



**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 1, Numéro 2, 2011



ALGERIAN JOURNAL OF ARID ENVIRONMENT

REVUE DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE LA VIE
LABORATOIRE DE PROTECTION DES ECOSYSTEMES EN ZONES ARIDES ET SEMI ARIDES
UNIVERSITE KASDI MARBAH-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 - Dr 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. DENDOUGUI H., Algérie - Pr. SAMRAOUI B., Algérie - Pr. COTE M., France - Pr. MICHAUD P., France - Pr. SERGE MARLET C., France - Pr. CHERITI A., Algérie - Pr. TAMISIER A. J., France - Pr. BOUTIN C., France - Pr. HAMDIA AISSA B., Algérie - Dr BISSATI S., Algérie - Dr ESNAULT M. A., France - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr CHELOUFI H., Algérie - Dr BOUTATAOU D., Algérie - Dr SIBOUKER O., Algérie - Dr O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Dr SAKER M. L., Algérie - Dr ADAMOUCHE A., Algérie - Dr IDDER M. T., 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>Comité scientifique - Pr. OULD EL HADJ M. D., Algérie - Pr. DADDA MOUSSA B., Algérie - Pr. MESSAITFA A., Algérie - Pr. HADJ-MAHAMMED M., Algérie - Pr. SOLTANI N., Algérie - Pr. BRINIS L., Algérie - Pr. BOUGHEDIRI L., Algérie - Pr. DOUMANDJI S., Algérie - Pr. DOUMANDJI-MITICHE B., Algérie - Pr. LAAMARI M., Algérie - Pr. HALITIM A., Algérie - Pr. BENALAOUA S., Algérie - Pr. DENDOUGUI H., Algérie - Pr. SAMRAOUI B., Algérie - Pr. COTE M., France - Pr. MICHAUD P., France - Pr. SERGE MARLET C., France - Pr. CHERITI A., Algérie - Pr. TAMISIER A. J., France - Pr. BOUTIN C., France - Pr. HAMDIA AISSA B., Algérie - Dr BISSATI S., Algérie - Dr ESNAULT M. A., France - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr CHELOUFI H., Algérie - Dr BOUTATAOU D., Algérie - Dr SIBOUKER O., Algérie - Dr O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Dr SAKER M. L., Algérie - Dr ADAMOUCHE A., Algérie - Dr IDDER M. T., Algérie</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>Comité scientifique - Pr. OULD EL HADJ M. D., Algérie - Pr. DADDA MOUSSA B., Algérie - Pr. MESSAITFA A., Algérie - Pr. HADJ-MAHAMMED M., Algérie - Pr. SOLTANI N., Algérie - Pr. BRINIS L., Algérie - Pr. BOUGHEDIRI L., Algérie - Pr. DOUMANDJI S., Algérie - Pr. DOUMANDJI-MITICHE B., Algérie - Pr. LAAMARI M., Algérie - Pr. HALITIM A., Algérie - Pr. BENALAOUA S., Algérie - Pr. DENDOUGUI H., Algérie - Pr. SAMRAOUI B., Algérie - Pr. COTE M., France - Pr. MICHAUD P., France - Pr. SERGE MARLET C., France - Pr. CHERITI A., Algérie - Pr. TAMISIER A. J., France - Pr. BOUTIN C., France - Pr. HAMDIA AISSA B., Algérie - Dr BISSATI S., Algérie - Dr ESNAULT M. A., France - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr CHELOUFI H., Algérie - Dr BOUTATAOU D., Algérie - Dr SIBOUKER O., Algérie - Dr O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Dr SAKER M. L., Algérie - Dr ADAMOUCHE A., Algérie - Dr IDDER M. T., Algérie</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>Comité scientifique - Pr. OULD EL HADJ M. D., Algérie - Pr. DADDA MOUSSA B., Algérie - Pr. MESSAITFA A., Algérie - Pr. HADJ-MAHAMMED M., Algérie - Pr. SOLTANI N., Algérie - Pr. BRINIS L., Algérie - Pr. BOUGHEDIRI L., Algérie - Pr. DOUMANDJI S., Algérie - Pr. DOUMANDJI-MITICHE B., Algérie - Pr. LAAMARI M., Algérie - Pr. HALITIM A., Algérie - Pr. BENALAOUA S., Algérie - Pr. DENDOUGUI H., Algérie - Pr. SAMRAOUI B., Algérie - Pr. COTE M., France - Pr. MICHAUD P., France - Pr. SERGE MARLET C., France - Pr. CHERITI A., Algérie - Pr. TAMISIER A. J., France - Pr. BOUTIN C., France - Pr. HAMDIA AISSA B., Algérie - Dr BISSATI S., Algérie - Dr ESNAULT M. A., France - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr CHELOUFI H., Algérie - Dr BOUTATAOU D., Algérie - Dr SIBOUKER O., Algérie - Dr O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Dr SAKER M. L., Algérie - Dr ADAMOUCHE A., Algérie - Dr IDDER M. T., Algérie</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>Comité scientifique - Pr. OULD EL HADJ M. D., Algérie - Pr. DADDA MOUSSA B., Algérie - Pr. MESSAITFA A., Algérie - Pr. HADJ-MAHAMMED M., Algérie - Pr. SOLTANI N., Algérie - Pr. BRINIS L., Algérie - Pr. BOUGHEDIRI L., Algérie - Pr. DOUMANDJI S., Algérie - Pr. DOUMANDJI-MITICHE B., Algérie - Pr. LAAMARI M., Algérie - Pr. HALITIM A., Algérie - Pr. BENALAOUA S., Algérie - Pr. DENDOUGUI H., Algérie - Pr. SAMRAOUI B., Algérie - Pr. COTE M., France - Pr. MICHAUD P., France - Pr. SERGE MARLET C., France - Pr. CHERITI A., Algérie - Pr. TAMISIER A. J., France - Pr. BOUTIN C., France - Pr. HAMDIA AISSA B., Algérie - Dr BISSATI S., Algérie - Dr ESNAULT M. A., France - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr CHELOUFI H., Algérie - Dr BOUTATAOU D., Algérie - Dr SIBOUKER O., Algérie - Dr O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Dr SAKER M. L., Algérie - Dr ADAMOUCHE A., Algérie - Dr IDDER M. T., Algérie</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>Comité scientifique - Pr. OULD EL HADJ M. D., Algérie - Pr. DADDA MOUSSA B., Algérie - Pr. MESSAITFA A., Algérie - Pr. HADJ-MAHAMMED M., Algérie - Pr. SOLTANI N., Algérie - Pr. BRINIS L., Algérie - Pr. BOUGHEDIRI L., Algérie - Pr. DOUMANDJI S., Algérie - Pr. DOUMANDJI-MITICHE B., Algérie - Pr. LAAMARI M., Algérie - Pr. HALITIM A., Algérie - Pr. BENALAOUA S., Algérie - Pr. DENDOUGUI H., Algérie - Pr. SAMRAOUI B., Algérie - Pr. COTE M., France - Pr. MICHAUD P., France - Pr. SERGE MARLET C., France - Pr. CHERITI A., Algérie - Pr. TAMISIER A. J., France - Pr. BOUTIN C., France - Pr. HAMDIA AISSA B., Algérie - Dr BISSATI S., Algérie - Dr ESNAULT M. A., France - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr CHELOUFI H., Algérie - Dr BOUTATAOU D., Algérie - Dr SIBOUKER O., Algérie - Dr O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Dr SAKER M. L., Algérie - Dr ADAMOUCHE A., Algérie - Dr IDDER M. T., Algérie</p>	<p>- Exemple de revue : Maduakor H., 1991 - Efficient fertilizer. Fertilizer Research, 29: 65-79.</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. DENDOUGUI H., Algérie - Pr. SAMRAOUI B., Algérie - Pr. COTE M., France - Pr. MICHAUD P., France - Pr. SERGE MARLET C., France - Pr. CHERITI A., Algérie - Pr. TAMISIER A. J., France - Pr. BOUTIN C., France - Pr. HAMDIA AISSA B., Algérie - Dr BISSATI S., Algérie - Dr ESNAULT M. A., France - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr CHELOUFI H., Algérie - Dr BOUTATAOU D., Algérie - Dr SIBOUKER O., Algérie - Dr O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Dr SAKER M. L., Algérie - Dr ADAMOUCHE A., Algérie - Dr IDDER M. T., Algérie</p>	<p>- Exemple de livre : Steel R., Torrie J., 1960 - Principles and procedures. McGraw-Hill, London, 433 p.</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. DENDOUGUI H., Algérie - Pr. SAMRAOUI B., Algérie - Pr. COTE M., France - Pr. MICHAUD P., France - Pr. SERGE MARLET C., France - Pr. CHERITI A., Algérie - Pr. TAMISIER A. J., France - Pr. BOUTIN C., France - Pr. HAMDIA AISSA B., Algérie - Dr BISSATI S., Algérie - Dr ESNAULT M. A., France - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr CHELOUFI H., Algérie - Dr BOUTATAOU D., Algérie - Dr SIBOUKER O., Algérie - Dr O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Dr SAKER M. L., Algérie - Dr ADAMOUCHE A., Algérie - Dr IDDER M. T., Algérie</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>Comité scientifique - Pr. OULD EL HADJ M. D., Algérie - Pr. DADDA MOUSSA B., Algérie - Pr. MESSAITFA A., Algérie - Pr. HADJ-MAHAMMED M., Algérie - Pr. SOLTANI N., Algérie - Pr. BRINIS L., Algérie - Pr. BOUGHEDIRI L., Algérie - Pr. DOUMANDJI S., Algérie - Pr. DOUMANDJI-MITICHE B., Algérie - Pr. LAAMARI M., Algérie - Pr. HALITIM A., Algérie - Pr. BENALAOUA S., Algérie - Pr. DENDOUGUI H., Algérie - Pr. SAMRAOUI B., Algérie - Pr. COTE M., France - Pr. MICHAUD P., France - Pr. SERGE MARLET C., France - Pr. CHERITI A., Algérie - Pr. TAMISIER A. J., France - Pr. BOUTIN C., France - Pr. HAMDIA AISSA B., Algérie - Dr BISSATI S., Algérie - Dr ESNAULT M. A., France - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr CHELOUFI H., Algérie - Dr BOUTATAOU D., Algérie - Dr SIBOUKER O., Algérie - Dr O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Dr SAKER M. L., Algérie - Dr ADAMOUCHE A., Algérie - Dr IDDER M. T., Algérie</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>Comité scientifique - Pr. OULD EL HADJ M. D., Algérie - Pr. DADDA MOUSSA B., Algérie - Pr. MESSAITFA A., Algérie - Pr. HADJ-MAHAMMED M., Algérie - Pr. SOLTANI N., Algérie - Pr. BRINIS L., Algérie - Pr. BOUGHEDIRI L., Algérie - Pr. DOUMANDJI S., Algérie - Pr. DOUMANDJI-MITICHE B., Algérie - Pr. LAAMARI M., Algérie - Pr. HALITIM A., Algérie - Pr. BENALAOUA S., Algérie - Pr. DENDOUGUI H., Algérie - Pr. SAMRAOUI B., Algérie - Pr. COTE M., France - Pr. MICHAUD P., France - Pr. SERGE MARLET C., France - Pr. CHERITI A., Algérie - Pr. TAMISIER A. J., France - Pr. BOUTIN C., France - Pr. HAMDIA AISSA B., Algérie - Dr BISSATI S., Algérie - Dr ESNAULT M. A., France - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr CHELOUFI H., Algérie - Dr BOUTATAOU D., Algérie - Dr SIBOUKER O., Algérie - Dr O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Dr SAKER M. L., Algérie - Dr ADAMOUCHE A., Algérie - Dr IDDER M. T., Algérie</p>	<p>Rédacteur en chef Pr. OULD EL HADJ Med Didi</p>

Algerian Journal of Arid Environment

“AJAE”

vol. 1, n° 2 - 2011

Sommaire

- Etude comparative des mécanismes biochimiques de tolérance au stress salin de deux espèces d’Atriplex: *Atriplex halimus* L. et *Atriplex canescens* (Purch) Nutt**
HADJADJ S., DJERROUDI O. et BISSATI S. 3
- Effet d’un insecticide utilisé en protection des végétaux: Thiamethoxam sur l’abeille saharienne *Apis mellifera sahariensis***
CHAHBAR N., BELZUNCES L. P. et DOUMANDJI S. 11
- Evolution spatio-temporelle de la physico-chimie, microbiologie et écotoxicologie des lixiviats de la décharge publique d’El-Kerma (Oran, Algérie)**
BENNAMA T., YOUNSI A., DERRICHE Z., DEBAB A. 22
- Expérience d’épuration des eaux usées urbaines par lagunage sous climat sahélien (Niamey, Niger) et quelques données récentes sur la mise en place de cette technique de traitement sous climat Saharien (cuvette de Ouargla, Sahara septentrional Est algérien)**
IDDER T., LAOUALI M. S., IDDER A., SEIDL M. 32
- Etude de l’effet de deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* sur le comportement alimentaire de *Schistocerca gregaria***
MILAT-BISSAAD F., BOUNACEUR F., HALOUANE F., OUTTAR F. et DOUMANDJI-MITICHE B. 40
- Caractérisation partielle des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d’*Asphodelus tenuifolius* Cavan (Liliaceae): effet prébiotique des oligosaccharides issus de l’hydrolyse des polysaccharides**
BOUAL Z., KEMASSI A., MICHAUD P., et OULD EL HADJ M. D. 52
- Effet des rebuts de dattes comme complément d’appoint sur la production laitière de brebis**
BOUDECHICHE L., AISSAOUI C., OUZROUT R. 61
- Etude de la qualité physico-chimique et mycologique du blé tendre local et importé stocké au niveau de l’office algérien interprofessionnel des céréales (OAIC) de la localité de Saida (ALGERIE)**
GACEM M. A., OULD EL HADJ KHELIL A. et GACEMI B. 67
- Impact de la gestion des eaux sur le développement des oasis sahariennes**
SAKER M. L., DADDI BOUHOUN M. et OULD EL HADJ M. D. 77
- Composition spécifique de la plante *Marrubium deserti* de la région de Ghardaïa**
CHEBROUK F., HAMMOUDI R., HADJ MAHAMMED M., FERFAD T. B. 82

**ETUDE COMPARATIVE DES MECANISMES BIOCHIMIQUES DE
TOLERANCE AU STRESS SALIN DE DEUX ESPECES D'ATRIPLEX:
Atriplex halimus L. ET *Atriplex canescens*
(PURCH) NUTT**

HADJADJ Soumia^{1*}, DJERROUDI Ouiza² et BISSATI Samia²

⁽¹⁾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
Université Kasdi Merbah-Ouargla BP 511 Ouargla 30000 Algérie

⁽²⁾Laboratoire de Bioressources Sahariennes
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
Université Kasdi Merbah-Ouargla BP 511 Ouargla 30000 Algérie
Email:hadjajsoumaia@gmail.com

Résumé- L'effet de NaCl+CaCl₂ à 400 et 600 meq sur le comportement biochimique de deux espèces d'Atriplex: *Atriplex halimus* L. et *Atriplex canescens* est étudié. La proline et les sucres solubles, sont admis comme étant des marqueurs biochimiques de la résistance aux stress abiotiques, sont dosés, après une semaine de stress à partir des feuilles (apicales et basales), des tiges et des racines pour la proline et des organes aériens pour les sucres solubles sur des plantes âgées de quatre mois. Les résultats montrent la variabilité de l'accumulation de proline et des sucres solubles selon l'organe de la plante, l'espèce et l'intensité du traitement en sels. La proline s'accumule davantage dans les feuilles, notamment dans les feuilles apicales d'*Atriplex halimus* L. avec tous les traitements et les feuilles basales d'*Atriplex canescens* sous salinité modérée 400 meq par rapport aux tiges et aux racines. Sous les traitements les plus concentrés 600 meq, la proline devient importante dans les tiges. L'accumulation des sucres solubles est importante dans les feuilles chez les deux espèces pour les deux traitements.

Mots clés: *Atriplex*, stress salin, marqueurs biochimiques, proline, sucres solubles.

**COMPARATIVE STUDY OF THE BIOCHEMICAL MECANISMS OF TOLERANCE
TO SALT STRESS OF TWO SPECIES OF ATRIPLEX:
Atriplex Halimus L. ET *Atriplex canescens* (PURCH) NUTT**

Abstract- The effect of NaCl+CaCl₂ at 400 and 600 meq on biochemical behavior of two species of *Atriplex*: *Atriplex halimus* L. and *Atriplex canescens* is studied. The proline and the soluble sugars, are admitted like being the biochemical markers for resisting to abiotic stress, are analyzed after one week of stress from leaves (apexes and basis), stems and roots for the proline and the aerial organs for the soluble sugars of plants aged four months. Results show the variability of the accumulation of proline and the soluble sugars according to the plant organ, the species and the intensity of the salts treatment. The accumulation of the proline at the level more in leaves and especially in apexes leaves of *Atriplex halimus* L. with all the treatments and in basis leaves of *Atriplex canescens* under moderate salinity at 400 meq compared to stems and roots. Under the more extracts treatments 600 meq, proline becomes important in the stems. The accumulation of soluble sugar is important in leaves at the two species with all treatments.

Key words: *Atriplex*, salt stress, biochemical markers, proline, soluble sugars.

Introduction

Dans les zones arides et semi arides, notamment dans le bassin méditerranéen, la salinisation des sols constitue l'un des facteurs abiotiques majeurs qui limitent la productivité végétale et le rendement agricole [1]. Les données actuelles se résument dans le bassin méditerranéen à 16 millions d'hectares des sols salés. L'Algérie, dont une grande partie des

régions agricoles se caractérise par un climat aride et semi aride, est touchée par le processus de salinisation des sols. Actuellement, près de 3,2 millions d'hectares affectés [2].

Parmi les actions à entreprendre en vue de valoriser et de développer ces régions, les plantations à base d'espèces végétales adaptées, capables de résister à la sécheresse et de tolérer les sels constituent une priorité [3]. L'Atriplex, plante bien adaptée à l'aridité et à la salinité, est considérée parmi les espèces végétales qui valorisent le mieux l'eau des terrains salés, grâce à sa pression osmotique vacuolaire élevée, due à de fortes concentrations en sels [4]. Elle possède par ailleurs, un système racinaire très développé fixant les couches supérieures du sol et peut être utilisée comme moyen de lutte contre la désertification [5].

Le présent travail vise l'étude de l'effet de la salinité sur le comportement biochimique de plantes juvéniles de deux espèces d'Atriplex: *Atriplex halimus* L. et *Atriplex canescens* stressées à divers niveaux de salinité à 400 et 600 meq de NaCl+CaCl₂, à travers l'analyse de deux composés biochimiques : la proline et les sucres solubles, étudier les variations de ces composés au niveau de chaque organe chez ces deux espèces.

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Matériel végétal

Le matériel végétal ayant fait l'objet de la présente étude concerne des graines d'*Atriplex halimus* L. et d'*Atriplex canescens*, provenant de la Wilaya de Djelfa.

1.2.- Protocole expérimental

L'essai est conduit dans des pots sous serre semi contrôlée. Avant le semis, les graines sont décortiquées, désinfectées à l'eau de javel à 5% pendant 5 minutes puis rincées à l'eau distillée stérile. Elles sont mises à germer dans des alvéoles remplies de terreau jusqu'au stade plantules. Les plantules sont repiquées individuellement dans des pots en plastique, remplis d'un mélange de sable et de terreau (2V/V). Un arrosage tous les deux jours est opéré à la solution nutritive de HOAGLAND [6] à 30% de la capacité de rétention (CR) du substrat pendant deux mois puis à 60% durant un mois jusqu'à l'application du stress.

Après 90 jours du repiquage, le stress salin est appliqué pour les plantes en les répartissant en 3 traitements :

- I : Traitement témoin (solution nutritive),
- II : Traitement 400 meq de NaCl+ CaCl₂ par litre de solution nutritive,
- III : Traitement 600 meq de NaCl+ CaCl₂ par litre de solution nutritive.

Les plantes stressées sont arrosées une fois durant une semaine aux différentes solutions salines à 60% de la CR du substrat. Après une semaine, les plantes sont prélevées, les feuilles, tiges et racines sont séparées, enveloppées dans du papier aluminium puis étuvées durant 48 heures à 80°C, les échantillons secs sont broyés et ensuite déposés dans un flacon fermé à l'aide d'un bouchon plasma et placés dans un congélateur.

La proline est extraite selon la méthode de l'Association of Official Analytical Chemists [7] modifiée par NGUYEN et PAQUIN [8]. Le dosage a fait appel au protocole de BERGMAN et LOXLEY [9].

Les sucres solubles sont extraits et dosés selon la méthode de SCHIELDS et BURNETT [10].

2.- Résultats et discussion

La figure 1 indique que, la proline augmente de teneur dans tous les organes de la plante en fonction de l'augmentation de la salinité. Les tissus foliaires et davantage les feuilles apicales sont plus riches en proline que les autres organes aussi bien dans les plantes témoins que celles traitées aux différentes concentrations en sels, sa teneur passe de 0,53 $\mu\text{moles.100 mg}^{-1}$ MS chez les plantes témoins à 0,89 et 0,94 $\mu\text{moles.100 mg}^{-1}$ MS respectivement dans celles des plantes stressées à 400 et 600 meq de NaCl+ CaCl₂.

