text{Sr}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ est caractéristique d'une origine évaporitique s'il est égal ou supérieur à 1‰ [13]. Il est supérieur à 5‰ dans les évaporites du Trias alpin [14].

4.- Résultats et discussion

Les résultats des paramètres physiques (conductivité, pH), éléments chimiques majeurs (Ca, Mg, Na, K, HCO_3 , Cl, SO_4 , NO_3) ainsi que l'élément trace strontium (Sr) permettent de définir le contexte géochimique de ces eaux, avec mise en évidence de leurs caractéristiques fondamentales (tab. I).

Tableau I.- Caractéristiques physico-chimiques des solutions analysées

| Variable | Ca (mg/l) | Mg (mg/l) | Na (mg/l) | K (mg/l) | HCO_3 (mg/l) | SO_4 (mg/l) | Cl (mg/l) | NO_3 (mg/l) | TDS (mg/l) | Con ($\mu\text{S.c m}^{-1}$) | pH | Sr (mg/l) | Sr/Ca (meq/l) |
|------------|-----------|-----------|--------------|----------|-----------------------|----------------------|-----------|----------------------|------------|--------------------------------|------|-----------|---------------|
| Min. | 96 | 77 | 92 | 2 | 98 | 420 | 219 | 0 | 1080 | 1110 | 7.4 | 1.79 | 5.91 |
| Max. | 348 | 250 | 997 | 6 | 314 | 1672 | 1328 | 30 | 4980 | 5940 | 8.82 | 6.49 | 9.27 |
| Moy. | 200.6 | 183.8 | 440 | 3.73 | 149.5 | 959.41 | 725.67 | 10 | 2999.41 | 3475 | 7.84 | 17 | 18.7 |
| Ecart-type | 66.76 | 55.86 | 254.1 | 1.31 | 45.41 | 371.11 | 353.82 | 5.78 | 1198.43 | 1423 | 0.28 | 3.88 | 3.27 |
| % E. type | 33.28 | 30.39 | 57.75 | 35.12 | 30.37 | 38.68 | 48.76 | 57.8 | 39.96 | 40.95 | 3.57 | 22.82 | 17.49 |

Il est perceptible, par ailleurs que l'écart par rapport à la moyenne est considérable pour certains éléments, tels que le sodium, les chlorures et les nitrates. Il avoisine 50% de la valeur de la moyenne. Ces anomalies peuvent être expliquées par l'écart important qui existe entre les valeurs minimales (supposées normales) et les valeurs maximales (anomalies). Pour les nitrates, cette variabilité est due probablement à une utilisation spatiale sélective des engrais. Alors que pour le sodium et les chlorures, qui proviennent de la dissolution de l'halite, il semble que les concentrations élevées sont limitées dans l'espace et ne concernent pas toute la plaine. En effet, elles sont en liaison avec les affleurements du Trias salifère. La déviation du reste des paramètres par rapport à la valeur moyenne est de l'ordre de 30%.

Les résultats d'analyses montrent une influence très marquée des évaporites par la présence en grandes teneurs du strontium dans les eaux de la région. Le rapport $\text{Sr}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ dépasse dans tous les cas 5‰. Les eaux analysées sont groupées dans trois grandes

familles: sulfatée magnésienne, sulfatée sodique et chlorurée sodique.

Les figures 3-7 montrent que tous les éléments n'évoluent pas proportionnellement au facteur de concentration.

La concentration de l'alcalinité carbonatée dans les eaux de la région peut provenir de la dissolution des calcaires ou des dolomies présents tous les deux dans les zones d'alimentation de la nappe. Le faciès carbonaté n'est pas dominant dans les eaux prélevées. La figure 3 montre que la molalité de l'alcalinité carbonatée n'évolue pas avec la concentration globale, et semble être prélevée de la solution pour participer à des précipitations dès le départ; l'indice de saturation de la calcite étant dans la solution entre l'équilibre et +1.15, l'aragonite entre -0.4 et +1, et la dolomite entre +1.16 et +2.78 [2].