Nous constatons également que l'accumulation du composé azoté dans les racines est environ deux à trois fois plus élevée dans les plantes traitées à 400 meq et 600 meq de sels comparativement aux témoins 0,42 et 0,66, respectivement contre 0,25 $\mu\text{moles.100 mg}^{-1}$ MS. Par contre dans les tiges, la teneur en proline la plus élevée est enregistrée chez les plantes traitées à 600 meq. Il faut par ailleurs, souligner que la proline évolue régulièrement des racines vers les feuilles aussi bien chez les plantes témoins que celles traitées aux sels.

Chez les plantes d'*Atriplex canescens*, la teneur en proline évolue dans tous les organes avec la concentration en sels par rapport aux plantes témoins (fig. 2). Ce composé s'accumule beaucoup plus dans les tiges et les racines chez les plantes témoins par rapport aux feuilles apicales et basales. Les teneurs en proline fluctuent selon l'organe et le traitement salin. En effet, sous 400 meq de sels, les feuilles apicales et basales présentent des teneurs maximales 0,98 et 1,02 $\mu\text{moles.100mg}^{-1}$ MS respectivement puis les valeurs chutent au traitement à 600 meq 0,75 et 0,91 $\mu\text{moles.100mg}^{-1}$ MS pour les feuilles apicales et basales.

Dans les tiges, l'accumulation de l'acide aminé se fait lentement au fur et à mesure que la salinité augmente. Dans les racines, les teneurs en proline augmentent rapidement dans les plantes traitées à 400 meq, puis chutent légèrement dans celles traitées à 600 meq.

Les résultats de la figure 3 montrent les variations en sucres solubles analysés dans les feuilles et les tiges de plantes d'*Atriplex halimus* L. En effet, nous remarquons que les composés glucidiques se concentrent plus dans les feuilles que dans les tiges aussi bien chez les plantes témoins que celles traitées aux différentes concentrations en sels combinés. Les teneurs en sucres solubles enregistrées dans les feuilles sont plus élevées lorsque les plantes sont traitées à 600 meq par rapport à celles des témoins avec une augmentation de 39,85%. Par contre chez les plantes traitées à 400 meq, cette teneur diminue légèrement et se rapproche de celles des témoins 9,11 contre 9,91 $\mu\text{moles.100mg}^{-1}$ MS.

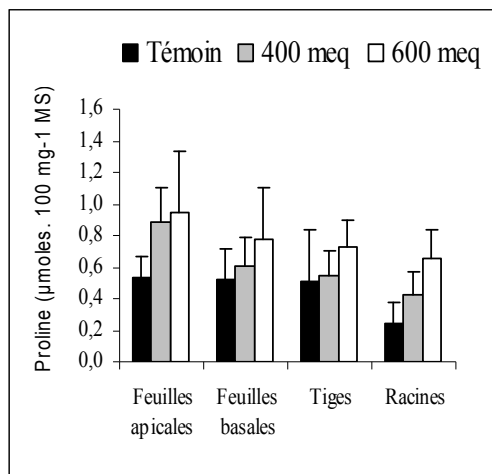


Figure 1.- Teneurs en proline dans les organes d'*Atriplex halimus* L.

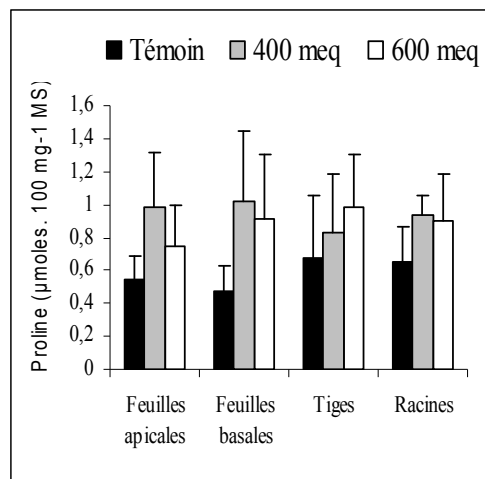


Figure 2.- Teneurs en proline dans les organes d'*Atriplex canescens*

Au niveau des tiges, les sucres solubles s'accumulent et évoluent progressivement avec la concentration en sels. Les teneurs passent de 4,20 chez les témoins à 7,45 et 9,31 µmoles.100 mg⁻¹ de MS respectivement chez celles traitées à 400 et 600 meq de sels.

Chez les plantes d'*Atriplex canescens* (fig. 4), les résultats montrent aussi l'évolution de la teneur en sucres solubles dans les organes avec l'augmentation de la salinité du milieu. L'accumulation des sucres solubles est beaucoup plus importante dans les feuilles que dans les tiges malgré l'absence de grandes variations dans les teneurs obtenues. En effet, les teneurs passent de 20,45 à 21,5 et 24,39 µmoles.100 mg⁻¹ MS respectivement pour les feuilles témoins et celles arrosés à 400 et 600 meq de sels.

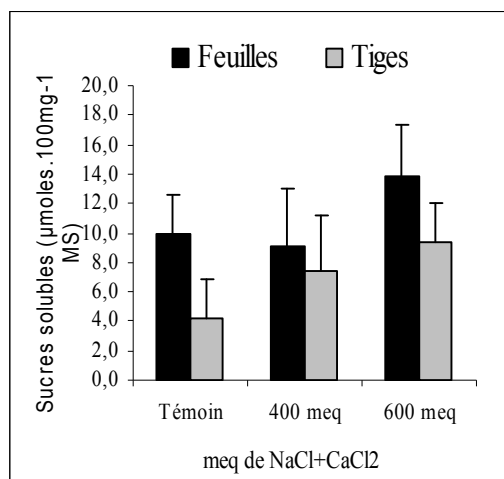


Figure 3.- Teneurs en sucres solubles dans les feuilles et les tiges d'*Atriplex halimus* L.

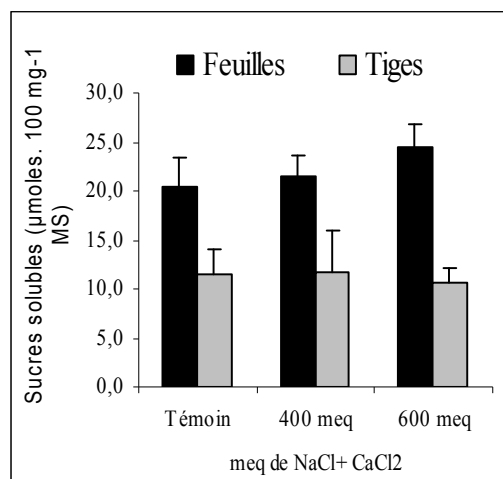


Figure 4.- Teneurs en sucres solubles dans les feuilles et les tiges d'*Atriplex canescens*

Dans les tiges, les teneurs de ces composés carbonyliques sont sensiblement identiques chez les plantes témoins et celles traitées à 400 meq de sels 11,74 contre 11,53 µmoles.100 mg⁻¹ MS, puis chutent à 10,59 µmoles.100 mg⁻¹ MS, dès que les plantes reçoivent la solution à 600 meq de sels. D'une manière générale, les teneurs en sucres solubles baissent à peu près de moitié

en allant des feuilles vers les tiges aussi bien pour les témoins que pour les plantes stressées.

Le comportement biochimique de deux espèces d'*Atriplex*: *A. halimus* L. et *A. canescens* sous contrainte saline au NaCl+CaCl₂ à 400 et 600 meq évalué à travers le processus d'accumulation de proline et des sucres solubles, montre la variabilité de l'accumulation de ces composés organiques d'un organe à un autre de la plante, selon l'espèce et l'intensité du stress. En effet, chez les plantes d'*Atriplex halimus* L., l'accumulation de la proline se fait dans le sens racines, tiges et feuilles aussi bien chez les plantes témoins que celles stressées aux sels. Dans les tissus foliaires, l'acide aminé se concentre préférentiellement dans les feuilles apicales lorsque la salinité du milieu augmente. Au niveau des tiges, cet acide aminé augmente d'une manière lente en fonction de la concentration du milieu aux différents traitements salins. Cette accumulation progresse significativement avec la concentration en sels dans les racines.

Pour les plantes d'*Atriplex canescens*, la proline s'accumule dans les feuilles notamment dans l'étage basal sous les traitements à 400 meq. Alors que, sous stress sévère à 600 meq, cette accumulation devient importante dans les tiges. Dans les racines, les teneurs de la proline augmentent progressivement avec la concentration du milieu en sels combinés.

Les variations dans l'accumulation de la proline en fonction de l'organe et de l'intensité du stress, observées chez les deux espèces d'*Atriplex* expérimentées, traduisent dans nos conditions expérimentales une aptitude à la résistance des seuils de concentrations salins des milieux de culture. De nombreux travaux rapportent que la proline s'accumule dans la plante lorsqu'elle se trouve en conditions défavorables [11], ce qui traduit le caractère de la résistance aux stress [12]. Cette variation dans l'accumulation de la proline observée sur les plantes d'*Atriplex* expérimentées serait due à une compartimentation de l'acide aminé, d'où l'expression de sites de résistance de la plante à la contrainte saline [13]. En outre, le transport de cet acide aminé de la source (lieu de synthèse) au site de résistance apparaît comme un paramètre important dans l'acquisition de cette résistance [14]. De nombreux travaux signalent que la proline migre chez diverses plantes glycophytes vers les feuilles pour s'y localiser sous contrainte saline comme chez l'orge [15], la fève [13] et le trèfle d'Alexandrie [16]. Cependant pour d'autres espèces, la proline se localiserait dans les tiges, comme chez *Retama retam* [17] et dans les racines, chez le maïs [18]. Généralement, le rôle attribué à la proline dans la réponse des plantes aux stress, reste parfois controversé : pour QIAN et al [19], son accumulation contribue à l'acquisition de cette résistance grâce à l'ajustement osmotique dont la proline est responsable. Elle pourrait, également, intervenir dans la régulation du pH cytoplasmique [20] ou constituer une réserve de carbone et d'azote réduits, utilisés par la plante postérieurement à la période du stress [21].

Concernant les sucres solubles, d'après les résultats obtenus sur l'évolution des sucres solubles dans la partie aérienne des plantes d'*Atriplex halimus* L. et d'*Atriplex canescens*, il ressort que ces composés glucidiques ont aussi connu une augmentation de la concentration en réponse au stress salin pour les deux espèces. L'accumulation des sucres solubles se produit de manière importante dans les feuilles que dans les tiges sous les conditions normales ou sous stress salin, aussi bien chez les plantes d'*Atriplex halimus* L. que celles d'*Atriplex canescens*.

BENNABI [22] signalent une accumulation des sucres solubles au niveau des feuilles, supérieures aux tiges et aux racines, lorsque les plantes d'*Atriplex halimus* L. sont stressées à trois régimes de dilution d'eau de mer (25%, 50% et 100%). MEKLCHE et al [23] ont mis en évidence une augmentation de la teneur en sucres solubles chez six variétés de blé dur en situation de contrainte hydrique. BEN KHALED et al [16] rapportent que l'exposition des

plantules de trèfle d'Alexandrie à 2, 4, 6 et 8 g.l⁻¹ de NaCl, a induit une accumulation de sucres solubles dans les feuilles. Cette augmentation a atteint 37% à 4 g.l⁻¹ et 57% à 8 g.l⁻¹ de NaCl. Ces résultats traduisent d'une part, la variabilité du métabolisme biochimique des deux halophytes d'Atriplex ; *halimus* L. et *canescens* sous stress salin et d'autre part, expriment leur capacité à synthétiser les sucres solubles et les accumuler dans des sites différents. Les sucres solubles jouent un rôle déterminant dans l'ajustement osmotique, ainsi qu'au niveau de la stabilisation de certaines protéines. L'accumulation des sucres semble induire la gélification du contenu cellulaire en saturant le milieu intracellulaire, ce phénomène permettant d'éviter la cristallisation des molécules contenues dans la cellule, et donc limite les dommages au niveau des structures cellulaires [24].

Il semble exister une certaine proportionnalité entre les teneurs en proline accumulées et celles des sucres solubles. L'espèce *Atriplex canescens* qui accumule plus de proline est aussi celle qui connaît la plus forte accumulation des sucres solubles et vis versa. Donc, l'accroissement des teneurs en proline, sous l'effet du traitement salin, est proportionnel à l'augmentation des teneurs en glucides solubles. Ces résultats traduisent l'existence d'une connexion entre la voie de la biosynthèse de la proline et l'accumulation des sucres solubles, d'une façon générale, ils pourraient fournir les précurseurs carbonés et l'énergie chimique nécessaire à la synthèse de la proline. L' α -cétoglutarate, intermédiaire de la voie respiratoire lors de l'oxydation du glucose, joue un rôle particulièrement important comme accepteur de groupement aminé de la glutamine, pour la conversion en glutamate. Celui-ci est le précurseur principal de la proline lors d'une situation de stress [25].

3.- Conclusion

La réponse biochimique, évaluée à travers le processus d'accumulation de proline et des sucres solubles des deux espèces d'Atriplex sous stress salins, a mis en évidence le caractère halophile de ces deux espèces qui expriment leur capacité à synthétiser et accumuler de la proline et des sucres solubles. L'accumulation de ces composés organiques au niveau des organes est un phénomène lié aux régimes salins et à l'espèce. Les deux espèces étudiées ont utilisé la même stratégie de tolérance vis-à-vis du stress salin. Toutefois la différence réside au niveau des teneurs des composés de synthèse ainsi qu'au niveau des organes de compartimentation des ces marqueurs biochimiques. La variabilité inter-spécifique, révèle que les quantités accumulées semblent pouvoir être reliées au niveau de tolérance de l'espèce. Ainsi, l'*Atriplex canescens* serait plus tolérant que l'*Atriplex halimus* L.

Références bibliographiques

- [1].- Zid E., Grignon C., 1991.- Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides, AUPELF-UREF, Jon Libbey Eurotext, Paris: 91-108.
- [2].- Hamdy A., 1999.- Saline irrigation and management for a sustainable use. In: Advanced Short Course on Saline Irrigation. Proceeding, Agadir: 152-227.
- [3].- Benmqhioul B., Daguin F., Aid-Harche M., 2009.- Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistacher (*Pistacia vera* L.). C. R. Biologies: 1-7.
- [4].- Essafi N. E., Mounsif M., Abousalim A., Bendaou M., BRHADDA N., 2007.- Effet du stress hydrique sur la valeur nutritive d'*Atriplex halimus* L. Sécheresse, 18 (2) : 123-128.

- [5].- Belkhodja M., Bidai Y., 2004.- Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. *Sécheresse*, 15 (4): 331-335.
- [6].- Hoagland D. R., Arnon D. I., 1938.- The water-culture method for growing plants without soil. *Calif. Agric. Exp. Sta. Cir.*, 347: 1-39.
- [7].- Association of official analytical chemists, 1955.- Official methods of analysis. Published by the A.O.A.C., Po. box 540, Washington.
- [8].- Nguyen S.T., Paquin R., 1971.- Méthodes d'extraction et de purification des acides aminés libres et des protéines des tissus végétaux. *Journal of Chromatography*, 61: 349-351.
- [9].- Bergman I., Loxley R., 1970.- New spectrophotometric method for the determination of proline in tissue hydrolysates. *Analytical Chemistry*, 42 (7): 702-706.
- [10].- Schields R., Burnett W., 1960.- Determination of protein bound carbohydrate in serum by a modified anthrone. *Analytical Chemistry*, 32: 885-886.
- [11].- Sivarakrishnan S., Pattel V., Flower G., Peacock J., 1988.- Proline accumulation and nitrate reductase activity in contrasting sorghum lines during mid season drought stress. *Plant Physiol*, 74: 418-426.
- [12].- Greenway H., Munns R., 1980.- Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol*, 31: 149 - 190.
- [13].- Belkhodja M., Benkabilia M., 2000.- Proline reponse of faba bean (*Vicia faba* L.) under salt stress. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 78 (1): 185-195.
- [14].- Paquin R., 1986.- Effet de l'humidité du sol sur la teneur de la proline libre et des sucres totaux de la luzerne endurcie au froid et à la sécheresse. *Can. Journal Plant Science*, 66 : 95-101.
- [15].- Alem C., Amri A., 2005.- Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. *Reviews in Biology and Biotechnology*, 4 (1) : 20-31.
- [16].- Ben Khaled L., Morte Gómez A., Honrubia M., Oihabi A., 2003.- Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par *Rhizobium*. *Institut National de la Recherche Agronomique*, 23: 553-560.
- [17].- Ighilhariz Z., 1990.- Etude du comportement physiologique, biochimique et structurale du *Retama retam* (R'tam) vis-à-vis du chlorure de sodium. Mémoire de magister, Université Es-Senia, Oran, 120 p.
- [18].- Rodriguez H. G., Roberts J. K. M., Jordan W. R., Drew M. C., 1997.- Growth, water relations, and accumulation of organic and inorganic solutes in roots of maize seedlings during salt stress. *Plant Physiology*, 113 (3): 881-893.
- [19].- Qian Y. L., Wilhelm S. J., Marcum K. B., 2001.- Comparative responses of two Kentucky bluegrass cultivars to salinity stress. *Corp Science*, 41: 1895-1900.

- [20].- Denden M., Bettaieb T., Salhi A., Mathlouthi M., 2005.- Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales. *Tropicultura*, 23 (4) : 220-225.
- [21].- Keller F., Ludlow M. M., 1993.- Carbohydrate metabolism in drought-stressed leaves of *Pigeonpea* (*Cajanus cajan*). *Journal of Experimental Botany*, 44 (265): 1351-1359.
- [22].- Bennabi F., 2005.- Métabolisme glucidique et azote chez une halophyte (*Atriplex halimus* L.) stressée à la salinité. Mémoire de magistère en physiologie végétale, Université Es-Senia, Oran : 49-50.
- [23].- Mekliche A., Boukecha D., Hanifi-Mekliche L., 2003.- Etude de la tolérance à la sécheresse de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.).I. effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologiques, morphologiques et physiologiques. *Annales de l'Institut National Agronomique, El-Harrach, Alger*, vol. 24, (1-2) : 97-110.
- [24].- Dubos C., 2001.- Réponse moléculaire de jeunes plants de pin maritime soumis à un stress hydrique en milieu hydroponique. Thèse de doctorat en biologie Forestière, Université Henri Poincaré, Nancy I: 54-55.
- [25].- Hopkins W. G., 2003.- Physiologie végétale. 2^{ème} édition. De Boeck, Bruscelles: 61-476.

EFFET D'UN INSECTICIDE UTILISÉ EN PROTECTION DES VÉGÉTAUX: THIAMETHOXAM SUR L'ABEILLE SAHARIENNE

Apis mellifera sahariensis

CHAHBAR N.^{1*}, BELZUNCES L. P.² et DOUMANDJI S.³

⁽¹⁾Département de Biologie, Faculté des sciences,
Université M'Hamed Bougara Boumerdes, Algérie

⁽²⁾Laboratoire Toxicologie Environnemental UMR 406, Ecologie des Invertébrés
INRA, Avignon, France

⁽³⁾Département de Zoologie Agricole et forestière, Institut National Agronomique
El-Harrach 16200 Alger, Algérie
chahbar_nora@yahoo.fr

Résumé- L'utilisation des produits phytopharmaceutiques dans la lutte contre les ravageurs des cultures est une nécessité. Mais ce moyen de lutte n'est pas sans risque et peut entraîner des effets non intentionnels qui se manifestent, par une toxicité chez les organismes non cibles comme les insectes utiles. Parmi ces derniers, les abeilles domestiques jouent un rôle triple, agronomique, économique et écologique. La préparation commerciale Actara 25 WG qui contient le Thiaméthoxam, est reconnue comme étant toxique pour les abeilles. Elle est interdite d'usage pendant la période de la floraison. Ce produit est systémique, il se trouve donc présent en faibles concentrations dans le végétal traité pendant tout son cycle de développement. Quels sont les effets induits chez l'abeille par la contamination par de faibles doses de Thiamethoxam qui pourraient être contenues dans le pollen et le nectar au moment de la floraison, telle est la question posée? Pour essayer d'apporter une réponse à cette problématique, il a été déterminé dans une première étape la sensibilité de l'abeille saharienne *Apis mellifera sahariensis* en testant la toxicité aigue orale du thiamethoxam sur des abeilles ouvrières au niveau du laboratoire qui constitue la base du schéma d'évaluation des risques toxicologiques. L'étude repose sur la détermination des DL_{50} par voie orale. Les abeilles d'âge indéterminé ont été nourries avec une solution de saccharose à des doses croissantes de l'insecticide utilisé (1, 10, 20, 50, 70, 90 ng de substance active par abeille). Pendant toute la durée de l'étude les abeilles témoins et traitées sont placées à l'obscurité, à une température de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ et une humidité relative de 60%. Le résultat a montré que la DL_{50} obtenue varié entre 10,86 et 11,47ng par abeille.

Mots clés: Insecticide, thiamethoxam, abeille saharienne, DL_{50} , toxicité aigue.

EFFECT OF INSECTICIDE USE IN PLANT PROTECTION: THIAMETHOXAM ON THE BEE SAHARAN *Apis mellifera sahariensis*

Abstract- The use of plant products in the fight against agricultural pests has become a necessity. But this mean of control is not risk free and may result in unintended consequences such as toxicity in non-target organisms. Of these, honeybees play a triple role, agronomic, economic and ecological. Actara 25 WG, a commercial preparation containing Thiamethoxam, is recognized as toxic to bees and is prohibited from use during the period of flowering. However, this commercial product is systemic, it is therefore present in low concentrations in the treated plant throughout its development cycle. The effects induced in the bee by the contamination by low doses of Thiamethoxam that may be contained in the pollen and nectar at flowering time are the subject of this study. To resolve this problem, first the sensitivity of the Saharan honeybee *Apis mellifera sahariensis* was evaluated. This was based on testing the acute oral toxicity of thiamethoxam on worker bees in the laboratory, which is the basis of toxicological risk assessment. The study is based on determining the oral LD_{50} . Bees of unknown age were fed a sucrose solution supplemented with doses of the insecticide used (1, 10, 20, 50, 70, 90 ng of active substance per bee). For the duration of the study the control and treated bees were placed in the dark at a temperature of $25 \pm 2^\circ\text{C}$ and 60% relative humidity. The result showed that the LD_{50} obtained varied between 10.86 and 11.47 ng per bee.

Keywords; Insecticide, thiamethoxam, bee saharan LD_{50} , acute toxicity.

Introduction

La place qu'occupe l'abeille dans l'environnement revêt plusieurs aspects: agronomique, économique, écologique et scientifique. Elle joue un rôle économique important en tant que support de l'apiculture (production de miel, de gelée royale, de pollen, de propolis et de cire) et de l'agriculture en apportant un accroissement quantitatif (les hyménoptères sont les insectes pollinisateurs les plus importants) et qualitatif (brassage génétique des cultures, maintien de la biodiversité, obtention de semences hybrides) des récoltes. Grâce à son comportement social complexe, l'abeille représente un des meilleurs modèles scientifiques pour étudier les fonctions d'apprentissage, de mémorisation et d'orientation, en particulier dans l'activité de burinage. De plus, d'un point de vue écologique, cet insecte utile représente un bio-indicateur de haute sensibilité de l'environnement car il est en contact avec des polluants de sources diverses. Tous ces intérêts de l'abeille pour l'environnement en ont fait un insecte protégé. La loi du 5 juillet 1985 et la directive européenne 91/414/CEE interdisent l'usage de pesticides en pleine floraison et exigent que tout fabricant désirant mettre sur le marché un nouveau produit phytopharmaceutique doit fournir, entre autre, la preuve de l'innocuité de ce produit vis-à-vis de l'abeille [1].

Pourtant, depuis quelques années, les apiculteurs observent une disparition massive des abeilles dans les ruchers. Cette dernière, n'est pas seulement un phénomène restreint à l'échelle nationale, des pertes ont aussi été signalées aux USA, au Canada, en Australie et dans de nombreux pays Européens. Il s'agit d'un phénomène d'ampleur mondiale.

L'abeille saharienne a été presque décimée par la lutte anti-acridienne. Il se trouve qu'après les prospections effectuées dans toute la région de Bechar y compris dans la zone frontalière algéro-marocaine, il est confirmé sa présence. Elle est connue localement par l'abeille jaune.

Cette abeille est reconnue par des généticiens de réputation mondiale et la classent parmi les meilleures abeilles du monde de par ses qualités qui sont: La douceur, la prolificité, la précocité, l'aptitude extraordinaire à la récolte du nectar et du pollen et l'acclimatation facile sous des conditions climatiques difficiles. Malheureusement, cette espèce est en déclin suite à l'impact de nombreux facteurs dont la lutte anti-acridienne des deux dernières décennies.

Dans ce travail, nous avons essayé de déterminer la sensibilité de l'abeille saharienne *Apis mellifera sahariensis* en testant la toxicité aigue de Thiaméthoxam qui donne des indications sur le seuil de subléthalité.

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Matériel biologique

Pour la présente étude, il est utilisé des individus d'abeilles *Apis mellifera Sahariensis* issus de la même reine et d'âge indéterminé, originaires de la région de Béchar. La colonie présente un état général satisfaisant et une absence de symptômes pathologiques visibles.

Les abeilles sont prélevées, la veille de chaque essai, rucher expérimental à l'école nationale supérieure d'agronomie (ENSA) d'El-Harrach (Alger), sur les cadres à miel et à pollen.

1.2.- Matériel non biologique

1.2.1.- Produits

Il est testé la matière active Thiaméthoxam synthétisée par la firme Syngenta®. Le Thiaméthoxam est reconnue comme étant toxique pour les abeilles. Il est interdit d'usage pendant la période de floraison. C'est un produit systémique. Il se retrouve présent en faibles concentrations dans le végétal traité pendant tout son cycle de développement.

1.2.2.- Cagette pain

Les cagettes utilisées pour l'isolement sont de type Pain modifié (fig. 1 et 2)

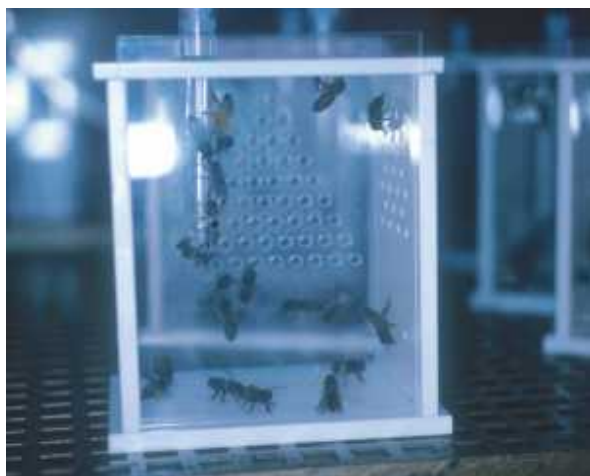


Figure 1.- Cagette pain 1966 [2]



Figure 2.- Cagettes Pain modifiées (10 x 8,5 x 6 cm) (originale)

2.- Dispositif expérimental

2.1.- Préparation et conservation des abeilles

La veille de l'essai, les abeilles sont prélevées dans la colonie puis sont immédiatement soumises à une brève anesthésie par diffusion de dioxyde de carbone à faible débit, afin d'éviter une baisse importante de la température au sein des boîtes de prélèvement ou de contention. L'emploi du dioxyde de carbone doit être limité au minimum, mais l'anesthésie doit être totale. L'anesthésie permet d'immobiliser les abeilles afin de les répartir dans les cagettes de contention de type Pain à raison de 20 individus par cagette. Chaque modalité de traitement est constituée de 3 cagettes d'abeilles.

L'alimentation en candi et l'eau pure sont réalisées par un tube à hémolyse en plastique percé.

Toutes les cagettes sont placées sur les 2 rayons d'une étuve métallique, à l'obscurité climatisée à $25 \pm 2^\circ\text{C}$ et à une humidité relative entre 50% et 70%. Le taux d'humidité est assuré par la présence de bacs d'eau placés dans l'enceinte.

Les essais sont répétés 3 fois en renouvelant chaque fois les abeilles et les solutions de produits à tester.

2.2.- Mode d'administration

La méthode de laboratoire officielle CEB n°95 [3] permet d'évaluer la toxicité aiguë des produits phytopharmaceutiques, chez l'abeille adulte ouvrière *Apis mellifera L.*, par détermination des doses létales 50% (DL50) orale et de contact 24, 48 et 72 heures après les traitements.

C'est pour se rapprocher des modes de contamination induits par le Thiaméthoxam que les intoxications par voie orale ont été testées.



Figure 3.- Cagettes de contenance de type Pain en place dans une étuve lors d'un essai toxicologique (originale)

2.2.1.- Ingestion collective

L'unité expérimentale est la cage de 20 abeilles. Avant le traitement, les abeilles sont soumises à un jeun de 2 heures à $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ et à l'obscurité, pour favoriser le phénomène de trophallaxie (échange de nourriture) et pour induire un même niveau d'appétit. Pendant le test, les abeilles sont placées à la lumière, à une température de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. Chaque lot d'abeille est nourri de 200 μl (soit 10 μl par abeille) de solution de saccharose 55,5% (p/v) final avec de 5 doses croissantes (1ng, 10ng, 20ng, 50ng, 70 ng et 90 ng par abeille) de substances actives (Thiaméthoxam) dissoutes dans l'acétone pour les traitements essais, et de solution de saccharose 55,5% (p/v) final supplémenté en acétone pour les traitements témoins.

Les traitements témoins permettent d'évaluer la toxicité du solvant utilisé pour préparer les solutions de Thiaméthoxam. Pendant toute la durée de l'étude, les abeilles sont placées à

l'obscurité dans une enceinte climatisée à 25 ± 2 °C avec une humidité relative d'environ 60 %. Lorsque les abeilles ont terminé l'ingestion de leur solution, elles sont réalimentées avec du candi et de l'eau pure. La concentration en acétone (pureté : 99%) dans le sirop de traitement est de 1%.

2.2.1.1.- Contrôle de la mortalité

Toutes les abeilles parfaitement immobiles, à un moment défini, sont considérées comme mortes. La mortalité des abeilles dans les cagettes témoins doit être inférieure à 10% de la population initiale d'abeilles.

Les taux de mortalité des abeilles témoins et traitées sont calculés par la formule suivante:

$$\text{Taux de mortalité \%} = \frac{\text{Nombre de mort}}{\text{Nombre total d'individus}} \times 100$$

- Correction de la mortalité

La mortalité obtenue est corrigée par la formule d'ABBOT [4].

$$M_c = \frac{M_2 - M_1}{100 - M_1}$$

$$\begin{cases} M_1 : \text{Pourcentage de mortalité dans le lot témoins} \\ M_2 : \text{Pourcentage de mortalité dans le lot traité} \\ M_c : \text{Pourcentage de mortalité corrigée} \end{cases}$$

- Détermination de la DL₅₀

La dose létale 50 (DL₅₀) représente la dose de toxique conduisant à la mort de 50% des individus. Cette DL₅₀ rend compte de la toxicité intrinsèque de la substance active considérée

Pour la DL₅₀, il est procédé à une transformation en Probit des pourcentages des mortalités corrigés, et la transformation en logarithme décimal de la dose. Ces transformations permettent d'établir l'équation de droite de régression « probit logarithme » de type :

$$Y = aX + b \quad \begin{cases} Y : \text{probit des mortalités corrigées} \\ X : \text{Logarithme des doses} \end{cases}$$

La DL₅₀ sera égale à l'anti- log x, avec x = log doses, correspondant au Probit de 50 de graphe de régression.

2.2.1.2.- Analyse statistique

Les données ont été analysées en utilisant le logiciel XLSTAT 2007.5, en utilisant des tests ANOVA. Une valeur de $p < 0,05$ est considérée comme significative.

3.- Résultats et discussion

3.1.- Symptômes induits par la toxicité aiguë de thiaméthoxame

Pour l'étude de la toxicité orale, les abeilles ingèrent en moyenne 10µl de thiaméthoxame. La mortalité des abeilles est suivie pendant 24, 48 et 72 heures. Les symptômes observés chez *Apis mellifera sahariensis* autres que la mortalité, lors de l'intoxication orale par thiaméthoxam ressemblent à ceux notés avec d'autres substances neurotoxiques. Ces symptômes se manifestent par une activité générale accrue, avec des mouvements désordonnés, des tremblements et des convulsions, puis un comportement apathique. En revanche, l'apparition des premières mortalités n'est observée que deux heures après l'ingestion du toxique. Suchail *et al.* [5] ont observé 20 minute après l'intoxication des abeilles à l'imidaclopride et ces métabolites, l'apparition rapide des symptômes de neurotoxicité (hyperactivité : mouvements désordonnés et tremblement, puis elles deviennent apathiques).

3.2.- Toxicité

Les résultats de toxicité aiguë par ingestion, obtenus lors de dénombrement après traitement à base de thiaméthoxam, sont représentés dans le tableau I.

Tableau I.-Toxicité de Thiaméthoxam vis-à-vis des lots d'abeilles *Apis mellifera sahariensis*

Doses (ng\µl)	Log Dose	Temps (heure)	Mortalité brute (%)	Mortalité corrigée (%)	Probits
D ₁ = 1	0	24	1,65	0	-
		48	1,65	0	-
		72	1,65	0	-
D ₂ = 10	1	24	48,3	47,43	4,93
		48	48,3	47,43	4,93
		72	48	47,13	4,93
D ₃ = 20	1,30	24	75	74,58	5,66
		48	75	74,58	5,66
		72	75	74,58	5,66
D ₄ = 50	1,70	24	98,3	98,27	7,13
		48	100	100	8,09
		72	100	100	8,09
D ₅ = 70	1,85	24	100	100	8,09
		48	100	100	8,09
		72	100	100	8,09
D ₆ = 90	1,95	24	100	100	8,09
		48	100	100	8,09
		72	100	100	8,09
Témoin	-	24	1,65	-	-
		48	1,65	-	-
		72	1,65	-	-

Au bout de 24h de traitement, les doses D₄ et D₅ ont donné les taux de mortalité les plus importants (100%).

Pour la dose la plus faible D2, le taux de mortalité corrigée le plus élevé (47,43%) a été enregistré 24 h après traitement. La cinétique de mortalité et la relation dose-mortalité sont représentées respectivement sur la figure 4.

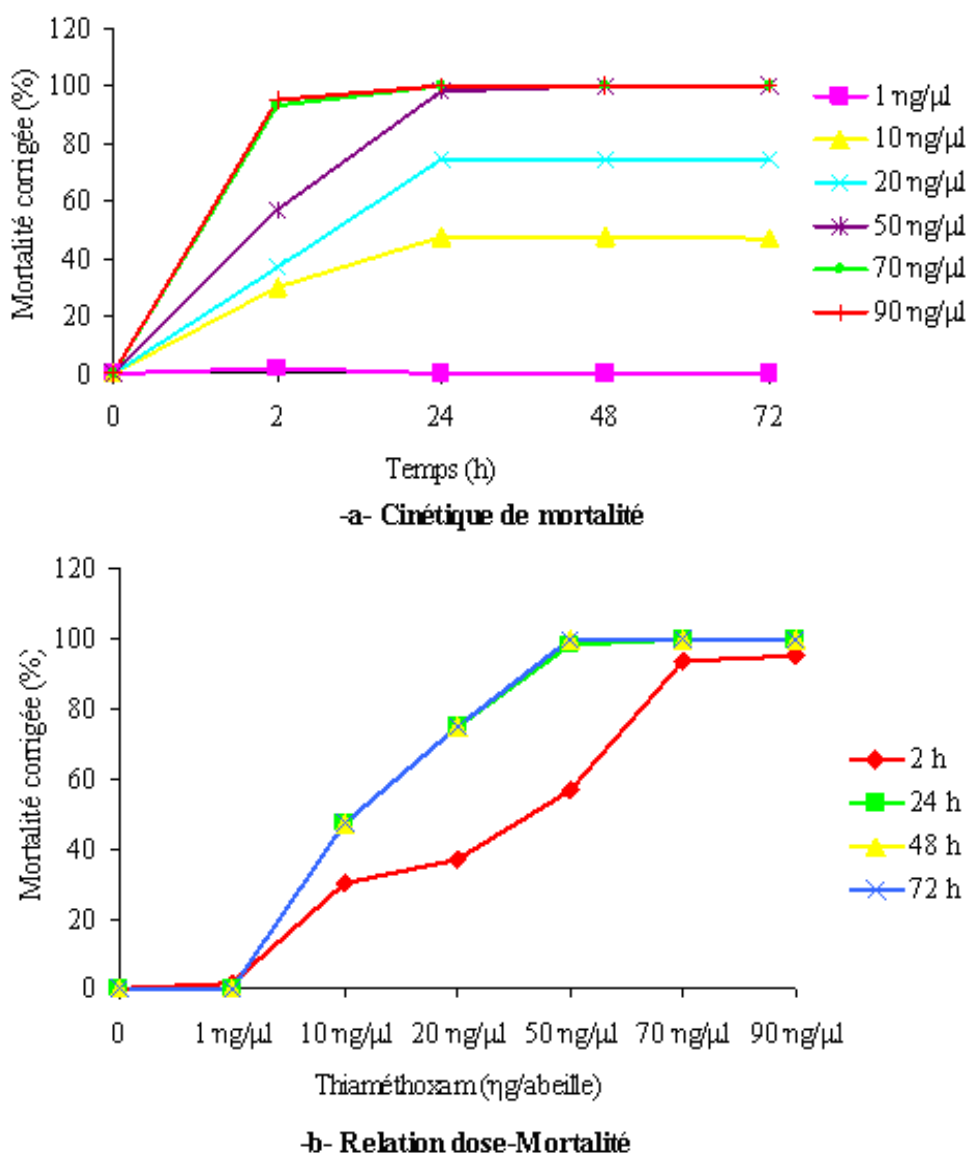


Figure 4.- Toxicité orale aiguë du Thiaméthoxam chez l'abeille *Apis mellifera sahariensis* (a : la mortalité des abeilles est suivie à différents temps pour une dose donnée du thiaméthoxam : 1, 10, 20, 50, 70 et 90 ng/μl, b : la mortalité corrigée correspond à la mortalité des abeilles intoxiquées par le thiaméthoxam corrigée en relevant la mortalité des abeilles ayant ingéré uniquement une solution de saccharose)

3.3.- Détermination de la DL₅₀

Les valeurs de DL₅₀ sont obtenues à partir des droites de régression représentées sur la figure 5. Le tableau II récapitule les analyses de l'effet des doses croissantes d'insecticide sur le taux de mortalité des lots d'abeilles.

Tableau II.- Récapitulatif des analyses de l'effet des doses testées sur le taux de mortalités des lots d'abeilles

Temps (heures)	Équation de droite	DL ₅₀ (ng/μl)	Lim inf.<DL50 < Lim sup. (ng/μl)	R
24	$y = 3,5562x + 1,2316$	11,47	10 < 11,47 < 20	0,98903994
48	$y = 3,7651x + 1,0989$	10,86	10 < 10,86 < 20	0,96783263
72	$y = 3,7651x + 1,0989$	10,86	10 < 10,86 < 20	0,96783263

D'après le tableau ci-dessus, on remarque que les DL₅₀ obtenues par le thiaméthoxam sont de l'ordre de 11,47 ng/μl, 10,86 ng/μl et 10,86 ng/μl respectivement après 24h, 48h et 72h traitement aux différentes doses. Elles sont situées entre les doses D2 et D3.

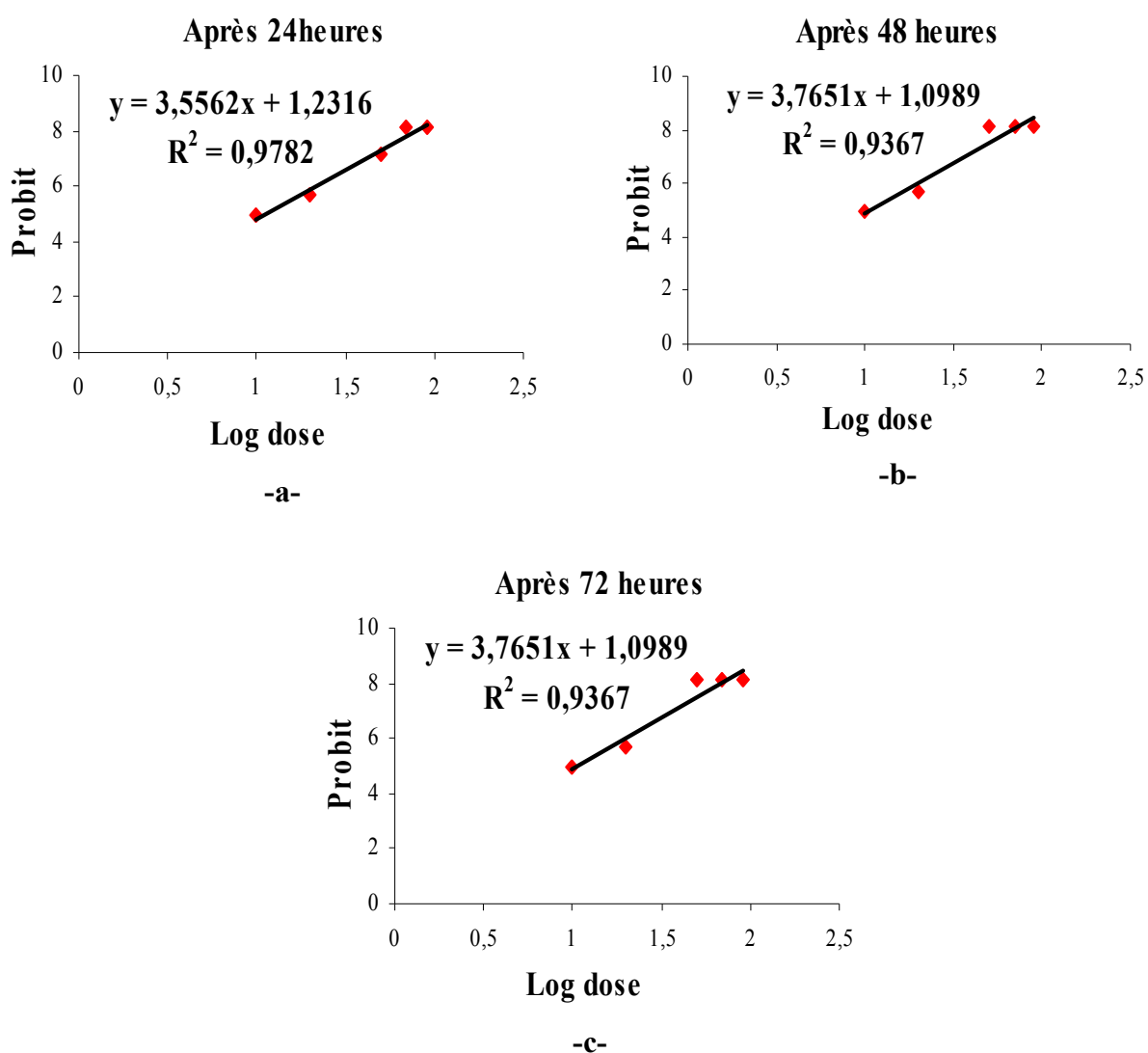


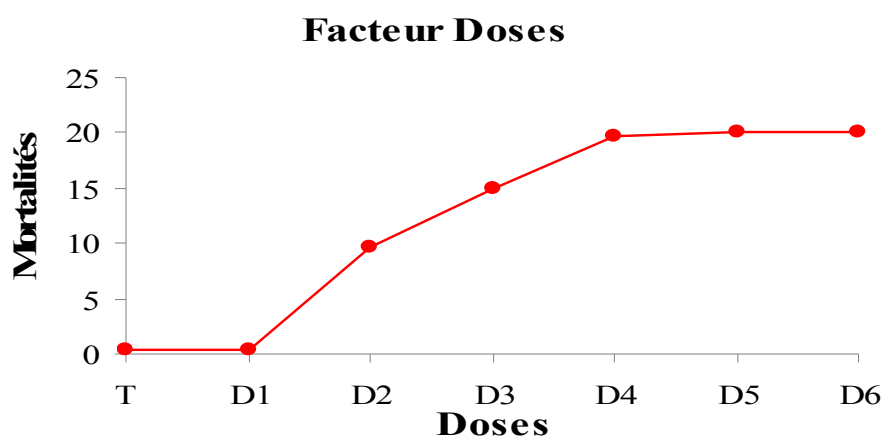
Figure 5.- Droites de régression de thiaméthoxame en fonction des doses respectivement après 24h (a), 48h (b) et 72h (c)

Tableau 3.- Evaluation de la valeur de l'information apportée par les variables

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	6	1419,905	236,651	81,470	< 0,0001
Résidus	14	40,667	2,905		
Total	20	1460,571			

L'analyse de la variance révèle que la différence est très hautement significative à 5%. Il y a une relation proportionnelle entre la dose de thiaméthoxam administrée et la mortalité observée.