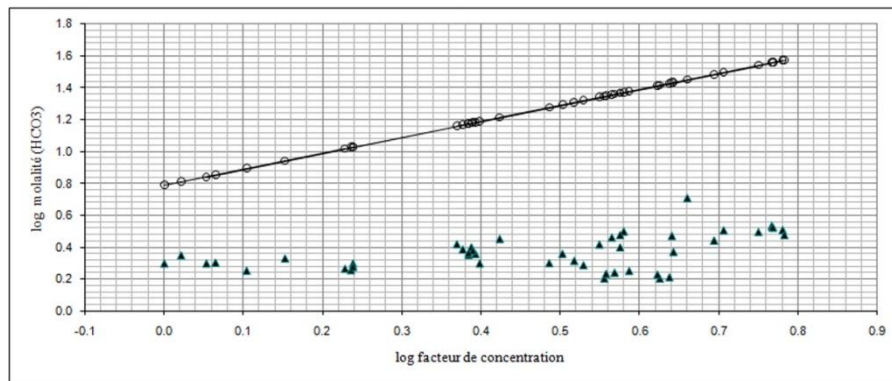


Figure 3.- Diagramme de concentration de l'alcalinité carbonatée

La figure 4 montre que le calcium est moins important que les chlorures mais il suit une certaine évolution avec le facteur de concentration. Il est remarqué cependant une légère diminution qui se fait sentir, puis une reprise de l'évolution (participation à des précipitations puis un apport de cet élément qui fait augmenter sa concentration).

L'importance de l'ion calcium par rapport aux bicarbonates indique un excès de ce dernier dans les eaux de la région, dû probablement à une autre origine que les carbonates (le gypse par exemple).

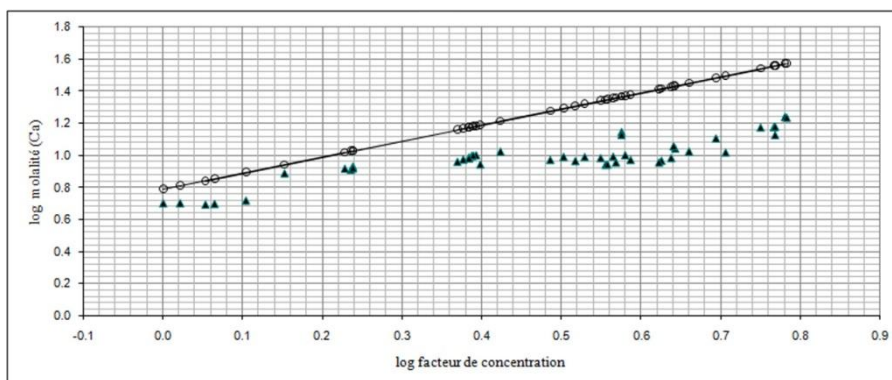


Figure 4.- Diagramme de concentration du calcium

La figure 5 indique une parfaite évolution du sodium avec le facteur de concentration à part quelques échantillons au début de la concentration. Cela indique une

dissolution simultanée des chlorures et du sodium issus de la même origine. Il s'agit de la halite (le diapir de sel au nord de la région). Cette parfaite évolution laisse à supposer qu'il n'y a pas départ de ces ions des eaux vers une éventuelle phase solide; indice de saturation de la halite entre -6.3 et -4.59 donc largement sous-saturé [2].