La figure 6 laisse apparaître que la mortalité est caractérisée par un échelon. De même, une différence est observée entre la mortalité observée chez le lot témoin qui est très faible par rapport aux lots traités.

**Figure 6.-** Graphique des moyennes

Les principales étapes de l'évaluation des risques écotoxicologiques pour l'abeille comprennent des essais de toxicité aiguë qui permettent le calcul d'une valeur de référence, la dose létale qui tue 50% des individus ou la DL_{50} [6].

Les courbes de mortalité en fonction de la dose (fig. 4a) montrent que plus la dose augmente plus la mortalité est élevée. Il existe donc une relation directement proportionnelle entre la dose de thiaméthoxam administrée et la mortalité observée. De plus, il est à noter que la mortalité évolue au cours du temps jusqu'à atteindre son maximum pour chaque dose au bout de 24 heures.

A partir de ces courbes, il est possible d'extraire des valeurs toxicologiques intéressantes, la DL_{80} , la DL_{50} et la DL_{20} . Toutefois, la DL_{50} est très importante, car c'est sur elle que repose la première phase de l'évaluation de la toxicité d'un produit phytopharmaceutique pour l'abeille.

Les doses létales sont obtenues à partir des droites de régression présentées sur la figure 5. A partir de 24 heures, ces doses sont stables.

La figure 4b représente la cinétique de la toxicité orale aiguë du thiaméthoxam chez l'abeille saharienne *Apis mellifera sahariensis*, l'aspect de cette cinétique est classique, plus la dose de thiaméthoxam est élevée et plus la mortalité apparaît rapidement, pour la plus forte dose, le

maximum, qui est dans ce cas 100%, est déjà atteint lors du premier contrôle. Dans le cas du thiaméthoxam, il n'y a pas de mortalité retardée, ce dernier doit donc agir selon un mécanisme d'action différent ce qui a été confirmé par Cerruti [7], qui a obtenu une DL50 de 13ng/abeille (en utilisant la race *Apis mellifera mellifera*), alors que pour l'imidaclopride la mortalité est retardée, le maximum n'est pas toujours atteint au bout de 96h [5].

La toxicité aigue de thiaméthoxam est caractérisée par la rapidité d'apparition des symptômes de neurotoxicité, alors que la mortalité ne survient qu'une heure voir 2 heures après l'intoxication orale des abeilles. Ce phénomène est observé chez *Apis mellifera sahariensis* et est encore plus prononcé chez *Apis mellifera intermissa*.

Chez l'abeille domestique, le thiaméthoxam est plus toxique par voie orale que par contact, ce qui est différent de la plupart des insecticides, ce qui est aussi observé pour l'imidaclopride [8]. En effet, les insecticides tels que les pyréthriinoïdes comme la deltaméthrine ou les organophosphates, comme le chlorpyrifos présentent une toxicité plus importante après contact direct qu'après ingestion chez les abeilles (Smart et Stevenson, 1982; Mishra et Verma, 1982 cités par Rafalimanana [9], et Suchail *et al* [5])

Selon l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada (2007)[8], la DL50 aiguë du thiaméthoxam par voie orale pour l'abeille domestique, *Apis mellifera*, est de 5 ng/ μ l et la DL50 aiguë par contact pour la même espèce, est de 24 ng / μ l. ce qui confirme qu'il a une différence de sensibilité entre les races étudiées Algérienne et Canadienne, en se sens que l'abeille Algérienne est plus résistante, et ceci pourrait être due à la variation de la capacité de détoxification.

En effet, dans la plupart des cas, lorsqu'un xénobiotique (substance étrangère à l'organisme considéré) pénètre dans un organisme, ce dernier essaie de l'éliminer en changeant sa structure moléculaire pour le rendre plus soluble et donc plus facilement excrétable. Cette métabolisation conduit en général à la formation de métabolites moins toxiques, mais, elle peut aussi dans certains cas, aboutir à la formation de métabolites toxiques voir plus toxiques que le produit parent.

Ainsi, la nature des voies de dégradation mises en jeu dans la métabolisation du thiaméthoxam peut influencer grandement sa toxicité et entraîner une sensibilité variable au thiaméthoxam des abeilles d'une saison à l'autre.

Néanmoins, quelles que soient la génération d'abeilles utilisées, la toxicité du thiaméthoxam est extrêmement élevée.

En ce qui concerne le temps dans l'évaluation de la toxicité, il a été observé que celui -ci n'avait aucun effet, c'est-à-dire que quelque soit le temps, la toxicité est importante.

4.- Conclusion

L'étude toxicologique approfondie des produits phytopharmaceutique avant leur homologation et leur mise sur le marché s'avère essentielle pour diminuer leur impact sur les abeilles et les autres insectes utiles. De plus, il est aussi nécessaire de réunir un ensemble de connaissances approfondies sur les mécanismes d'action des substances actives et de leur métabolites non seulement en toxicité aigue, mais aussi en toxicité subchronique afin d'établir les bases indispensables à l'amélioration de procédures d'évaluation du risque écotoxicologique.

L'étude de la toxicité aigue de thiaméthoxam a permis de mettre en évidence des caractéristiques importantes.

L'une de ces caractéristiques est la différence de sensibilité des abeilles au thiaméthoxam selon la voie de pénétration du toxique.

Chez *Apis mellifera sahariensis*, le thiaméthoxam est plus toxique par voie orale que par contact, ce qui n'est pas observé avec la plupart des insecticides.

Au vu du danger lié à cet insecticide, il ne doit pas être utilisé en pleine floraison, pour limiter les risques d'intoxications des abeilles. De plus la caractéristique de la toxicité aigue de thiaméthoxam, est la rapidité d'apparition des symptômes de neurotoxicité et, la mortalité ne survient que 2 heures après l'intoxication des abeilles.

Références bibliographiques

[1].- Dibos C., 2005.- Toxicité du thiaméthoxam chez l'abeille domestique *Apis mellifera* L. Toxicité aigue et subchronique et sensibilisation par une exposition préalable. Master 1. Univ. Avignon et des Pays des Vaucluse, UFR sciences, 22p.

[2].- Ratia G., 2009.- Toxicité subchronique de l'imidaclopride et de ses métabolites chez l'abeille domestique *Apis mellifera*. Un article de www.beekeeping.com.

[3].- CEB, 1995.- Méthode de laboratoire d'évaluation des effets de toxicité aigue orale et de contact des préparations phytopharmaceutiques chez l'abeille domestique *Apis mellifera* L. Méthode, N° 95, 8p.

[4].- Abbot W. S., 1925.- A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol., 18 :265-267.

[5].- Suchail S., Belzunces L. P. et Vaissière B. E., 2003.- Toxicité aigue de l'imidaclopride et de ses métabolites chez l'abeille domestique *Apis mellifera*. Abeilles et Fleurs, N°643: 27-30

[6].- Pham-Delègue, 2002.- Impact de plantes transgéniques et de produits phytosanitaires sur l'abeille. <http://www.inra.fr/spe/dossier/scientifiques/abeille.html> (page consultée le 18/11/2007).

[7].- Cerruti N., 2006.- Effets sublétaux d'un insecticide néonicotinoïde, le thiaméthoxam, chez l'abeille domestique *Apis mellifera* L. Ing. Trav. Pub., Univ. Avignon et des Pays des Vaucluse, UFR sciences, 23p.

[8].- Suchail S. 2001.- Etude pharmacocénétique et pharmacodynamique de la létalité induite par l'imidaclopride et ses métabolites chez l'abeille domestique (*Apis mellifera* L.). Thèse Doct., univ. Claude Bernard, Lyon 1, 166p.

[9].- Rafalimanana H. J., 2003.- Evaluation des effets d'insecticides sur deux types d'hyménoptères auxiliaires des cultures, l'abeille domestique (*Apis mellifera* L.) et des parasitoides de pucerons : études de terrain à Madagascar et de laboratoire en France. Thèse Doc., Inst. Nat. Agro., Paris –Grignon., 300p.

EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DE LA PHYSICO-CHIMIE, MICROBIOLOGIE ET ÉCOTOXICOLOGIE DES LIXIVIATS DE LA DÉCHARGE PUBLIQUE D'EL-KERMA (ORAN, ALGÉRIE)

BENNAAMA T.^{1*}, YOUNSI A.², DERRICHE Z.¹, DEBAB A.¹

⁽¹⁾Laboratoire de Physico-chimie des Matériaux, Catalyse et Environnement
Faculté des Sciences, Département de Chimie Industrielle
Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf d'Oran
BP 1505 El M'Naouar 31000 Oran, Algérie, Email: tbennama@yahoo.fr

⁽²⁾Laboratoire des Géosciences et Techniques de l'Environnement
Département de Géologie, Faculté des Sciences
Université Chouaïb Doukkali BP 20, 24000 El Jadida, Maroc

Résumé- Ce travail s'inscrit dans le cadre de la réhabilitation des décharges publiques. En effet, la décharge publique d'El-Kerma (Oran, Algérie) constitue l'installation centrale de stockage et d'élimination des déchets solides (ménagers, industriels, hospitaliers et autres) de la ville d'Oran. Les quantités énormes de déchets putrescibles rejetés dans cette décharge, génèrent des eaux de lixiviats très polluants, riches en matières organiques (DCO moyenne=14.000 mg d'O₂/l), en sels (CE moyenne=130 mS/cm) et en micro-organismes. La caractérisation physico-chimique de ces lixiviats bruts générés par cette décharge a montré qu'il s'agit de jus de décharge vieux et stabilisés, véhiculant une importante charge polluante (DBO₅/DCO=0,052). L'analyse de la composition en métaux lourds a mis en évidence l'importante charge métallique de ces effluents, dont le fer est le métal le plus abondant (8 mg/l). Les résultats de la caractérisation bactériologique ont indiqué une très mauvaise qualité microbiologique de ces lixiviats. En effet, des taux supérieurs à 18.000 germes par 100 ml de lixiviat ont été enregistrés pour les coliformes totaux et les streptocoques fécaux, considérés comme traceurs de premier rang de la pollution microbienne dans les jus de décharges. Les essais du test d'écotoxicité aigue Toxtracer réalisés sur ces lixiviats ont révélé des taux d'inhibition assez élevés, excédant les 50% pour des dilutions supérieures ou égales à 0,5. Ce qui rend ces effluents extrêmement toxiques et présentent ainsi un danger permanent pour la santé de la population riveraine et l'environnement avoisinant, et nécessitent, par conséquent, un traitement spécifique avant leur rejet dans le milieu récepteur.

Mots clés: Décharge publique, lixiviats, caractérisation, contamination, El-Kerma.

SPATIOTEMPORAL EVOLUTION OF THE PHYSICAL CHEMISTRY, MICROBIOLOGY AND ECOTOXICOLOGY OF LEACHATE FROM THE ANDFILL OF EL KERMA (ORAN, ALGERIA)

Abstract- This work is part of the rehabilitation of landfills. Indeed, the dump of El Kerma (Oran, Algeria) is the central storage facility and disposal of solid waste (domestic, industrial, hospital and other) of the city of Oran. Huge quantities of waste discharged into the landfill, generate highly polluting leachate waters, rich in organic matter (average COD = 14,000 mg O₂ / l), salt (mean EC = 130 mS / cm) and micro organisms. The physicochemical characterization of raw leachate generated by the landfill showed that these juices and stabilized discharge old, carrying a large pollution load (BOD₅/COD = 0.052). The compositional analysis of heavy metals showed the significant metal loading of these effluents, in which iron is the most abundant metal (8 mg / l). The results of the bacteriological characterization indicated a very poor microbiological quality of the leachate. Indeed, rates of over 18,000 organisms per 100 ml of leachate were recorded for total coliforms and fecal streptococci, considered as tracers of the first rank of microbial pollution in the juice of landfills. Trials of acute ecotoxicity test Toxtracer made on these leachates showed a very high inhibition rate, exceeding 50% for dilutions greater than or equal to 0.5. This makes these effluents extremely toxic and thus presents a continuous danger to the health of local population and surrounding environment. Therefore, these wastes require a specific treatment prior to discharge into the receiving landfills.

Keywords: Public landfill, leachate, characterization, contamination, El Kerma.

Introduction

La gestion environnementale des déchets solides municipaux est parmi les problèmes les plus cruciaux, à l'heure actuelle, qui pèse lourdement sur le développement de la ville. La situation est encore plus alarmante dans les pays en voie de développement.

En Algérie, la situation est aggravée à la fois par la concentration de la population sur la bande littorale, où se trouvent les centres urbains et les zones industrielles, et par les insuffisances des infrastructures existantes qui ne sont pas en mesure de faire face à une prise en charge plus rationnelle de la problématique des déchets.

En effet, la pratique de la technique de mise en décharge contrôlée est inexistante et la décharge sauvage reste la règle dans toutes les villes. L'enquête réalisée par le centre national des déchets [1] a fait état de 30.000 t/j de déchets municipaux, 3.000 décharges sauvages implantées sur tout le pays occupant une superficie de 150.000 hectares ; conséquence parmi d'autres: la contamination des eaux de surface et des eaux souterraines qui a pour cause les décharges sauvages des déchets urbains, entraînant des atteintes graves à la santé publique.

A l'instar des autres grandes villes algériennes, les déchets solides municipaux ont toujours été le problème écologique majeur de la ville d'Oran. Cette ville côtière qui s'étale sur une superficie de 70 km² compte 1.510.984 d'habitants. La quantité moyenne de déchets ménagers produite est estimée à 292.000 tonnes par an, à raison d'un ratio journalier de 0,76 kg/j par habitant [2].

Parmi les 22 décharges sauvages existantes actuellement dans les 26 communes de la wilaya d'Oran, la décharge publique d'El-Kerma est considérée comme le principal dépotoir pour la majorité des déchets produits dans le groupement urbain d'Oran et dans toute la région oranaise. Elle est à l'origine d'effluents liquides contaminés ou lixiviats qui sont caractérisés par une forte charge organique et minérale. Ces effluents ne sont pas drainés et risquent, après accumulation, de s'infiltrer dans le sous-sol et de contaminer la nappe qui s'écoule en cette zone à environ 20 mètres de profondeur. Par conséquent, ils doivent subir un traitement rigoureux avant leur rejet dans l'environnement.

L'objectif majeur de ce travail consiste à l'examen de l'évolution spatio-temporelle des caractéristiques physico-chimique, bactériologique et écotoxicologique des lixiviats de la décharge publique d'El-Kerma (Oran) pour une éventuelle étude d'impact sur les ressources en eau (superficielles et souterraines) et sur la santé de la population riveraine. Par ailleurs, une comparaison des résultats de caractérisation avec ceux d'autres sites de décharges internationales a été effectuée et ce, afin d'évaluer le degré de pollution engendrée par cette décharge.

1.- Situation géographique de la décharge d'El-Kerma (Oran)

La décharge publique d'El-Kerma a été créée en 1986 et s'étend sur une superficie de 4 km². Elle se situe à 15 km de la ville d'Oran et à environ 2 km d'El-Kerma (fig. 1). Elle est limitée à l'Ouest par la grande Sebkhia d'Oran. Cette décharge reçoit quotidiennement environ 1200 tonnes de déchets solides (ménagers, industriels, hospitaliers), à l'état brut et mélangés. Ces déchets arrivent de toutes les localités de la Wilaya d'Oran. Le ratio journalier est de l'ordre de 0,8 kg/j par habitant, dépassant largement la moyenne nationale qui est de 0,5 kg/j par habitant [3]. La composition physique des déchets rejetés dans la décharge d'El-Kerma, montre la prédominance des déchets riches en matière organique, avec un taux dépassant 70%.

C'est une décharge, incontrôlée et à ciel ouvert, qui n'a été précédée par aucune étude géologique, hydrogéologique ou d'impact. Elle constitue une source potentielle de contamination par les lixiviats et par diverses nuisances fréquentes.

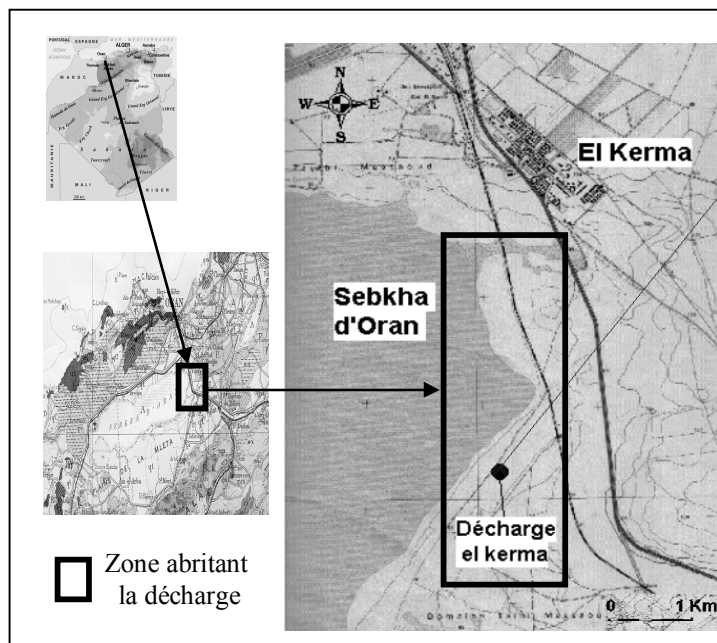


Figure 1.- Situation géographique de la décharge d'El-Kerma

La zone abritant la décharge est caractérisée par un climat de type semi-aride [4], avec une pluviométrie annuelle moyenne de 333 mm, une température moyenne annuelle relativement élevée de 18,5°C et une évapotranspiration réelle annuelle de l'ordre de 349 mm. La région d'El-Kerma est soumise à une période humide de 5 à 6 mois par an, du mois d'octobre au mois de mars. Il est à souligner que la pluie constitue la source principale des lixiviats des déchets, en plus de l'eau initialement présente dans ces déchets, l'eau biologique, etc.

La zone de décharge fait partie du bassin de la grande Sebkhia, lui même appartenant au bassin néogène du Bas Cheliff [5]. Elle montre les formations lithologiques suivantes, du bas vers le haut : le Miocène de nature calcaire surmonté par le Pliocène de faciès grés-carbonaté à grés-marneux crayeux, et l'ensemble est coiffé par le Quaternaire. Celui-ci se présente sous forme d'alluvions renfermant des niveaux d'argiles et de limons gypsifères, de sables, de grès et de calcaires. Des vases gypsifères actuelles terminent la série.

Deux types de nappes d'eau souterraine se rencontrent dans la zone de la décharge [6] : une nappe phréatique à surface libre circulant, dans les alluvions quaternaires (grès et sables à perméabilité d'interstice) et une nappe captive s'écoulant dans les calcaires mio-pliocène (perméabilité de fissures). L'écoulement de ces deux nappes s'effectue vers la Sebkhia d'Oran, exutoire naturel de ces deux aquifères.

La profondeur moyenne de la nappe phréatique est généralement inférieure à 20 m, ce qui fait de cette nappe, un plan d'eau sensible à la pollution par les lixiviats issus de la décharge d'El-Kerma. Quant à la nappe captive, elle est protégée de cette pollution, vu qu'elle présente un toit imperméable.

2.- Caractérisation des lixiviats de la décharge d'El-Kerma

2.1.- Caractérisation physico-chimique

Plusieurs campagnes de mesures et de prélèvements du lixiviat ont été réalisées pendant les années 2005, 2006 et 2007, à raison de deux campagnes par an. Les mesures in situ ont porté sur la température (thermomètre digital Type GTH 1160), la conductivité électrique (conductimètre PHYWE 13701.93), le pH (pH-mètre METTLER DELTA 350) et la turbidité (turbidimètre type DRT-15CE). Les échantillons ont été conservés dans une glacière et transférés immédiatement au laboratoire où ils ont été placés dans un réfrigérateur, à 4°C et à l'obscurité. Les échantillons de lixiviats destinés à des analyses de cations et d'ions métalliques sont acidifiés, dès le prélèvement, à l'acide nitrique concentré, à raison de 5 ml/l.

Tous les paramètres chimiques des lixiviats ont été déterminés selon les méthodes standards pour l'analyse des eaux usées [7]. La teneur des matières en suspension (MES) a été déterminée par la méthode de filtration. La demande chimique en oxygène (DCO) est analysée à l'aide d'un DCO-mètre type thermoréacteur CR 2010 et la demande biologique en oxygène (DBO₅) est mesurée à l'aide d'un DBO-mètre Model BSB-Meßgerät 1002. Les phénols, nitrites, nitrates, phosphates et sulfates ont été déterminés par spectrophotomètre visible type Perkin Elmer Lambda 20. Le Carbone Organique Total (COT) est analysé grâce à un COT-mètre type Elementar Analyser High TOC II. Les hydrocarbures totaux sont extraits par le tétrachlorure de carbone et dosés par spectrométrie d'absorption infrarouge type SP3_200 IFR-RED. Le potassium et le sodium ont été analysés par spectrophotomètre à flamme Type Jenway PST7. Le calcium et le magnésium ont été dosés par complexométrie avec l'EDTA et les éléments métalliques (Fe, Pb, Cu, Zn, Mn, Cd, Ni, Cr) ont été analysés par absorption atomique type PYE-UNICAM SP9.

2.2.- Caractérisation bactériologique

La caractérisation bactériologique des lixiviats consiste au dénombrement des germes suivants : coliformes totaux et coliformes fécaux selon les normes ISO 9308/2 et ISO 9308/1; streptocoques fécaux selon la norme ISO 7899/1; germes aérobies à 37°C et germes aérobies mésophiles à 22°C selon la norme ISO 6222 : 1998; germes anaérobies sulfito-réducteurs à 46°C selon la norme ISO 6461/1; salmonella selon la norme ISO 6579 [8]. Les échantillons de lixiviats prélevés destinés aux analyses bactériologiques sont conservés dans de flacons en verre de 225 ml, stérilisés par la chaleur à l'autoclave à 120°C pendant 1 heure.

2.3.- Caractérisation éco-toxicologique

Le test de toxicité aiguë "Toxtracer" ou "Microtox" consiste à évaluer l'inhibition de la luminescence produite par des suspensions de la bactérie marine *Vibrio fischeri* au contact d'une gamme de dilutions d'échantillons d'eaux de lixiviats [9,10]. Le critère d'essai est la diminution de la luminescence mesurée après 5, 15 et 30 minutes d'incubation par rapport à un témoin sans échantillon. Si la concentration de l'inhibition est supérieure à 50%, le test de toxicité s'avère positif. L'essai est réalisé avec des organismes lyophilisés du commerce. Le milieu de dilution est de l'eau distillée salée à 20 g NaCl/litre. Une gamme de 8 concentrations de l'éluat dans le milieu de référence est réalisée parallèlement à deux témoins sans éluat. L'essai se déroule en tubes à essais. La salinité des éluat sera évaluée avant l'essai et ajustée à environ 20 g/l par ajout de NaCl le cas échéant.

3.- Résultats et discussion

La composition chimique des lixiviats est spécifique à chaque décharge. Elle varie étroitement avec la nature et l'âge de la décharge, le type de déchets et leur degré de décomposition, la méthode de mise en décharge, la nature du site d'enfouissement et les conditions climatiques, etc. [11,13].

La concentration maximale requise des différents paramètres analysés dans les eaux de lixiviats est référée à la législation algérienne actuelle réglementant les rejets d'effluents liquides industriels [14], étant donné que les jus de décharge ou les lixiviats sont souvent comparables à des rejets industriels complexes contenant à la fois des substances contaminantes : organiques et inorganiques [15].

Les lixiviats de la décharge d'El-Kerma d'Oran sont de couleur noir et d'odeur fécaloïde. L'examen des résultats présentés dans le tableau II montre des concentrations élevées en MES (1206 mg/l), chlorures (3160 mg/l), ammonium (2747 mg/l). La valeur du pH enregistrée est de 7,98 ; marquant le caractère basique des lixiviats de la décharge d'El-Kerma.

Par ailleurs, le rapport DBO_5/DCO est un indicateur de la biodégradabilité de la matière organique et la maturation des lixiviats [16,17]. Ainsi, pour les décharges jeunes où l'activité biologique correspond à la phase acide de dégradation anaérobie, ce rapport atteint la valeur de 0,83. Il décroît jusqu'à la valeur 0,05 pour les vieilles décharges où l'étape de fermentation ultime, la méthanogenèse, est atteinte [18]. Ce stade de fermentation est caractérisé par la diminution de la DCO et surtout la DBO_5 , un pH basique et de fortes teneurs en ammonium [12,19,21]. Dans notre cas, il semble que la décharge d'El-Kerma est une décharge vieille qui traverse actuellement le stade de la méthanogenèse ($DBO_5/DCO=0,052$). Le pH moyennement basique (7,98), mesuré sur les lixiviats de cette décharge reflète bien cette phase d'évolution biologique. Il en ressort que ces percolats sont considérés comme des lixiviats vieux et stabilisés, caractérisés par une biodégradabilité moindre et une charge organique complexe.

Les lixiviats présentent des valeurs de conductivité, de matières en suspension (MES) et des teneurs en chlorures très importantes. Il s'agit d'un caractère commun à toutes les décharges d'ordures ménagères [22,23]. Les fortes teneurs en chlorures s'expliquent d'une part que pendant la période estivale (maximas des températures), il y a une absence quasi-totale des précipitations qui peuvent induire des phénomènes de dilution du jus de décharge, d'où les lixiviats deviennent de plus en plus riches en chlorures et en MES.

D'autre part, l'élévation de la température semble activer les réactions d'oxydation, d'hydrolyse et de reminéralisation des déchets par les bactéries, et par conséquent, les lixiviats deviennent de plus en plus riches en éléments minéraux tels les chlorures [23].

Les résultats des analyses des lixiviats ont montré aussi qu'il s'agit de percolats très pauvres en nitrates par contre les teneurs en azote ammoniacal et azote organique (NTK) sont relativement importantes pendant la période sèche.

La teneur en sulfates, soit 1740 mg/l, semble faible car en période sèche, les phénomènes de dégradation bactérienne sont très accentués (réchauffement des lixiviats) et les conditions du milieu demeurent très réductrices. Les sulfates sont ensuite réduits en sulfures sous forme de H_2S ; gaz responsable des mauvaises odeurs dégagées par la décharge [12,23].

Comme la plupart des éléments inorganiques, l'évolution des concentrations en sodium, potassium et magnésium dans les lixiviats est en relation avec la teneur en substance organique dissoute [22]. En effet, les fortes concentrations de ces trois éléments est due au fait que durant la période sèche, la matière organique, responsable de la complexation de ces éléments est très faible.

Tableau I.- Caractérisation physico-chimique des lixiviats de la décharge d'El-Kerma d'Oran (moyenne des années 2005, 2006 et 2007)

Paramètre	Décharge d'El-Kerma	Norme algérienne ^[14]
Température	26,9	30
pH	7,98	6,5-8,5
CE	130	/
Turbidité	751	/
MES	1.206	35
DCO	12.600	120
DBO ₅	650	35
DBO ₅ /DCO	0,052	/
COT	433	/
Azote ammoniacal	2.747	/
Azote organique	1.182	30
Nitrates	0,93	/
Nitrites	44	/
Chlorures	3.160	/
Sulfates	1.740	/
Phosphates	2,11	/
Hydrocarbures totaux	37	20
Phénols	24	0,3
Phosphore total	0,69	10
Sodium	5.216	/
Potassium	10.500	/
Calcium	500	/
Magnésium	4.800	/

Tous les paramètres sont exprimés en mg/l excepté température (°C), pH, conductivité CE (mS/cm), turbidité (NTU) et DBO₅/DCO.

L'analyse de la composition en métaux lourds des lixiviats (tab. II) a mis en évidence l'importante charge métallique de ces percolats. Le fer est le métal le plus abondant (6000µg/l), ce qui n'est pas le cas pour des lixiviats générés par une décharge en phase de méthanisation. Ceci est vraisemblablement dû au fait que la décharge continue toujours à recevoir des déchets renfermant du fer, surtout les déchets industriels qui y sont rejetés à l'état brut et mélangés aux déchets ménagers (zones industrielles d'El-Kerma et d'Es-Sénia). Les métaux toxiques présentent des teneurs relativement importantes : nickel=1260 µg/l; cadmium= 400 µg/l. La composition métallique des lixiviats issus de la décharge d'El-Kerma est typique d'une décharge à caractère ménager dominant [17, 22, 24, 25]. En effet, les concentrations des éléments métalliques des lixiviats étudiés en particulier celles du nickel (1.260 µg/l), cuivre (580 µg/l) et cadmium (400 µg/l) sont supérieures à celles des lixiviats générés par d'autres décharges

d'ordures ménagères (tab. III). La classification des concentrations des métaux lourds de ces lixiviats dans l'ordre croissant est la suivante : Fe>Cu>Zn>Mn et Ni>Cd>Pb>Cr. Par conséquent, la présence des métaux lourds dans les lixiviats de décharge inhibent le développement microbien et interfèrent les résultats représentatifs de la DBO₅.

Tableau II.- Teneurs en métaux lourds de la décharge d'El-Kerma

Concentration (µg/l)	Décharge d'El-Kerma	Intervalle de variation d'une décharge ménagère ^[22]	Norme algérienne
Fer total	6000	3.10^3 - 55.10^5	5000
Plomb	130	$1-5.10^3$	500
Cuivre	580	$5-1.10^4$	500
Zinc	320	$30-1.10^6$	5000
Manganèse	140	$30-14.10^5$	1000
Cadmium	400	$0,1-4.10^2$	200
Nickel	1260	$15-13.10^3$	500
Chrome total	4	$20-15.10^2$	500

La charge métallique présente toutefois un risque énorme pour les eaux souterraines dû à la faible profondeur de la nappe phréatique circulant dans la zone de la décharge, ainsi que la perméabilité modérée de la texture du sol sablo-argileux du site de la décharge qui favorisent les phénomènes d'infiltration et de percolation des lixiviats et de leur charge métallique.

Tableau III.- Comparatif des teneurs en métaux lourds dans différentes décharges

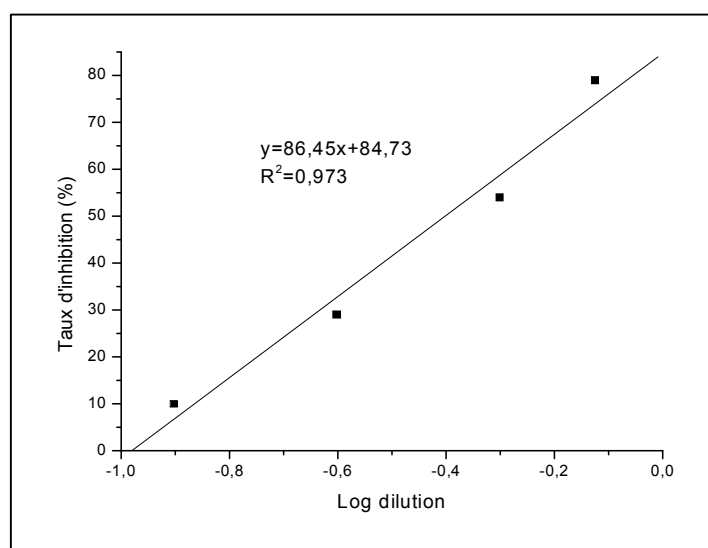
Concentration (µg/l)	Décharge d'El-Kerma d'Oran (Algérie)	Décharge de Oued-Smar d'Alger (Algérie) ^[17]	Décharge d'El Jadida (Maroc) ^[25]	Décharge d'Etueffont (France) ^[23]
Fer total	6000	12300	24000	2630
Plomb	130	200	/	/
Cuivre	580	450	157,8	270
Zinc	320	700	747,2	740
Manganèse	140	400	1256,72	/
Cadmium	400	/	34	10
Nickel	1260	250	133,8	210
Chrome total	4	500	156,33	270

L'examen des résultats de caractérisation bactériologique des lixiviats de la décharge d'El-Kerma (tab. IV) affichent une très mauvaise qualité microbiologique loin des normes en vigueur vu les taux élevés des coliformes, des streptocoques, des germes totaux, des sulfito-réducteurs et la présence de la salmonella. Ce qui rend ces lixiviats extrêmement toxiques et présentent ainsi un danger permanent pour l'environnement et le milieu aquifère souterrain et qui nécessitent donc un traitement.

Tableau IV.- Caractérisation bactériologique des lixiviats de la décharge d'El-Kerma (moyenne des années 2005, 2006 et 2007)

Germe	Décharge d'El-Kerma	Norme algérienne ^[26]
Coliformes totaux (germes/100ml)	>18000	20
Coliformes fécaux (germes/100ml)	>18000	<102
Streptocoques fécaux (germes/100ml)	>2000	<10
Germes aérobies à 37°C (germes/ml)	39. 10 ⁵	Absence
Germes aérobies mésophiles à 22°C (germes/ml)	78. 10 ⁵	Absence
Anaérobies sulfito-réducteurs à 46°C (germes/ml)	45	<5
Anaérobies sulfito-réducteurs à 46°C (germes/20ml)	Indénombrables	Absence
Salmonella	Présence	Absence

Les essais du test d'écotoxicité aiguë Toxtracer, effectués sur un échantillon de lixiviats de la décharge d'El-Kerma, ont révélé des taux d'inhibition assez élevés, excédant les 50% pour des dilutions supérieures ou égales à 0,5, avec un coefficient de corrélation R^2 assez satisfaisant (0,973), comme le montre la figure 2 ci-après. Il en ressort que ces effluents liquides sont extrêmement toxiques et présentent un danger permanent pour la santé et l'environnement.

**Figure 2.-** Test de toxicité aiguë Toxtracer

4.- Conclusion

La caractérisation des lixiviats générés par la décharge incontrôlée et à ciel ouvert d'El-Kerma (Oran) a montré qu'il s'agit de lixiviats vieux et stabilisés, véhiculant une importante charge polluante minérale, organique, métallique et des micro-organismes (germes totaux et fécaux). Ces lixiviats à forte charge polluante risquent de contaminer la nappe phréatique qui circule à des faibles profondeurs (environ 20 m), sous un substratum moyennement perméable.

Le caractère basique de ces lixiviats (pH=7,98) et le rapport DBO₅/DCO évalué à 0,052 montre qu'il s'agit d'une décharge vieille traversant actuellement le stade de la fermentation méthanique de la dégradation anaérobie. Les résultats obtenus au niveau de la décharge d'El-Kerma ont été comparés à ceux recueillis au niveau d'autres décharges, et ont montré que la composition métallique des lixiviats de la décharge d'El-Kerma est typique d'une décharge à caractère ménager dominant.

La méthode de mesure de la toxicité par les bactéries bioluminescentes a révélé que ces effluents sont extrêmement toxiques et présentent ainsi un danger permanent et potentiel pour la santé de la population riveraine et l'environnement avoisinant.

La détermination des caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et écotoxicologiques des lixiviats de la décharge d'El-Kerma permettra ainsi d'orienter la filière de leur traitement pour répondre aux normes de rejet les plus strictes.

Références bibliographiques

- [1].- CND, 2003. Inventaire des décharges sauvages, Centre national des déchets, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Alger.
- [2].- DEO, 2003. Elaboration du schéma directeur de gestion des déchets urbains de la ville d'Oran, rapport de synthèse, Direction de l'environnement d'Oran.
- [3].- MATE, 2003. Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Alger.
- [4].- ONM, 2006. Station de météo d'Es-Sénia, Office national météorologique, Oran.
- [5].- Moussa K., 2007. Etude d'une sebkha : la Sebkha d'Oran (Ouest algérien), thèse de doctorat d'état, université d'Oran, 205p.
- [6].- Hassani M.I., 1987. Hydrogéologie d'un bassin endoréique semi-aride, le bassin versant de la grande Sebkha d'Oran (Algérie), thèse de doctorat 3^{ème} cycle, université de Grenoble, 304p.
- [7].- Rodier J., 1984. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer, Dunod, Paris, 7^{ème} édition.
- [8].- CACQE, 1990. Qualité de l'eau : recherche et dénombrement des germes—Méthodes d'analyse (Norme ISO). Centre algérien du contrôle de la qualité et de l'emballage, Oran.
- [9].- Moletta R., 2006. Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires, Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 2^{ème} édition.
- [10].- Pivato A., Gaspari L. 2006. Acute toxicity test of leachates from traditional and sustainable landfills using luminescent bacteria. Waste management, Vol.26, N°10, 1148-1155.
- [11].- Navarro A., Bernard D., Millot N., 1988. Les problèmes de pollution par les lixiviats de décharge. Techniques, Sciences et Méthodes-L'Eau 3: 541–545.
- [12].- Chofqi A., 2004. Mise en évidence des mécanismes de contamination des eaux

souterraines par les lixiviats d'une décharge incontrôlée (El Jadida-Maroc) : Géologie, hydrogéologie, géoélectrique, géochimie et épidémiologie. Thèse de Doctorat national, Faculté des sciences, Université Chouaïb Doukkali, El Jadida, 184p.

[13].- Matejka P., 1994. Pollution engendrée par un lixiviat de décharge d'ordures ménagères : bilan hydrique et caractérisation. *Environmental Technology*, vol.15: 313–322.

[14].- JORADP. 2006. Décret exécutif N° 06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

[15].- Parveaud M., 1993. Le traitement des lixiviats par osmose inverse. *L'eau, L'industrie, Les nuisances* 162, 48–50.

[16].- Kurniawan T.A., Lo W., Chan G., 2006. Physico-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate. *J. Hazard. Mater.* B129, 80–100

[17].- Kerbachi R., Belkacemi M., 1994. Caractérisation et évolution des lixiviats de la décharge de Oued-Smar à Alger. *Techniques, Sciences et Méthodes – L'Eau* 11, 615–618.

[18].- Diamadopoulos E., 1994. Characterization and treatment of Recirculation-stabilized leachate. *Wat. Res.* 28, 2439–2445.

[19].- Amokrane A., 1994. Epuration des lixiviats de décharge : Pré-traitement par coagulation-floculation, traitement par osmose inverse, post-traitement par incinération. Thèse de Doctorat, INSA de Lyon, France, 286p.

[20].- Robinson H. D. et Luo M M. H., 1991. Characterization and treatment of leachates from Hong Kong landfill sites. *J.IWEM*, N° 5, 326–335.

[21].- Ehrig H. J., 1983. Quality and quantity of sanitary landfill leachate. *Wast Manage. Res*, vol.1: 53–68.

[22].- Christensen P., 2001. Biogeochemistry of landfill leachate plumes. *Application Geochemistry* 16, 659–718.

[23].- Khattabi H., 2002. Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Etuefont (Belfort, France). Thèse de Doctorat, Université Franche Comté, France, 171p.

[24].- Tatsi A. A., Zouboulis A. I., 2002. A field investigation of the quantity and quality of leachate from a municipal solid waste landfill in a Mediterranean climate Thessaloniki, Greece. *Adv. Environ. Res.* 6, 207–219.

[25].- Chofqi A., Younsi A., Lhadi E., Mania J., Mudry J., Veron A., 2004. Environmental impact of an urban landfill on a coastal aquifer (El Jadida, Morocco). *Journal of African Earth Sciences* 39, 509–516.

[26].- JORADP, 1998. Journal officiel de la république algérienne N°35 du 27 mai 1998 fixant les critères microbiologiques des eaux de rejets.