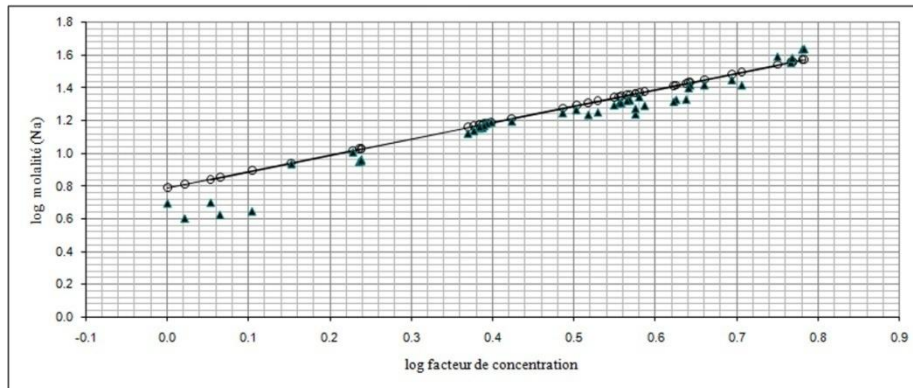


Figure 5- Diagramme de concentration du sodium

Les figures 6 et 7 montrent pratiquement le même comportement des molalités des sulfates et du magnésium par rapport à la concentration totale. La concentration de ces éléments est supérieure au facteur de concentration jusqu'à la valeur de 4.5 du log de ce dernier où les molalités des sulfates et du magnésium diminuent lorsque la concentration totale augmente (diminution plus importante du côté du magnésium). On peut déduire tout d'abord que ces deux éléments évoluent ensemble, sachant que les eaux sulfatées magnésiennes sont très présentes parmi les eaux de la région. Cette diminution peut s'expliquer par la participation du magnésium et des sulfates à des précipitations (dolomite et d'un degré moindre l'anhydrite et le gypse), indice de saturation de la dolomite entre 0.1 et 1.8. Une deuxième hypothèse quant à la diminution du magnésium est l'échange de base qui peut s'effectuer entre le sodium et le magnésium, et fait diminuer ce dernier en faveur du premier.

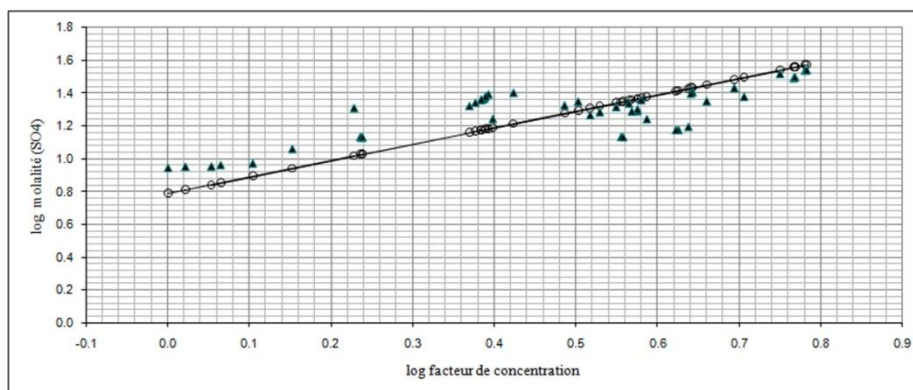


Figure 6.- Diagramme de concentration des sulfates

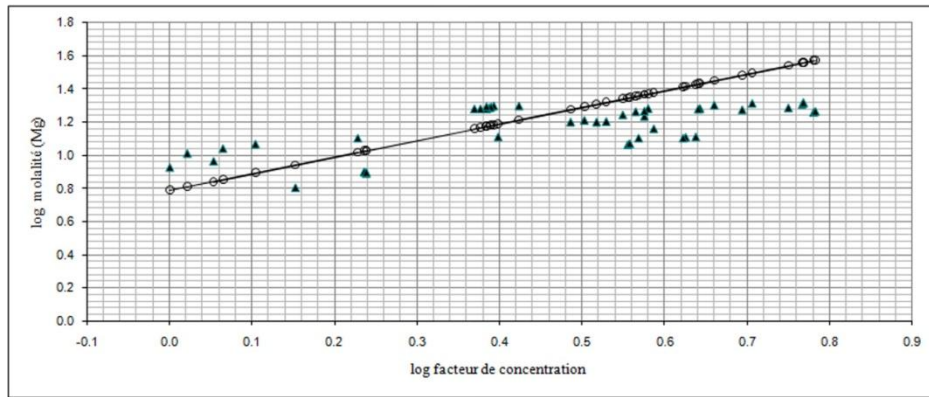


Figure 7.- Diagramme de concentration du magnésium

Pour mieux apprécier la relation qui semble exister entre les sulfates, le magnésium et le sodium, il est combiné les molalités des sulfates avec celles de ces deux autres éléments. Ainsi, les figures 8 et 9 montrent en plus de l'origine commune, l'existence des origines multiples des éléments, et que pour une molalité des sulfates de l'ordre de 28 (meq/l), le magnésium commence à diminuer alors que le sodium augmente avec les sulfates, ce qui peut être expliqué par un échange de base (87% des eaux de la région présentent un indice d'échange de base "i.e.b" positif [8]. La conséquence de ce phénomène est l'apparition du faciès sulfaté sodique dans les eaux de la région.