EXPÉRIENCE D'ÉPURATION DES EAUX USÉES URBAINES PAR LAGUNAGE SOUS CLIMAT SAHÉLIEN (NIAMEY, NIGER) ET QUELQUES DONNÉES RÉCENTES SUR LA MISE EN PLACE DE CETTE TECHNIQUE DE TRAITEMENT SOUS CLIMAT SAHARIEN (CUVETTE DE OUARGLA, SAHARA SEPTENTRIONAL EST ALGÉRIEN)

IDDER Tahar^{1*}, LAOUALI Mahamane Sani², IDDER Abdelhak¹, SEIDL Martin³

⁽¹⁾Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-arides

Université Kasdi Merbah-Ouargla BP 511 Ouargla 30000 Algérie, Email : tahar_id@yahoo.fr

⁽²⁾Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Niamey, Niger

⁽³⁾CEREVE, 6-8 Avenue Blaise Pascal Champs sur Marne, 77455 Marne la Vallée, FRANCE

Résumé- La station de traitement des eaux usées par lagunage de la ville de Niamey est une installation pilote qui offre la possibilité de réaliser des comparaisons systématiques entre plusieurs filières et modes de traitement par lagunage (lagunage à microphytes, lagunage à macrophytes) de manière simultanée et dans les mêmes conditions de fonctionnement. Cette station a été réalisée en 1998 grâce à un financement de la Commission européenne et une assistance technique de l'ONG belge AQUADEV. Elle constitue, avec celle de l'IER (Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Équipement Rural de Ouargadougou), un des rares sites opérationnels de recherche en Afrique de l'ouest. Dans le cadre de l'expérience décrite dans cette étude, quatre filières de traitement ont été testées avec la combinaison de trois systèmes de lagunage différents: les microphytes, les macrophytes enracinés (*Echinocloa Stagnina*) et les macrophytes flottants (*Lemna minor* et *Eichhornia crassipes*). Les performances des quatre filières ont été évaluées sur la base de comparaison des résultats. La combinaison entre *Eichhornia crassipes* et *Echinocloa Stagnina* s'est révélée être la plus performante sur les paramètres physico-chimiques et biologiques, avec 95% d'abattement sur les MES, 94% sur les orthophosphates, 85% sur la DCO et 80% sur la DBO5. Les résultats ont montré, en outre que globalement, il n'y avait pas de différences significatives sur le plan épuratoire entre la filière à *Lemna minor* et la filière à lagunage naturel à microphytes. Dans un tout autre contexte écologique, le Sahara Algérien, une prise de conscience semble voir le jour pour le recours à la technique de traitement des eaux usées par lagunage, en particulier après les échecs observés suite à la mise en place de procédés «sophistiqués» de traitement des eaux (principalement les boues activées) qui se sont révélés très rapidement inadaptés au contexte local. Nous citerons à titre d'exemple le cas de la station de lagunage aéré de la ville de Ouargla dont la réalisation est encore très récente. Cet aménagement, outre le fait qu'il va permettre une meilleure prise en charge du problème de la gestion des eaux usées dans la cuvette de Ouargla, permettra aussi de servir de modèle de recherche appliquée pour le traitement des eaux usées par lagunage sous climat saharien, domaine de recherche jusque-là très peu exploré. Cette station, compte tenu de sa récente mise en service, n'a encore pas atteint un régime de fonctionnement stabilisé (bassin en cours de remplissage, variation importantes dans le temps des flux arrivant en tête de station, etc.) qui puisse permettre une exploitation des résultats scientifiques de manière valable. Par conséquent, on se limitera donc, dans le cadre de cette seconde partie de l'étude, à effectuer une description de ce site de traitement et à présenter ses principales caractéristiques.

Mots clés : Epuration, eaux usées, lagunage, Sahel, Sahara

THE EXPERIENCE OF TREATMENT OF URBAN WASTEWATER BY LAGOON IN SAHELIAN CLIMATE (NIAMEY - NIGER) AND SOME RECENT DATA ON THE IMPLEMENTATION OF THIS TECHNIQUE OF TREATMENT UNDER CLIMATE SAHARAN (OUARGLA BOWL, SEPTENTRIONAL EAST ALGERIAN SAHARA)

Abstract- Treatment of wastewater from the city of Niamey Lagoon is a pilot facility that offers the possibility to carry out systematic comparisons between several channels and modes of treatment by lagooning (microphytic lagoon, lagoon to macrophytes) simultaneously and in the same operating conditions. This station was completed in 1998 with funding from the European Commission and technical assistance of the Belgian NGO AQUADEV. It is, with that of the IER (Interstate School of engineers of the Rural equipment of Ouargadougou), one of the few operational sites for research in West Africa. In the experiment described in this study, four courses of treatment were tested with the combination of three different systems of Lagoon: microphytic, rooted macrophytes (*Echinocloa Stagnina*) and floating macrophytes (*Lemna minor*) and *Eichhornia crassipes*. The performance of the four courses were assessed on the basis of comparison of the results. The combination between *Eichhornia crassipes* and *Echinocloa Stagnina* has proven to be the most powerful on the physico-chemical and biological parameters with

95% of discount on the, 94% on orthophosphates, 85% on cod and 80% for BOD5. The results showed, moreover, that, overall, there were no significant differences in treatment between the Lemna minor industry and the sector to microphytic natural lagoon. In other ecological context, the Algerian Sahara, awareness seems to see agenda for the use of the technique of the sewage treatment by lagooning, especially after the failures observed after the implementation of "sophisticated" methods of water treatment (primarily activated sludge) that proved very quickly maladjusted to the local context. We are for example the case of the station of lagunage aerated city of Ouargla which are still very recent. This development, in addition to the fact that it will allow a better support of the problem of the management of wastewater in the basin of Ouargla, will allow also to serve as a model of applied research for the treatment of wastewater lagoon in Saharan climate research hitherto little explored. This station, given his recent commissioning, has still not achieved stabilized operation plan (basin during filling, change important time flows arriving at the top of station, etc.) which could allow exploitation of the scientific results in a valid manner. Therefore, it will be, in this second part of the study, to carry out a description of the treatment site and present its main features

Keywords : purification, wastewater, lagoon, Sahel, Sahara.

Introduction

L'épuration des eaux usées urbaines constitue un problème environnemental majeur dans la plupart des pays en développement, compte tenu de l'insuffisance notable de dispositifs adéquats de collecte et de traitement de ces eaux. Le rapport annuel du PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement) pour l'année 2006 met l'accent sur les quantités inquiétantes d'eaux usées qui sont rejetées dans la nature. Ce rapport indique que dans beaucoup de pays du Sud, plus de 90% des eaux usées rejoignent directement la nature sans avoir subi aucun traitement.

Les pays de l'Afrique de l'Ouest et les pays du Maghreb ne font pas exception à la règle. En effet, et plus particulièrement en Afrique de l'Ouest, dans la plupart des villes, seuls quelques quartiers modernes disposent de caniveaux pour la collecte des eaux usées. Ces caniveaux se trouvent d'ailleurs le plus souvent obstrués par des déchets solides [1]. Les stations d'épuration existantes et construites en s'appuyant sur les modèles et normes occidentales (utilisant des modes intensifs de traitement) sont, pour la plupart, soit à l'arrêt soit en mauvais état. Cette situation est due en grande partie au fait que les moyens nécessaires pour le fonctionnement, la maintenance et la gestion de ce type d'installations est souvent hors de portée de beaucoup de pays en voie de développement [2]. C'est le cas notamment de l'ancienne station d'épuration du Campus universitaire de Niamey (Niger), qui ne fonctionne plus depuis plusieurs années faute de moyens, et de la station d'épuration par boues activées de la ville de Ouargla qui a cessé de fonctionner quelques mois seulement après sa mise en service pour les mêmes raisons.

Devant ces constats d'échec, plusieurs équipes de recherche africaines se sont efforcés d'approfondir leurs investigations scientifiques et techniques dans le sens de la mise en place de procédés d'épuration adaptés aux contextes des pays en développement, mettant en œuvre des processus naturels de dégradation de la pollution tels que ceux observés dans les écosystèmes naturels des zones humides [3] et nécessitant des moyens humains et financiers raisonnables, comme par exemple le procédé de lagunage.

Au Sahel, différentes études sur ces procédés sont réalisées, mais la plupart d'entre elles ne permettent pas d'aboutir à une comparaison objective de résultats pouvant mettre en évidence la performance d'une filière de traitement par rapport à une autre.

Les recherches menées sur le site de la station expérimentale de Niamey ont pour objectif principal la recherche d'une filière de traitement des eaux usées aussi complète que possible pour les régions sahéliennes et parfaitement adaptée au contexte local.

Dans le Sahara algérien, le procédé de traitement par lagunage est encore très peu répandu. De nos jours, il n'existe que quelques stations de lagunage qui ont été très récemment mises en œuvre (la station d'El Oued et la station de la ville de Ouargla, notamment). Un temps de recul est donc nécessaire afin de pouvoir évaluer leurs conditions de fonctionnement et de mesurer leurs véritables performances.

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Station pilote de la faculté des sciences de Niamey (Niger)

Cette station a pour rôle de traiter les eaux usées du Campus universitaire. Elle est composée des ouvrages suivants [4] (fig. 1) :

- Dix-sept bassins en forme de trapèzes d'un volume moyen utile de 7m^3 chacun, avec une profondeur moyenne de 1 m. La surface du plan d'eau est de 14m^2 . La pente des bassins est de 45° .
- Une fosse anaérobie en béton d'une profondeur de 3 m et d'un diamètre de 1 m.
- Une bache de réception des eaux usées brutes en béton armé d'un volume de 8m^3 qui répartit les eaux dans les différents bassins.
- La station offre la possibilité de comparer simultanément et dans les mêmes conditions six filières différentes, avec la possibilité d'interconnexions entre les filières, ce qui fait d'elle une plate forme unique dans la sous région.

1.2.- Filières testées

Dans le cadre des travaux présentés dans cette étude, quatre filières de lagunage différentes sont testées. Les trois premières étaient composées de trois bassins chacune. Chaque filière recevait un débit de $1,5\text{m}^3$ par jour d'eau usée. La charge globale appliquée a été de $0,5\text{kg}$ de DBO_5/jour , soit 120kg de $\text{DBO}_5/\text{ha}/\text{jour}$ et le temps de séjour hydraulique sur l'ensemble des filières était de 14 jours en moyenne.

Les trois filières étaient les suivantes (fig. 1):

- La filière F1 regroupe les bassins 1, 12 et 11. Le bassin 1 fonctionne comme un bassin facultatif. Les deux bassins suivants sont utilisés comme des bassins à microphytes. La filière F1 est l'exemple type d'un système de lagunage naturel à microphytes. Elle sert de ce point de vue de filière de référence.
- La filière F2 regroupe les bassins 5, 6 et 7. Les bassins 5 et 6 sontensemencés avec un macrophyte flottant: la lentille d'eau (*Lemna minor*), tandis que le bassin 7 fonctionne avec des microphytes.
- La filière F3 regroupe les bassins 2, 3 et 4. Les bassins 2 et 3 contiennent un autre macrophyte flottant: la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*), tandis que le bassin 4 est rempli au $2/3$ de sa hauteur d'une couche de gravier sur laquelle est plantée une espèce locale de roseau: le bourgou (*Echinocloa stagnina*).
- La quatrième filière F4 se compose de six bassins en série. Elle regroupe les bassins 13, 14, 15, 16, 17 et 18. Les trois premiers bassins sont des bassins à microphytes et les trois derniers contiennent des lentilles d'eau. Le débit à l'entrée dans cette filière a été de 3m^3 par jour et la charge globale appliquée était de 1kg de DBO_5/jour , soit 120kg de $\text{DBO}_5/\text{ha}/\text{jour}$. Le temps de séjour hydraulique dans l'ensemble de cette quatrième filière était de 13 à 14 jours selon l'intensité de l'évapotranspiration, soit un temps de séjour hydraulique sensiblement identique à celui des filières F1, F2 et F3.

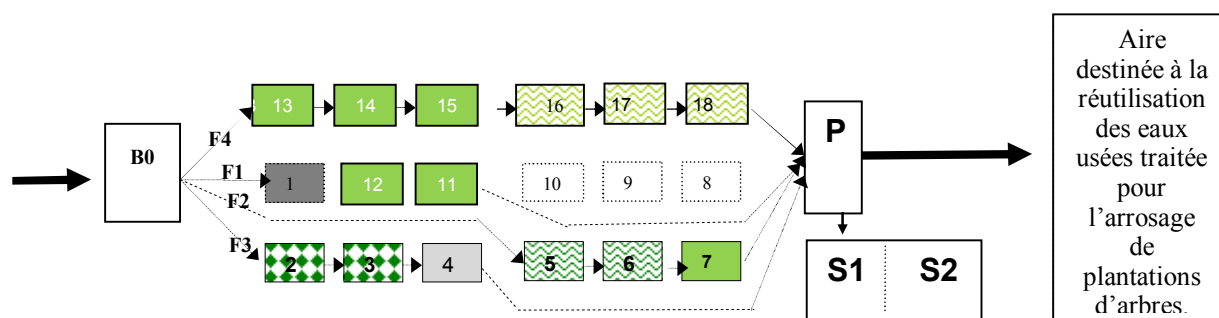


Figure 1.- Schématisation de la station pilote de Niamey et disposition des différentes filières de traitement (Bassin B0 : bache de réception des eaux usées brutes, Bassins 1 à 18: bassins de lagunage, Bassin P: bassin de récolte des eaux épurées, Bassins S1 et S2: bassins destinés à la valorisation aquacole des eaux usées traitées (Elevage de Tilapia))

I.3.- Caractéristiques des eaux usées brutes

La station expérimentale de l'université de Niamey est alimentée par les eaux usées domestiques provenant essentiellement des logements des étudiants. Les principales caractéristiques de ces effluents sont résumées dans le tableau I.

Tableau I.- Composition eaux usées à l'entrée de la station

Paramètres		Valeurs
Ph		6,75
MES (mg/l)		238
DCO (mg/l)	Brute	581
	Filtrée	258
DBO ₅ (mg/l)	Brute	315
	Filtrée	180
NTK (mg/l)		70,8
NH ₄ ⁺ (mg/l)		47,5
PO ₄ ³⁻ (mg/l)		3,9

1.4.- Paramètres mesurés et méthodes d'analyse

Les paramètres mesurés sont la DBO₅, la DCO, les MES, l'azote total Kjeldhal (NtK), l'azote ammoniacal (NH₄⁺), les orthophosphates (PO₄³⁻), le pH et la température. Les analyses physico-chimiques sont effectuées suivant les spécifications des normes Françaises (AFNOR, 1986) [5]. Le pH et la température sont mesurés *in situ* à l'aide d'un pH-mètre équipé d'une sonde de température.

L'échantillonnage est réalisé à la sortie de la bache de réception pour les eaux usées brutes (B0), à la sortie de chaque bassin pour les filières à trois bassins et après un groupe de trois bassins pour la filière à six bassins. Pour les eaux usées brutes, l'échantillon est composé à partir de cinq prélèvements répartis dans la journée. A l'intérieur des filières, les prélèvements sont instantanés.

Sur les principaux paramètres de pollution, il est effectué un calcul statistique basé sur la comparaison des résultats moyens de deux méthodes A et B. Pour chaque filière testée constitue une méthode de traitement à part entière et il est effectué une comparaison deux à deux des quatre filières expérimentées pour une probabilité P choisie.

1.5.- Station de lagunage aéré de la ville de Ouargla (Algerie)

La station de lagunage de la ville de Ouargla, d'une capacité égale à 400.000 équivalent.hab. environ, a été récemment réalisée par la société allemande Dywidag (photo 1). Le maître de l'ouvrage étant l'Office National de l'Assainissement. Cette station, qui devrait à terme traiter l'ensemble des eaux usées urbaines de la cuvette de Ouargla, est conçue pour fonctionner selon le procédé de lagunage aérée. Elle comporte un compartiment de prétraitement suivi de trois étages de traitement par lagunage. A l'horizon 2030, l'étage 1, pouvant être assimilé à un étage de traitement primaire, devra comprendre 6 lagunes aérées, l'étage 2, 3 lagunes aérées et l'étage 3, qui est l'étage de finition, 3 lagunes naturelles. Actuellement, cette station fonctionne avec 4 lagunes à son 1^{er} étage, 2 lagunes au 2^{ème} et avec 2 lagunes tertiaires de finitions.

A l'état actuel, le régime de fonctionnement de cette station n'est pas encore tout à fait stabilisé, compte tenu du non achèvement, en amont, de certains travaux d'aménagement, comme qui concernent notamment la réalisation du réseau urbain de collecte des eaux usées. Les flux hydrauliques et les charges organiques à traiter fluctuent de manière assez importante dans le temps et ne permettent pas encore de dresser des protocoles de travail permettant d'aboutir à des résultats concluants sur le plan scientifiques.



Photo 1.- Vue d'ensemble sur les bassins de lagunage

2.- Résultats et discussion

L'efficacité des différentes filières et les rendements épuratoires, évalués par rapport aux principaux paramètres de pollution, sont présentés dans les tableaux II et III.

Tableau II.- Composition eaux usées à l'entrée et à la sortie de chaque filière testée

Paramètres	Eaux usées brutes	Sortie F3	Sortie F2	Sortie F4	Sortie F1	
Ph	6,75	6,8	7,5	7,7	7,8	
MES (mg/l)	238	13	85	87	98	
DCO (mg/l)	Brute	581	85	236	234	233
	Filtrée	258	42	115	96	116
DBO5(mg/l)	Brute	315	62	135	95	150
	Filtrée	180	38	83	46	79
NTK (mg/l)	70,8	27	30	24	27	

NH ₄ ⁻ (mg/l)	47,5	26	17	13	13
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	3,9	0,3	1,7	0,7	2,3

Tableau III.- Rendements (%) épuratoires globaux des différentes filières testées

Paramètres	F3	F2	F4	F1
MES	94,5	64,3	63,3	58,8
DCO brute	85,4	59,4	59,7	59,9
DCO filtrée	83,7	55,4	62,8	55
DBO5 brute	80,3	57,1	69,8	52
DBO5 filtrée	78,9	53,9	74	56
NTK	61,9	57,6	66,1	61,4
NH ₄	45,3	64,2	72,6	72,6
PO ₄	92,3	56,4	82	41

Au vu des résultats, il apparaît que l'on peut établir le classement suivant en ce qui concerne les performances des filières vis-à-vis de l'élimination des MES: F3 >> F2 = F4 > F1. Les directives européennes 91/271/CEE, relatives au traitement des eaux urbaines résiduaires fixent les normes à 90% de réduction minimum sur les MES. Nous constatons que seule F3 répond à cette exigence. Sur cette filière, les MES ont été éliminées à hauteur de 80% par le premier bassin, 83,2% après le deuxième bassin et 94,5 sur l'ensemble de la filière. Les abattements sur la DCO et la DBO₅ brutes de la filière à jacinthes (F3), dépassent de loin ceux des trois autres filières. L'analyse statistique donne le classement suivant en ce qui concerne les performances épuratoires sur la DCO et la DBO₅ brutes: F3 >> F4 = F2 > F1. Il est noté que seule la filière F3 respecte la norme européenne de 75% de réduction minimale sur la DCO. Cette valeur est atteinte dès le deuxième bassin de la filière.

Le NtK et le NH₄⁺, de manière générale, ils restent inférieurs aux normes fixées par la CEE. L'analyse statistique nous a montré qu'il y a une chance sur deux pour que les filières F4, F1 et F3 donnent les mêmes résultats sur le NtK. Pour le NH₄⁺, les filières qui contiennent des bassins à microphytes donnent les meilleurs résultats.

Contrairement à l'ammoniac, les filières à plusieurs bassins à macrophytes éliminent mieux les orthophosphates que les filières à microphytes. Le classement suivant peut être établi en ce qui concerne les performances épuratoires des différentes filières: F3 > F4 > F2 > F1.

En définitive, le suivi des performances épuratoires de ces différentes filières, montre que chaque système a ses avantages et ses inconvénients.

Sur le plan de la qualité des eaux après traitement, la filière F3, composée de jacinthes d'eau et de bourgou, est la plus performante. Elle offre en plus une grande quantité de biomasse directement valorisable. La jacinthe d'eau peut être utilisée pour produire de l'engrais vert par compostage ou être utilisée comme substitut du bois dans certaines conditions. Le bourgou peut être utilisé pour l'alimentation du bétail surtout que seules ses racines sont en contact avec les eaux usées. Dans l'optique d'une simple épuration des eaux, suivie d'une valorisation de la biomasse, cette filière semble être bien indiquée.

Les performances des filières à lentilles d'eau sont en partie réduites à cause de la présence d'algues vertes filamenteuses dans les bassins (algues que nous n'avons pas observées dans les bassins à jacinthes). En effet, ces algues augmentent les taux des MES et de la DCO et de la DBO brutes. On pourra augmenter l'efficacité de ces systèmes en plaçant, par exemple, en fin de filière un bassin de filtration sur gravier. Ces filières présentent de belles perspectives

d'avenir, compte tenu de leur importante production de biomasse directement valorisable pour l'alimentation de certains types de poissons des régions tropicales comme le Tilapia [6]. Parallèlement, les eaux épurées issues de ces filières de traitement peuvent présenter un avantage certain, notamment pour l'arrosage de plantations d'arbres, pratique qui pourrait réduire considérablement le recours aux eaux « conventionnelles » déjà en déficit dans les pays de la sous région sahélienne qui souffrent d'épisodes importants de sécheresse [7].

3.- Conclusion

Les résultats de cette étude montrent que parmi les systèmes de lagunage testés sous climat sahélien, la filière composée de jacinthe d'eau et de Bourgou présente les meilleures performances épuratoires.

Cela pourrait s'expliquer par la vitesse très importante de croissance des jacinthes d'eau qui entraîne une grande assimilation de la pollution. A cela s'ajoute la filtration des matières en suspension par les racines des plantes et par le lit de graviers. En effet, avec seulement les deux premiers bassins à jacinthe, les rendements ont atteint 78% sur la DBO₅ et 80% sur la DCO. Cela représente à peu près les performances obtenues avec un bassin facultatif combiné à deux bassins à pistia [8,1,9].