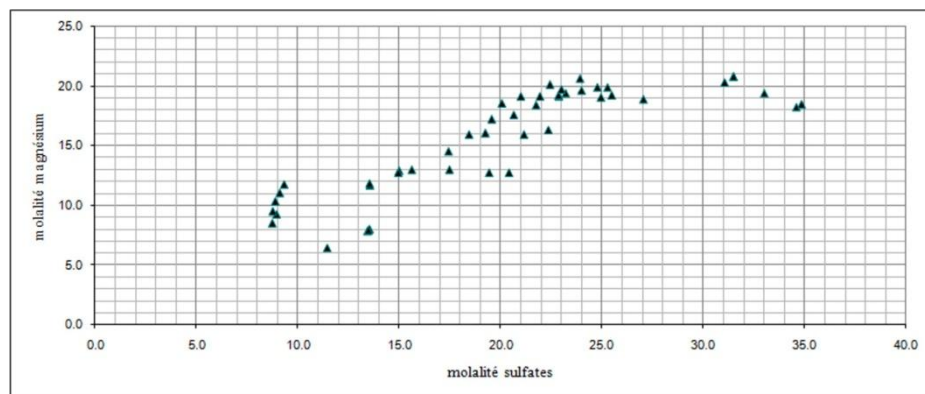


Figure 8.- Couple sulfates-magnésium

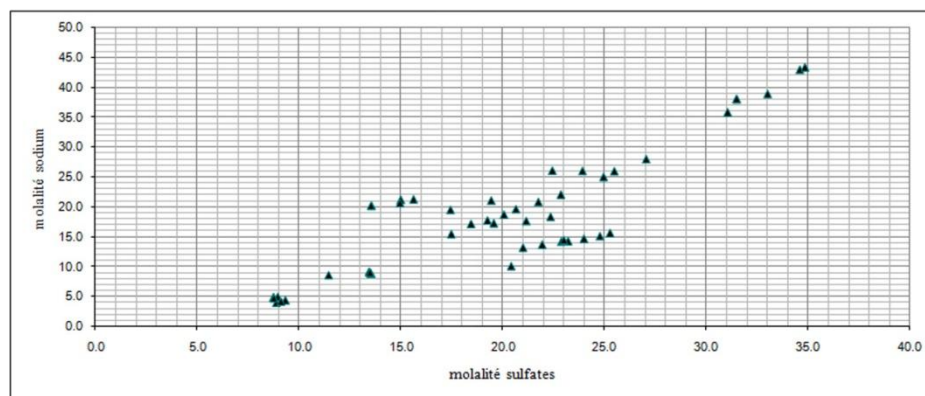


Figure 9.- Couple sulfates-sodium

Concernant le strontium, il est remarqué que les valeurs du rapport Sr^{2+}/Ca^{2+} dans les eaux étudiées sont très élevées et dépassent dans tous les cas 5‰. Ceci confirme l'origine évaporitique de ces eaux. Ce rapport atteint un maximum de 18‰ au centre et en allant vers l'Ouest de la plaine (zone de convergence des eaux). Puis il diminue progressivement vers le Nord, avec un max de 10‰, et vers l'Est où se trouvent les valeurs minimales (entre 6 et 8‰) [3].

Conclusion

L'étude hydrochimique des eaux souterraines de la plaine d'El-Outaya (zone aride) dans l'Atlas saharien montre une salinité assez élevée. La manière selon laquelle évoluent les éléments chimiques dans l'eau lors de leurs parcours souterrains détermine deux faciès dominants (chloruré et sulfaté). Par ailleurs, l'existence du phénomène d'échange de base est mise en évidence par la répartition spatiale des eaux sulfatées sodiques avec la diminution du magnésium et l'augmentation du sodium.

L'évolution des logs molalités des éléments majeurs en fonction du log du facteur de concentration (Fc) montre que la salinité de ces eaux est causée par les minéraux évaporitiques (gypse, anhydrite et halite), et spécialement par l'halite largement sous-saturée pouvant se dissoudre davantage, provoquant ainsi l'augmentation de la concentration globale. Tandis que les éléments issus des minéraux carbonatés n'évoluent pas proportionnellement au log facteur de concentration et participent à des précipitations. Les valeurs élevées du rapport (Sr^{2+}/Ca^{2+}) qui dépassent dans toute la plaine le seuil de 5‰, et atteignent une valeur de 18‰ confirment l'influence des roches évaporitiques.

Références bibliographiques

- [1].- DPAT, 2009.- Monographie de la wilaya de Biskra. Ed. Wilaya de Biskra: 13-27.
- [2].- Brinis N., 2003.- Essai d'explication de la salinité des eaux de la nappe du Mio-Pliocène, cas de la zone est de la plaine d'El-Outaya Biskra (Algérie). Mémoire de magister, Université Badji Mokhtar, Annaba, 150 p.
- [3].- Brinis N, 2011. - Caractérisation de la salinité d'un complexe aquifère en zone aride. Cas de l'aquifère d'El-Outaya – nord ouest de Biskra, Algérie. Thèse de doctorat en sciences de l'université Med khider, Biskra, 231p.
- [4].- Lafitte R., 1939.- Etude géologique de l'Aurès. Bull. Serv. Carte géol. Algérie, 2^{ème} sér., Stratigr. Descript. Région., n°15, 451 p.
- [5].- Guiraud R., 1990.- Evolution post-triasique de l'avant pays de la chaîne alpine en Algérie d'après l'étude du bassin du Hodna et des régions voisines. Pub. ONG, Alger, 259 p.
- [6].- Chebbah M., 2007.- Caractérisation sédimentologique et géochimique du Néogène, de part et d'autre de l'accident sud-atlasique, région de Biskra. Thèse de doctorat d'état de l'Université mentouri, 417 p.
- [7].- Chebbah M., Marmi R., et Lamouroux C., 2008.- Sédimentologie des faciès et paléogéographie du bassin d'El-Outaya au Néogène (Atlas saharien, Algérie).

Bulletin du Service Géologique National, vol. 19 (3): 235-244.

- [8].- Brinis N., Boudoukha A., Djabri L. et Mania J., 2009.- La salinité des eaux souterraines de la zone Est de la plaine d'El-Outaya (Région de Biskra, Algérie). Publication au Bulletin du Service Géologique National, vol. 20, (1): 49-61.
- [9].- Barbiero L., 1992.- Aspects géochimiques de l'alcalinisation des sols dans la Vallée du Dallol Bosso (République du Niger). Cah. ORSTOM, Sér. Pédol; Vol. XX VII (2): 143-152.
- [10].- Droubi A., 1976.- Equilibres entre minéraux et solutions. Programme de calcul appliqué à la prédiction de la salure des sols et des doses optimales d'irrigation. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol, vol. XIV (1): 13-38.
- [11].- Carré J, Pinta M., 1979.- Variations des teneurs en strontium dans les eaux du bassin de Paris. Note (remise le 9 avril 1979), C. R. Acad. Sc., Paris, tome 288 (23 avril 1979) Série D : 1115-1118.
- [12].- Abdesselem M, J. Mania, J. Mudry, J. P. Gélard, P. Chauve, H. Lami et C. Aigoun, 2000.- Arguments hydrogéochimiques en faveur de Trias évaporitique non affleurant dans le massif du Djurdjura (dorsale kabyle, élément des Maghrébides). Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 13, n° 2, 2000, 155-166.
- [13].- Bakalowicz M., 1988.- La formation des travertins : aspects géochimiques. Essai de synthèse et de discussion. In: les édifices travertineux et l'histoire de l'environnement dans le midi de la France, Aix-en-Provence, 280p. Travaux de l'UA 903 et ATP PIREN. Aix-en-Provence, n°XVII : 210-225.
- [14].- Meyrbek M., 1984.- Les fleuves et le cycle géochimique des éléments. Thèse Paris VI, ENSup., 506 p.