Les rendements des différents systèmes étudiés, pris isolément, montent aussi que, sous climat sahélien, le système à microphytes est le moins performant. Dans le même contexte, Niang S. *et al.* [8]. rapportent les mêmes observations sur une étude comparative faite entre les microphytes et d'autres types de macrophytes rencontrés dans la sous région.

Comparées à la filière de référence, les filières à lentilles d'eau n'ont pas apporté d'améliorations significatives sur la qualité des effluents traités. Cependant, l'avantage de ces filières par rapport au lagunage naturel est l'importante production de biomasse qu'elles engendrent et qui peut être directement valorisée (aquaculture, notamment).

Quand aux conditions de fonctionnement du lagunage sous climat saharien, encore très peu connues, elles nécessitent désormais le déploiement d'un effort d'investigation et de recherche considérables. C'est tout l'équilibre écologique du fragile écosystème oasien qui en dépend.

Références bibliographiques

[1].- Garba L., Delisle D., Vincent G., Couillard D. et Laouali M. S., 1996.- Etude expérimentale de traitement des eaux usées par lagunages facultatifs et à hydrophytes libres au Niger. *Water Qual. Res. Canada*, 31: 37-50

[2].- Morel M., Kane M., 1998.- Le lagunage à Macrophytes, une technique permettant l'épuration des eaux usées pour son recyclage et de multiples valorisations de la biomasse. *Sud sciences et technologies*, 1: 5-16.

[3].- Radoux M., 1989.- Epuration des eaux usées par hydrosère reconstituée. *Tribune de l'eau*, 42 : 62-68.

[4].- Idder T., Laouali M. S., 2000.- Projet Niger VII: Epuration des eaux usées du campus universitaire de Niamey. Actes du séminaire international sur l'assainissement urbain en Afrique, Gorée : 57-63.

- [5].- EAUX MÉTHODES D'ESSAI, 1986.- Recueil des normes Françaises, 3^e édition, AFNOR.
- [6].- Seidl M., Laouali M. S., Idder T., Mouchel J.M., 2006.- Duckweed - Tilapia system: a possible way of ecological sanitation for developing countries » IWA (International Water Association). Editors: Miguel R. Peña Varon, In : Water and Environmental Management Series, 11: 105-110;
- [7].- Idder T., Laouali M. S., Abba M., Yansambou B., Kawa R., Yaye A., 2005.- Etude préliminaire de l'utilisation des sous produits du lagunage pour l'arrosage au Niger. Tribune de l'Eau, 58, 635 : 3-9.
- [8].- Niang S., Diop B. S., Mbeguere M. and Radoux M., 1996.- Urban wastewater purification by natural epuration systems in Sahel countries: The experimental plant of Camberene (Dakar-Senegal). Vecteur Environnement, 29: 31-36.
- [9].- Kone D., 2002.- Epuration des eaux usées par lagunage à microphytes et à macrophytes en Afrique de l'Ouest et du centre: état des lieux, performances épuratoires et critères de dimensionnement. Thèse de Doctorat N°2653 EPFL, Lausanne, 170 p.

ETUDE DE L'EFFET DE DEUX CHAMPIGNONS ENTOMOPATHOGENES *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* SUR LE COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DE *Schistocerca gregaria*

MILAT-BISSAAD Fatma Zohra^{1*}, BOUNACEUR Farid², HALOUANE Fatma¹,
OUTTAR Fahima³ et DOUMANDJI-MITICHE Bahia³

⁽¹⁾Département de biologie, Faculté des Sciences, Université M'Hamed Bougara,
BP 35000 Boumerdès, Algérie Email : bissaad@yahoo.com

⁽²⁾Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Ibn Khaldoun,
BP 14000 Tiaret, Algérie Email : fbounaceur@yahoo.fr

⁽³⁾Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA), Département de Zoologie Agricole et Forestière,
Hassan Badi, Belfort, El Harrach 16200 Alger, Algérie Email : doumandjimitiche@yahoo.fr

Résumé- Dans le présent travail il est noté que les deux champignons entomopathogènes *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* var *acridum*, traités par ingestion ont affecté l'évolution pondérale des larves *L*₅ de *Schistocerca gregaria*. L'examen des résultats montre de même que le gain de poids moyen après 9 jours de traitement chez les larves du lot témoin est de 0,4230g. Il est de 0,159g pour celles traitées au *B. bassiana*. Par contre chez les larves traitées avec le *M. anisopliae* leur gain de poids est très réduit, il est de 0,011g. Concernant la consommation initiale des *L*₅ de *S. gregaria*, elle débute au 1^{er} jour avec 0,716±0,086g pour les témoins contre 0,05±0,008g et 0,691±0,083g respectivement chez les traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*. Cette consommation augmente et diminue au cours du temps et atteint des valeurs soit supérieures ou inférieures aux valeurs initiales jusqu'à atteindre finalement au 9^{ème} jour 0,168±0,020g, 0,029±0,005g et 0,068±0,008g respectivement pour les témoins et les traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*. Les indices nutritionnels de consommation et d'utilisation de la nourriture Coefficient d'Utilisation Digestive apparent (CUD_a), l'Efficacité de Conversion de la nourriture Digérée en matière corporelle (ECD) et l'Efficacité de Conversion de la nourriture Ingérée en matière corporelle (ECI) ont été aussi affectés par le traitement aux deux cryptogames.

Mots clés: *Schistocerca gregaria*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* var *acridum*, consommation, poids.

STUDY OF THE EFFECT OF TWO ENTOMOPATHOGENIC FUNGI *Beauveria bassiana* AND *Metarhizium anisopliae* var *acridum* ON THE FEEDING BEHAVIOR OF *Schistocerca gregaria*

Abstract- In this study we showed that the two entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* var *acridum* affected the weight change of 5th nymphal instar of *Schistocerca gregaria* (treatment by ingestion). Examination of these results also shows that the average weight gain after 9 days of treatment in nymphal of untreated batch is 0.4230 g. It is 0.159 g for those treated with *B. bassiana*. Against by larvae treated with *M. anisopliae* their weight gain is very limited, it is 0.011 g. On the initial consumption of 5th nymphal instar of *S. gregaria*, it starts at the first day with 0.716±0.086g for untreated against 0.05±0.008g and 0.691±0.083g respectively in treated *B. bassiana* and *M. anisopliae*. This consumption increases and decreases over time and reaches values either above or below the initial values until reaching the final day of the ninth 0.168±0.020 g, 0.029±0.005g and 0.068±0.008 g respectively for the untreated and treated to *B. bassiana* and *M. anisopliae*. Nutritional indices of consumption and food utilization apparent digestibility (CUD_a), efficiency of conversion of digested food into body matter (ECD) and efficiency of conversion of ingested food in body (CIS) are also shown been affected by the treatment with two fungi.

Keywords: *Schistocerca gregaria*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* var *acridum*, consumption, weight.

Introduction

Le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) est un acridien redoutable; par ses facultés migratrices démesurées entraînant des pertes de récoltes exceptionnelles dont les conséquences, sur le plan économique, social, et écologique sont désastreuses [1].

Face à ce fléau acridien, la lutte par l'utilisation des insecticides de synthèse demeure le moyen le plus envisagé. En revanche, l'usage massif de pesticides chimiques a entraîné des conséquences néfastes sur l'environnement, la faune, les hommes et les animaux sans pour autant affecter la fréquence d'invasion [2].

Ainsi, pour minimiser les répercussions négatives sur l'environnement, de nouvelles orientations ont été considérées et portent sur l'utilisation des organismes entomopathogènes comme moyen de lutte biologique. L'utilisation des biopesticides à base d'entomopathogènes a révélé des résultats encourageants. Des essais au laboratoire et en plein champs ont montrés l'efficacité insecticide de *Metarhizium anisopliae* (Metch) [3,4]. De nombreuses études ont été menées sur le pouvoir biocide de ces microorganismes vis-à-vis des insectes ravageurs des cultures, mais peu de travaux d'évaluation de leurs impacts sur l'environnement et de qualification en tant que pesticides écologiques sont réalisés [5]. Dans le présent travail, l'impact de deux champignons entomopathogènes soit *Beauveria bassiana* et *Metarhizium anisopliae* sur le comportement alimentaire des larves de 5^{ème} stade de criquet pèlerin est étudié.

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Matériel biologique

- **Criquets** : Les essais portent sur des larves de 5^{ème} stade de *S. gregaria* provenant d'un élevage permanent maintenu au niveau du département de lutte anti-acridienne de l'Institut National de Protection des Végétaux d'El Harrach (Alger, Algérie). L'élevage est mené à une température de $30 \pm 5^\circ\text{C}$ sous un régime photopériodique de 12 heures de lumière et 12 heures d'obscurité et une humidité relative de 50 à 60%. Quant à l'alimentation, elle est à base de gazon *Stenotaphrum americanum*, et un complément de son de blé.

- Champignons entomopathogènes

***Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Ascomycota, Cordicipitaceae)**: La souche de *Beauveria bassiana* a été isolée à partir d'un apoïde qui a été trouvé au niveau du marais de Réghaia le 16 avril 2003 (36°46'N 03°20'E). L'isolement et l'identification de la souche ont été effectués au département de botanique de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'EL-Harrach en se basant sur la clé dichotomique de TKACZ et LANGE (2004) [6].

Metarhizium anisopliae* var. *acridum: La souche de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* (Isolat IMI: 330189) retrouvée sur un individu d'*Ornithacris cavroisi* (Finot, 1907) mort au Niger s'est avérée la plus virulente [7]. Cette souche a été obtenue du département de lutte antiacridienne de l'Institut National de la Protection des Végétaux (INPV) d'El Harrach, sous forme d'un biopesticide dénomé «Green Muscle» formulé en concentration huileuse de spores.

1.2.- Tests biologiques

Afin de réaliser cette étude, nous avons pris 90 larves L₅ femelles venant de muer pour les deux entomopathogènes et le témoin (eau distillée). Pour chaque produit, nous avons effectué 3 répétitions. Dans chaque répétition, nous avons réservé à chaque produit une boîte de dimensions : 37x18,5x12 cm contenant 10 larves. Celles-ci sont mises à jeuner pendant 24h afin de leur permettre de vider leur tube digestif et d'augmenter leur appétit.

Après 24h, nous avons marqué chaque larve au niveau du thorax par du vernis à ongles, puis donné à ces 10 larves 30g de gazon chacune. Pour l'évaluation de l'effet de ces deux champignons par ingestion, le gazon est pulvérisé séparément par 10ml d'une solution de chaque champignon (concentration de 10⁶ spores/ml) et par l'eau distillée pour le témoin.

1.3.- Effet sur l'évolution pondérale et le gain de poids

Le calcul de la moyenne pondérale quotidienne et le gain du poids des larves L₅ s'effectue à l'aide d'une balance de précision de (0,0001g). Les pesées des individus des différents lots, témoins et traités par les deux entomopathogènes sont effectuées quotidiennement. L'opération est suivie jusqu'à la mue imaginale ou jusqu'à la mort de l'individu. Le gain du poids, est exprimé par la différence entre le poids de l'insecte au dernier jour (9^{ème} jour) et son poids au premier jour.

1.4.- Effet sur l'activité alimentaire

Pour étudier l'action des 2 entomopathogènes sur le comportement alimentaire des L₅ de *S. gregaria*, le reste du végétal non consommé est récupéré quotidiennement avec les fèces excrétées par les insectes dans chaque lot. Ces derniers sont emballés dans du papier aluminium portant la nature de traitement et le jour de leur récupération. Ils sont ensuite séchés dans une étuve réglée à 100°C pendant 24h afin d'obtenir un poids sec. Parallèlement, trois quantités de 30g du gazon sont aussi séchées afin de connaître leur poids sec et déduire la quantité moyenne sèche du végétal donné aux insectes. La pesée des fèces et du végétal a été effectuée à l'aide d'une balance de précision (0,0001g) après les avoir récupérés de l'étuve.

- Effet sur la consommation journalière des larves L₅

Les pesées faites sur la matière sèche de l'aliment non consommé et sur les fèces des individus de chaque lot, permet de calculer la quantité d'aliment consommé (l'ingera) ainsi que celle rejetée sous forme de fèces (l'egesta).

- Effet sur les indices nutritionnels de consommation et d'utilisation de la nourriture

Dans le but d'évaluer l'impact des deux champignons sur l'assimilation et la digestibilité de la nourriture ainsi que la transformation de cette dernière en matière corporelle, il est utilisé les indices nutritionnels donnés par WALDBAUER (1968) dont l'Indice de consommation (IC), Indice de croissance (ICr), le pourcentage d'efficacité de conversion de la nourriture ingérée (ECI), le pourcentage d'efficacité de conversion de la nourriture digérée (ECD) et le pourcentage du coefficient d'utilisation digestif apparent (CUD_a) [8].

1.5.- Analyse statistique

Les résultats sont rapportés sous forme de moyennes et comparées par le test two-way ANOVA. Le logiciel XL. STAT version 6.0 - ANOVA- d'intervalle de confiance de 95% est utilisé. Les différences entre les moyennes sont étudiées en utilisant le test de Newman et Keuls et sont considérées significatives à probabilité $P < 0,05$.

2.- Résultats

L'examen des données sur les pesées faites quotidiennement sur les larves L_5 traitées aux deux entomopathogènes, montre une différence significative entre les individus témoins et traités ($P < 0,05$). En effet, le poids moyen initial enregistré est de $1,10 \pm 0,06$ g chez les larves du lot témoins, de $1,09 \pm 0,14$ g chez les larves traitées au *B. bassiana* et $1,08 \pm 0,13$ g chez les traitées au *M. anisopliae*. Il est constaté que le poids augmente avec le temps et le développement des larves. Ensuite, il diminue et arrive à un poids moyen final au 9^{ème} jour de 1,52g pour larves témoins, de 1,25g pour celles traitées au *B. bassiana* et de 1,03g pour les L_5 traitées au *M. anisopliae* (fig. 1).

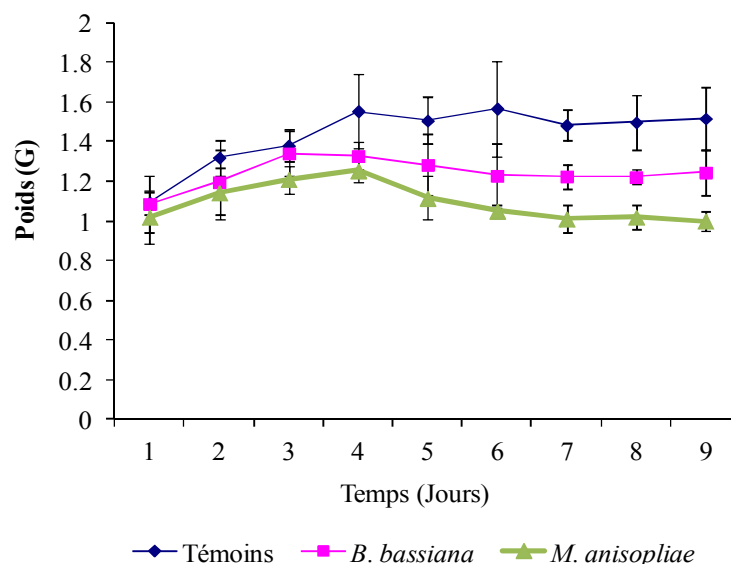


Figure 1- Évolution du poids des larves du 5^{ème} stade de *S. gregaria* témoins et traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*

L'examen des résultats montre que le gain de poids moyen est remarquable chez les larves témoins avec une valeur de 0,423g. Chez les larves traitées au *B. bassiana*, il est moins important, de l'ordre de 0,159g. Il est encore moindre chez celles traitées au *M. anisopliae*, soit 0,011g (fig. 2).

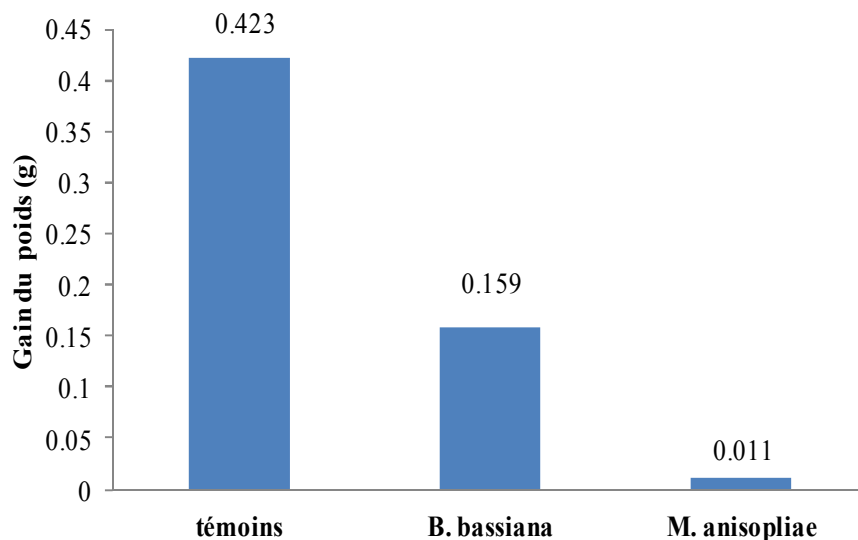


Figure 2.- Gain de poids chez les larves L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*

Il est remarqué que la consommation initiale débute au 1^{er} jour avec 0,716±0,086 g pour les larves témoins, contre 0,698±0,116g et 0,691±0,083g respectivement chez les L₅ traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*. Ensuite, cette consommation augmente puis diminue au cours du temps et atteint des valeurs soit supérieures ou inférieures aux valeurs initiales. Au 9^{ème} jour, on a noté que chaque individu consomme une quantité de : 0,168±0,020g, 0,029±0,005g et 0,068±0,008g respectivement pour les larves témoins, les traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae* (fig. 3).

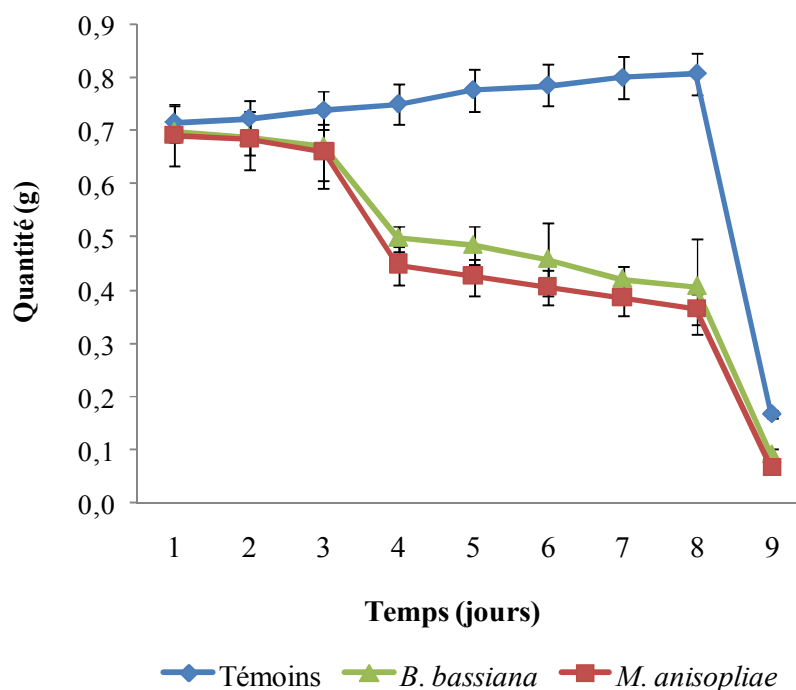


Figure 3.- Moyennes journalières de la quantité de matière sèche d'aliment ingéré par les L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*.

Les pesées réalisées quotidiennement sur les fèces des larves donnent des valeurs initiales au 1^{er} jour de traitement de $0,045\pm 0,008\text{g/individu}$, $0,698\pm 0,116\text{g/individu}$ et $0,691\pm 0,083\text{g/individu}$ respectivement pour les témoins et les traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*. Le poids des excréments augmente puis diminue au cours du temps et atteint des valeurs soit supérieures ou inférieures aux valeurs initiales pour atteindre au 9^{ème} jour $0,042\pm 0,007\text{g/individu}$, $0,029\pm 0,005\text{g/individu}$ et $0,016\pm 0,003\text{g/individu}$ respectivement pour les témoins et pour les traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae* (fig. 4).