RECHERCHE PRELIMINAIRE DES SOURCES VEGETALES SAHARIENNES A ALCALOIDES POUR USAGE BIO-INSECTICIDES

BOURMITA Younes^{1,2}, BELBOUKHARI Nasser², CHERITI Abdelkrim¹,
OULD EL HADJ Mohamed Didi³

⁽¹⁾Laboratoire de Phytochimie et Synthèse Organique (LPSO)

⁽²⁾Laboratoire des Molécules Bioactives et Séparation Chirale (LMSBC)

Université de Bechar, 08000 Béchar, Algérie

⁽³⁾Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi arides (ECOSYS)

Université Kasdi Merbah Ouargla, 30000 Ouargla, Algérie. Email: Karimcheriti@yahoo.com

Résumé.- Les alcaloïdes occupent une place importante du fait de la diversité de leurs propriétés biologiques. Il est effectué le screening chimique à la recherche d'alcaloïdes contenus dans quelques plantes sahariennes choisies après enquêtes ethno-pharmacologique de la pharmacopée traditionnelle du Sud-Ouest Algérien. L'objectif de la présente étude, est la recherche de nouveaux bio-insecticides à base d'alcaloïdes.

Mots clés: Phytochimie, Criblage, alcaloïdes, bio-insecticide, plante médicinale, Sahara.

PRELIMINARY RESEARCH OF SAHARAN PLANTS AS SOURCE OF BIO-INSECTICIDAL ALCALOIDS

Abstract.- Alkaloids have an important place due to their diversity on biological properties, we have done the chemical screening for alkaloids in some Saharan plants, chosen from our ethno pharmacological investigations on the traditional pharmacopeia in South west Algeria. The aim of our work is the search for new bio-insecticidal at based alkaloids.

Key words: Phytochemistry, Screening, alkaloids, bio-insecticide, medicinal plant, Sahara.

Introduction

Les plantes utilisées dans la médecine traditionnelle, constituent une source importante de nouveaux principes actifs, de nombreux remèdes prescrits à des milliers de personnes dans le monde, sont d'origine naturelle, qu'on l'a découvert, en étudiant l'usage des plantes dans la médecine populaire. Il nous est apparu important de retenir des informations phytochimiques sur les plantes de la médecine traditionnelle du Sud-Ouest algérien [1,2], afin de rechercher de nouvelles sources d'alcaloïdes qui sont des substances organiques communément rencontrés chez 15 à 20% des plantes supérieures vasculaires. Le goût amer de ses substance en plus de leur toxicité, sont généralement suffisants pour repousser les herbivores, les insectes et les microorganismes. On retrouve dans ce groupe la morphine, la cocaïne et la mescaline qui sont des drogues puissantes, la quinine, la nicotine, la strychnine, etc. Elles peuvent affecter de manière importante le fonctionnement et la physiologie du système nerveux et provoquer des

problèmes de tremblement, de coordination, de battements cardiaques faibles, et la mort par arrêt respiratoire [3].

La relation plante et insecte fait l'objet de plusieurs recherches. Ainsi la position des nectaires intra-floraux, la forme, la grandeur et l'arrangement des pièces florales au moment de la pollinisation, la composition phytochimique et la nature biochimique de la sève, sont prévus dans le but exclusif de la visite des insectes chercheurs de nectar ou de source nutritive. A titre indicatif, les plantes à fourmis ont été depuis quelques années l'objet d'un grand nombre de travaux, destinés pour la plupart à mettre en évidence les relations plantes et insectes [4].

D'après OULD EL HADJ *et al.*, l'arsenal chimique quoique très diversifié n'a pas pu enrayer complètement le fléau ravageur. Il a alourdi le bilan environnemental. Une prise au sérieux des problèmes d'environnement et d'écologie, a incité les organismes et les institutions de rechercher à s'orienter vers la lutte biologique sous ses diverse formes pour lutter contre les ravageurs de cultures, et l'une de ces formes fait appel à l'utilisation de substances naturelles à effet bio-insecticides [5-7].

Les plantes sont très riches en molécules allélochimiques, de diversité structurale, réagissant comme bio-insecticide selon divers mécanismes:

- Repousser les prédateurs ou les empêcher de prendre de la nourriture (substances répulsives, irritantes), donner un goût désagréable à la prise alimentaire ce qui gêne la bonne conduite de l'équilibre alimentaire (substances astringences),
- Perturber le système digestif (composés anti-appétants) ou neurologique (toxines).

Parmi les substances produites par les végétaux, les alcaloïdes sont bien connus par leurs effets toxiques vis-à-vis des insectes [8,9].

1.- Méthodologie de travail

Au plan toxicologique la plupart des plantes incriminées dans des cas d'empoisonnement contiennent une ou plusieurs substances toxiques. Il est cependant possible de réunir les plus importantes selon des groupes distincts, pour mieux connaître les molécules cibles, leur origine phytochimique et efficacité biochimique.

Dans cette optique la présente étude se penche sur la recherche d'espèces végétales utilisées dans la pharmacopée traditionnelles du Sud-Ouest Algérien, riches en alcaloïdes.

Les plantes sont collectées aux environs de la ville de Bechar ou achetées chez des herboristes, et sont répertoriées selon l'herbier du Laboratoire de Phytochimie et Synthèse Organique [10].

Les investigations ont portés sur les feuilles, les tiges, les graines et les racines qui sont d'utilisation courante en médecine traditionnelle locale.

Les organes sont séchés à l'air libre à la température ambiante, puis broyés en poudre sur laquelle les tests du criblage phytochimique sont réalisés (réactif de Mayer ou

Dragendorff) [11].

1.- Résultats et discussion

Le présent travail est une continuité de la suite de recherches que nous avons précédemment réalisées [12,14], il s'agit de poursuivre l'étude phytochimique de différentes plantes médicinales du Sud-Ouest algérien.

Au cours de nos investigations, il est noté que certaines familles de plantes sont plus riches en alcaloïdes que d'autres. De même, ses alcaloïdes pour certaines plantes médicinales, sont localisés surtout dans les parties aériennes à savoir les tiges et les feuilles (tab. I).

Au vu de nos résultats, il est signalé pour la première fois la présence d'alcaloïdes dans certaines espèces endémiques de la région qui à notre connaissance ses espèces n'ayant fait l'objet d'aucun travail sur les alcaloïdes et pourraient être considérées comme de nouvelles sources de ces produits naturels. Il s'agit de *Calotropis procera*, *Hyoscyamus muticus* et *Pergularia tomentosa* qui sont trois plantes très abondantes dans le Sahara. Ces espèces végétales peuvent être valorisées comme source d'alcaloïdes, voir de bio-insecticides.

Tableau I.- Criblage phytochimique de différentes plantes utilisées dans l'étude
(- : absence, + : faible présence, ++ : présence moyenne, +++ : forte présence)

| Code | Espèce | Famille | Nom vernaculaire | Test de criblage des alcaloïdes |
|---------|---------------------------------|----------------|-------------------|---------------------------------|
| CA99/01 | <i>Limonastrum féei</i> | Plumbaginaceae | Melefet, Elkhadem | - |
| CA99/12 | <i>Atriplex halimus</i> | Salsolaceae | Guetaf | - |
| CA99/13 | <i>Chenopodium amrosiode L.</i> | Chenopodiaceae | Mekhenza | + |
| CA99/14 | <i>Zygophyllum album L.</i> | Zygophyllaceae | Agaya | - |
| CA99/16 | <i>Rhamnus alaternus L.</i> | Rhamnaceae | Meliles | - |
| CA99/18 | <i>Phlomis bilba Desf.</i> | Labiaceae | Khayata | + |
| CA99/22 | <i>Ephedra alata</i> | Ephedraceae | Alinda | + |
| CA99/25 | <i>Zilla macroptera</i> | Brassicaceae | Chebreg | + |
| CA00/02 | <i>Calotropis procera</i> | Asclepiadaceae | Kernka | +++ |
| CA00/14 | <i>Bubonium gravolens</i> | Asteraceae | Tafss | - |
| CA00/29 | <i>Cassia abus L.</i> | Cesalpinaceae | Boufetech | + |
| CA00/30 | <i>Salsola sp.</i> | Chenopodiaceae | Cherira | - |
| CA00/43 | <i>Hyoscyamus muticus</i> | Solanaceae | Elbetima | +++ |
| CA00/44 | <i>Pergularia tomentosa</i> | Asclepiadaceae | Aneb dib | +++ |
| CA00/50 | <i>Datura stramonium</i> | Solanaceae | Hebala | ++ |
| CA00/51 | <i>Suadela fruticosa</i> | Salsolaceae | Cheriat | - |
| CA02/01 | <i>Anvillea radiata coss.</i> | Asteraceae | Nougd | - |
| CA02/02 | <i>Launaea nudicaulis</i> | Asteraceae | Rgama | - |

Conclusion

Le criblage phytochimique est entrepris sur les alcaloïdes de dix huit plantes médicinales recensées en enquêtes ethno-pharmacologiques sur la pharmacopée traditionnelle du Sud-Ouest Algérien. Les résultats du screening ne présentent que le stade préliminaire de la recherche des principes actifs en l'occurrence les alcaloïdes des plantes médicinales du Sud-Ouest Algérien. Parmi les espèces végétales étudiées, il est noté celles qui sont riches en alcaloïdes, ce qui a permis de les cibler comme modèle d'étude de sources de bio-insecticides.

Références bibliographiques

- [1].- Cheriti A., Rouissat A., Sekkoum et Balansard G., 1995.- Plantes de la pharmacopée traditionnelle dans la région d'El-Bayadh (Algérie), *Fitoterapia*, vol. *LXVI*, (6): 525-537.
- [2].- Cheriti A. et Sekkoum K., 1995.- Phytochemical investigation of *Thymeleae Microphylla* growing in Algeria. *Acta Chim. Slov.*, 42: 373-374.
- [3].- Fournier A., 2002.- Les plantes toxiques, un danger potentiel pour votre bétail. Ed. Réseau agri. MAPAQ, Direction régional du Centre-du-Québec: 1-11.
- [4].- Regnault C. R., Philogène B. J. R., et Vientent C., 2008.- Biopesticides d'origine végétale. Ed. Tech. et Doc. Lavoisier, Paris, 546 p.
- [5].- Ould El Hadj M. D., Tankari Dan-Badjo A., Halouane F., 2003.- Etude comparative de la toxicité de trois substances acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocera gregaria* forskal, 1775 (Orthoptera, *Cyrtacanthacridinae*). *Courrier du savoir*, 3 : 81-86.
- [6].- Ould El Hadj, M. D., Tankari Dan-Badjo A. et Halouane F., 2006.- Toxicité comparée des extraits de trois plantes acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* Forskal, 1775 (Orthoptera, *Cyrtacanthacridinae*). *Sécheresse*, 17: 407-414.
- [7].- Bourmita Y. Cheriti A. et Ould El Hadj M. D., 2010.- Note de toxicité : Cas d'insecticide naturel pour des termites sahariennes. *Annales de L'Université de Bechar*, N°7: 94-100.
- [8].- Appert J., Deuse J., Coste R., 1982.- Les ravageurs des cultures vivrières et maraichères sous les tropiques. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 420 p.
- [9].- Bouchelta A., Boughdad A., Bienzar A., 2005.- Effets biocides des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits de *capsicum frutescens* L. (Solanaceae) sur *Bemisia tabaci* (Gennadius) (homoptera: Aleyrodidae). *Biotechnolol Agron Soc Environ*; 9: 21-30.
- [10].- Cheriti A., 2000.- Plantes médicinales de la région de Bechar, Sud-Ouest Algérien,

Rapport CRS TRA, Algerie : 1-12.

- [11].- Bruneton J., 2003.- Pharmacognosie, Phytochimie et plantes médicinales. Ed. Tec et Doc, 3^{ème} éd., France, 191 p.
- [12].- Cheriti A., Belboukhari N. et Hacini S., 2004.- Ethnopharmacological Survey and Phytochemical Screening of Some Medicinal Plants of Algerian Sahara. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 3 : 51-60.
- [13].- Belboukhari N., Cheriti A., 2006.- Phytochemical investigation of the bioactive extract from *Launaea arborescens*. Pak. J. Biol. Sci, vol. 9 (15) : 2930–2932.
- [14].- Sekkoum K., Cheriti A., Taleb S, Bourmita Y. et Belboukhari N., 2011.- Traditional Phytotherapy for Urinary Diseases in Bechar District (South-West of Algeria). Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 10 (8): 2616-2622.