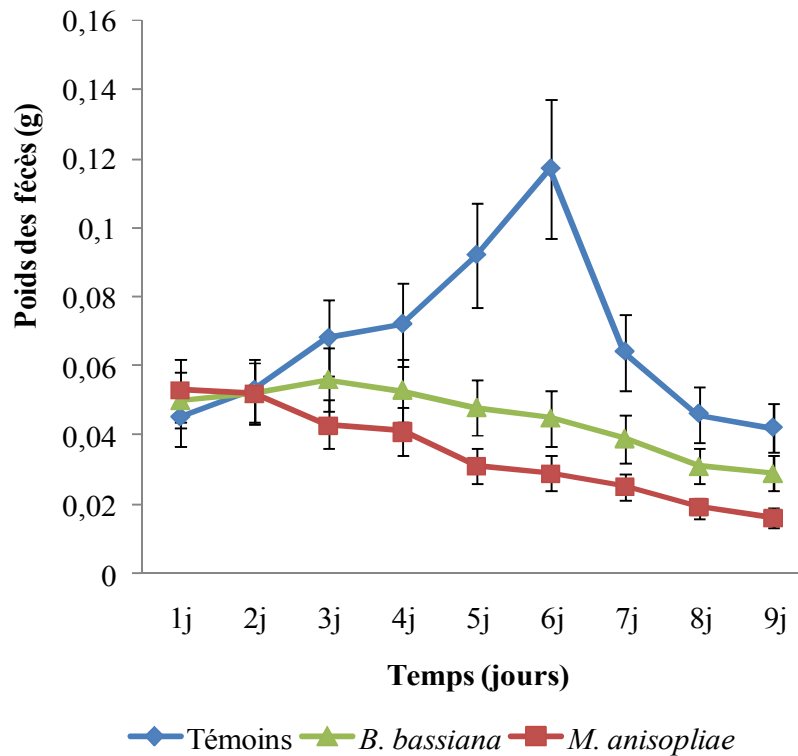


Figure 4.- Moyennes journalières de la quantité des fèces rejetées par les L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*

Les larves de *S. gregaria* traitées par les deux champignons entomopathogènes *B. bassiana* et *M. anisopliae var acridum* montrent une différence significative de moyennes des indices nutritionnels; Efficacité de Conversion de la nourriture Digérée en matière corporelle (ECD) et Efficacité de Conversion de la nourriture Ingérée en matière corporelle (E.C.I.) ($P < 0,05$) et non significative pour le Coefficient d'Utilisation Digestif (CUD_a) ($P > 0,05$) par rapport aux témoins. En effet, le taux du CUD_a se retrouve plus élevé chez les L₅ traitées au *M. anisopliae var acridum* comparativement à celle traitées au *B. bassiana* avec une moyenne de 92,83% et de 90,86% respectivement, suivi par les témoins avec une moyenne de 90,85% (fig. 5).

Concernant les deux indices nutritionnels ECD et ECI calculés chez celles-ci étaient respectivement de 2,9 et 59,89 chez les traitées au *M. anisopliae var acridum* et de 38,20 et 91,90 pour les larves infectées au *B. bassiana* alors que les témoins présentent des valeurs de 65,96 et 103,46 respectivement pour ces deux indices (fig. 6 et 7).

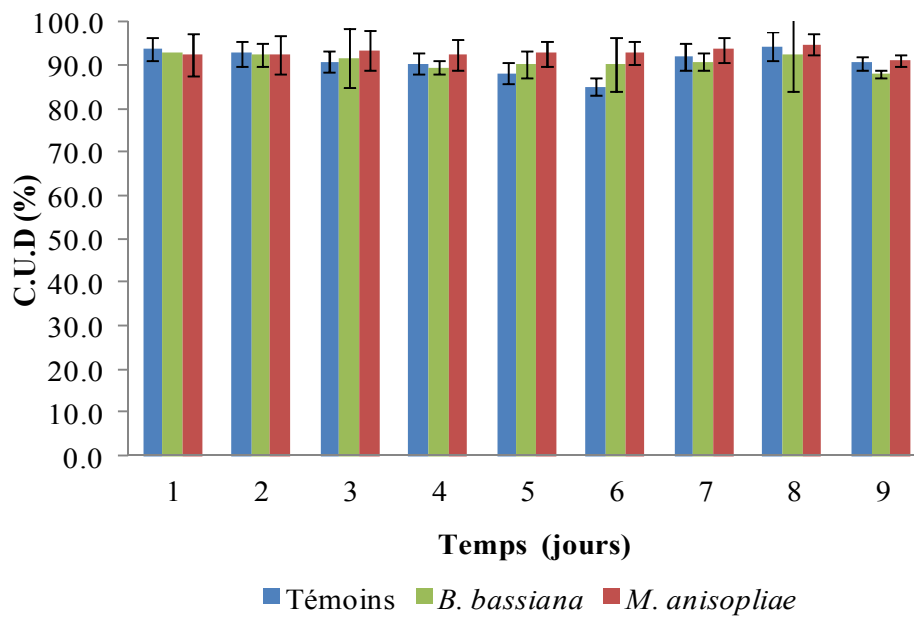


Figure 5.- Estimation des moyennes quotidiennes du coefficient d'utilisation digestive (CUD) chez les L5 témoins et traitées au *B. bassiana* et au *M. anisopliae*

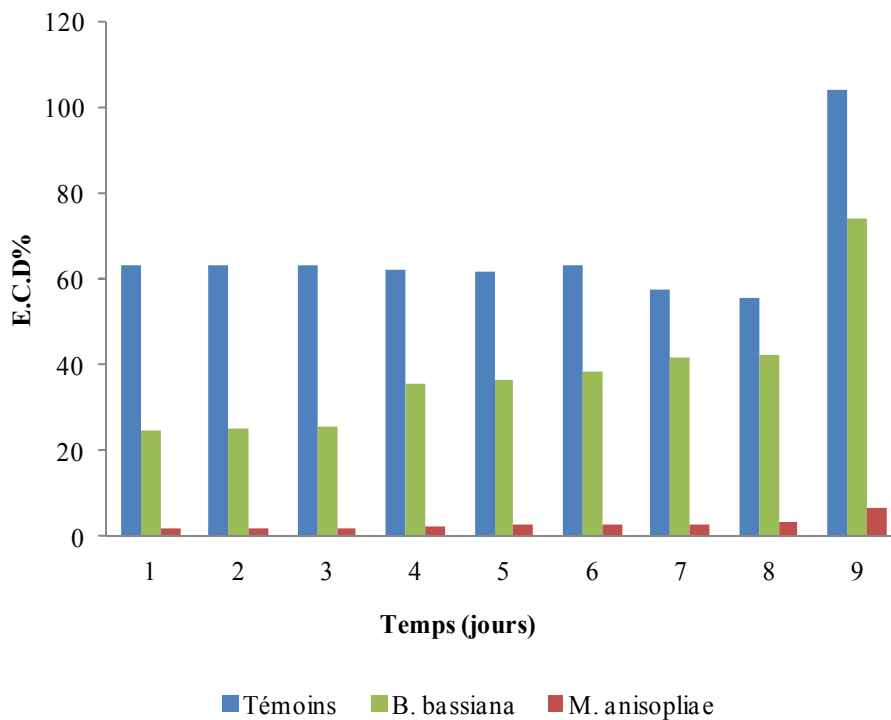


Figure 6- Estimation des moyennes quotidiennes de l'Efficacité de Conversion de la nourriture digérée en matière corporelle (ECD) chez les L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées par *B. bassiana* et *M. anisopliae*

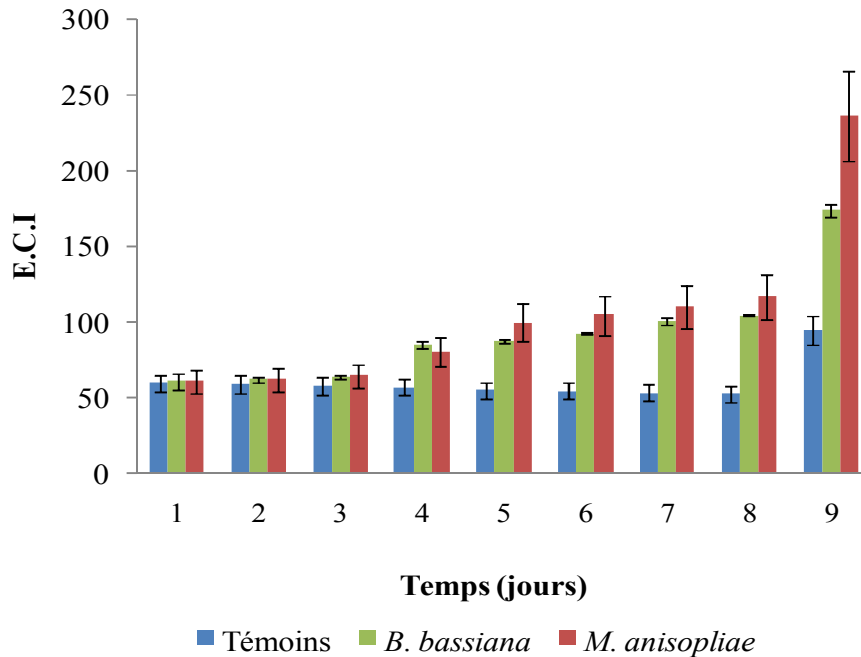


Figure 7.- Estimation des moyennes quotidiennes de l'Efficacité de Conversion de la nourriture Ingérée en matière corporelle (ECI) chez L₅ de *S. gregaria* témoins et traitées par *B. bassiana* et *M. anisopliae*

3.- Discussion

Les résultats obtenus, présentent une différence significative concernant l'évolution pondérale et le gain de poids des L₅ témoins et traitées aux deux entomopathogènes ($P < 0,05$). Concernant les larves témoins on peut dire qu'elles s'alimentent chaque jour le plus normalement possible ce qui entraîne une augmentation de leur poids et par conséquent un gain de poids remarquable. Cependant, ce poids diminue au moment de la mue avec l'exuviation de l'acridien. Par contre, le traitement des larves par ces deux cryptogames infecte et perturbe l'alimentation de ces dernières, ce qui explique la perte de leur poids avant la mort.

Plusieurs études ont été effectuées dans le but d'examiner l'effet de certaines infections microbiologiques sur la croissance et l'évolution pondérale d'un certain nombre d'acridiens parmi lesquels, ceux effectués par HEMOUR (2009) [9], qui a confirmé que le traitement au *M. anisopliae* var *acridum* par une application topique sur le criquet pèlerin, entraîne une diminution de la croissance pondérale des adultes femelles et réduit faiblement le poids des imagos femelles. OUTTAR (2009), ayant administré ce champignon, par deux modes d'application : un par contact et l'autre par ingestion, aux L₅ du criquet migrateur a noté une différence non significative entre le poids et le gain du poids des larves traitées par contact [10]. Par contre, cette différence est significative pour celles traitées par ingestion. ALLAL-BENFEKIH (2006) qui, après avoir testé des toxines du *Bacillus thuringiensis* sur la croissance des larves de *Locusta migratoria*, a mentionné que la diminution de la croissance observée chez les individus infectés serait due soit à une inhibition de la prise de nourriture sous l'effet des toxines sur le système nerveux ou alors, dans le cas contraire, la perte de poids serait due à l'altération de l'intestin où s'effectue la digestion [11].

Notre hypothèse par rapport à ces résultats est que la diminution de la prise de nourriture

notée chez les larves infectées par les deux champignons serait peut être liée à une diminution d'appétit chez les larves traitées et lorsque la biomasse fongique est importante, les insectes ne pouvant plus absorber assez de nutriment meurent effectivement de faim [12].

DJAZZAR (2007) note une reprise de l'activité alimentaire après la mue chez tous les stades larvaires de *S. gregaria* traités par contact avec *M. anisopliae* var. *acridum* [13]. Cet auteur mentionne que cette reprise d'appétit pourrait être due à l'inhibition de l'action de l'entomopathogène, par des phénomènes physiologiques liés à la mue ou à un système de défense qui se trouve performant entre deux exuvies. Concernant le comportement alimentaire, des études effectuées au laboratoire et sur terrain ont révélé par contre que le champignon *M. anisopliae* var *acridum* aurait tendance à réduire la prise de nourriture des criquets infectés. Parmi ces dernières on peut citer celle réalisée par THOMAS *et al.*, (1998) cités par LOMER (1999) qui indiquent une réduction de l'activité alimentaire chez les individus de *S. gregaria* infectés provoquant la mort plus tard ou dans la journée qui suit le traitement [14]. ARTHUR et THOMAS (2000) ont obtenu une baisse de prise de nourriture à partir du 2^{ème} jour suivant l'infection des individus de *Locusta pardalina* [15]. De même, les travaux effectués par SIEGLAFF *et al.*, (1997) ont montré que ces deux champignons diminuent le taux de consommation de *Schistocerca americana* de 36,6% [16]. Cette baisse de consommation est constatée aussi par SEYMOUN *et al.* (1994) en appliquant le *Metarhizium flavoviride* sur le criquet pèlerin [17].

Chez *Schistocerca piceifrons piceifrons*, HERNANDEZ-VELAZQUEZ *et al.* (2007) ont remarqué une baisse d'alimentation importante suite à un traitement par injection à base d'une souche mexicaine de ce champignon (Ma PL40) [18]. De même, OUTTAR (2009) a remarqué une réduction d'alimentation des larves L₅ de *Locusta migratoria* par deux modes d'infection, contact et ingestion au *M. anisopliae* var *acridum* [10].

Le poids des fèces des L₅ traitées est moins important que celui des témoins. Cette différence est due à l'effet de traitement; il a été déjà noté que les deux champignons provoquent une diminution dans la prise de la nourriture et par conséquent ont un effet sur le rejet de leurs excréments. De même, l'application de *M. anisopliae* var *acridum* par deux types de traitement (par contact et par ingestion) sur les L₅ du criquet migrateur par OUTTAR (2009) a entraîné une baisse du poids des fèces des larves traitées par rapport aux témoins [10]. Toutefois, HEMOUR (2009) a enregistré une augmentation du poids des excréments chez les adultes de criquet pèlerin traités par une dose sub-léthale de *M. anisopliae* var *acridum* [9]. Ce phénomène peut s'expliquer par l'intensité de la consommation notée chez les insectes traités par ce cryptogame. L'extrait d'alcaloïdes des feuilles de *Calotropis procera* en végétation entraîne une perte en eau sous forme de fèces très hydratée et de transpiration intense chez les larves et les imagos de criquet pèlerin [19].

La diminution des rapports de la conversion de la nourriture ingérée ECI et digérée ECD chez les larves traitées par les criquets infectés par la dose subléthale de l'entomopathogène en phase pré-reproductive peut être expliquée par les troubles physiologiques liés à la fièvre comportementale que peut engendrer le cryptogame [15]. Une augmentation des mouvements du corps et de la locomotion à partir du 3^{ème} jour suivant l'infection peut être observée. En effet, le taux des deux indices ECI et ECD est influencé par l'importance de la quantité d'énergie consommée pour assurer les fonctions physiologiques et l'activité générale de l'insecte, car au fur et à mesure que la production de l'énergie est grande, les taux de ces indices diminuent [20].

Des résultats similaires ont été trouvés chez les adultes de *S. gregaria* traités à la dose

sublétales de *M. anisopliae* var. *acridum* par Hemour (2009) qui a enregistré une prise de nourriture importante avec un taux plus élevé chez les insectes traités pour le CUD et des taux faibles chez les individus traités pour ECI et ECD par rapport aux témoins [9]. Aussi, OUTTAR (2009) a noté une différence non significative entre le CUD, ECI, et ECD des larves de criquet pèlerin traitées au *M. anisopliae* var. *acridum* par rapport aux témoins qui présentent des taux plus élevés pour le 1^{er} indice et des taux plus faibles pour les deux autres indices [10].

L'étude de comportement alimentaire des L₄ de *S. gregaria* en vers *Glinus lotoides* (Aizoaceae) a montré que, les larves ont très peu consommé *G. lotoides*, et par conséquent leur CUD_a est faible par rapport à ceux des témoins. L'assimilation digestive est insignifiante, par conséquent elle entraîne une perte sensible du poids des ces dernières [21].

4.- Conclusion

A travers cette étude, il en ressort a montré que les deux champignons entomopathogènes *B. bassiana* et *M. anisopliae* var. *acridium* ont perturbé la prise alimentaire des L₅ de *S. gregaria* ce qui a engendré une perte de poids chez ces individus. Le calcul des indices notionnels de consommation et d'utilisation de la nourriture a révélé une différence notable chez les larves traitées comparativement aux témoins.

Aussi, en plus de leurs effets toxiques sur les acridiens ils provoquent une baisse de l'alimentation ce qui minimise les dégâts des criquets sur les cultures traitées.

Références bibliographiques

- [1].- Duranton J. F. et Lecoq M., 1990.- Criquet pèlerin au Sahel. Ed. Cirad/Prifas, Collection Acridologie Opérationnelle, n°6, Montpellier, 183 p.
- [2].- Everts J. W., 1990.- Environmental effects of chemical locust and grasshoppers control (A pilot study) ECLO/SEN/ 003/NET Project Report, FAO, Rome, 277 p.
- [3].- Greathead D. J., Kooyman C., Launois-Luong M. H. et Popov G. B., 1994.- Les ennemis naturels des criquets du Sahel. Ed. Cirad / Prifas, Collection Acridologie Opérationnelle, n°8, Montpellier, 147 p.
- [4].- Kooyman C., Aammati M., Moumene K., Chaouch A. et Zeyd A., 2005.- Essai de Green Muscle sur les nymphes du criquet pèlerin dans la Wilaya d'El Oued Nord Est Algérie. FAO, n°715, 22 p.
- [5].- Jenkins N. E. et Thomas M. B., 1996.- Effect of formulation and application method on the efficacy of aerial and submerged conidia of *Metarhizium flavoviride* for locust and grasshopper control. Pestic. Sci., 46: 299-306.
- [6].- Tkacz J. C. and Lange L., 2004.- Advances in fungal biotechnology for industry, agriculture, and medicine. Ed. Library of congress cataloging, New York, 419 p.
- [7].- Zakaria O. et Sagnia S. B., 2003.- Lutte intégrée contre les sautériaux et les locustes: importance du biopesticide Green Muscle. Ed. Agrhymet, Niamey, 5 (3), 15 p.

[8].- Waldbauer G. P., 1968.- The consumption and utilization of food by insects. *Advan. Insect Physiol.*, 5: 229-288.

[9].- Hemour S., 2009.- Effet d'un bio-pesticide «Green Muscle» (*Metarhizium anisopliae* var. *acridum* IMI 330189) sur la reproduction du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forskål (1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) en conditions contrôlées. Thèse Magister, Ecole. Nati. Sup. Agro., El Harrach, 163 p.

[10].- Outtar F., 2009.- Effet de deux entomopathogènes, *Beauveria bassiana* Bals. et *Metarhizium anisopliae* var *acridum* Metch. (Hyphomycètes, Deuteromycotina) sur l'état embryonnaire de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Cyrtacanthacridinae, Acrididae). *Mém. Ing., Inst. Nati. Agro., El Harrach*, 102 p.

[11].- Allal-Benfekih L., 2006.- Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse. Doc. Sci. Tech. Sant., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 140 p.

[12].- Kooyman C., 2007.- *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, la matière active du Green Muscle®, pp.11-13, Atelier international sur l'avenir des biopesticides en lutte contre le criquet pèlerin, Saly, Sénégal 12-15 février 2007. Ed. The orthopterist's society, 32 p.

[13].- Djeddar M., 2007.- Effet d'un biopesticide «Green Muscle» sur les différents stades de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) et impact sur quelques composantes des écosystèmes. Thèse Magister, INA, Alger, 143 p.

[14].- Lomer C. J., 1999.- Phase 3 final report. LUBILOSA (Lutte Biologique contre les Locustes et les Sauteriaux). Biological Locust and Grasshopper Control Project. Ed. CABI, IITA, Cotonou, Benin, 73 p.

[15].- Arthur S. and Thomas M. B., 2000.- Behavioural changes in *Schistocerca gregaria* following infection with a fungal pathogen: implications for susceptibility to predation. *Ecological Entomology*, 26: 227-234.

[16].- Sieglaff D. H., Pereira R. M. and Capinera J. L., 1997.- Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium flavoviride* (Deuteromycotina) to *Schistocerca americana* (Orthoptera: Acrididae). *J. econ. Entom.*, vol. 90, 6: 1539-1545.

[17].- Seyoum E., Moore D. and Charnley A. K., 1994.- Reduction in flight activity and food consumption by the Desert Locust, *Schistocerca gregaria*, Forskål (Orth., Cyrtacanthacridinae), after infection with *Metarhizium flavoviride*. *J. Appl. Entomol.* 118: 310-315.

[18].- Hernandez-Velazquez V. M., Berlanga-Padilla A. and Toriello C., 2007.- Reduction of feeding by *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Orthoptera: Acrididae), following infection by *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*. *Florida Entomologist*, vol. 90, (4): 786-789.

[19].- Abbassi K., Ataya Kadiri Z. et Ghaout S., 2004.- Activité biologique des feuilles de *Calotropis procera* (Ait. R. Br) sur le criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forsk. 1775). *Zool. baetica*, vol. 15 : 153-166.

[20].- Mordue A. J. and Hill L., 1970.- The utilization of food by the adult female desert locust, *Schistocerca gregaria*. Ent. Exp. & appl. North-Holland Publishing co., Amsterdam, 13: 352-358.

[21].- Ould Ahmedou M. L., Bouaichi A. et Idrissi Hassani L. M., 2001.- Mise en évidence du pouvoir répulsif et toxique de *Glinus lotoides* (Aizoacées) sur les larves du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* Forskål (Orthoptera, Acrididae). Zool. baetica, 12: 109-117.

CARACTÉRISATION PARTIELLE DES POLYSACCHARIDES HYDROSOLUBLES DES FEUILLES D'*Asphodelus tenuifolius* CAVAN (LILIACEAE): EFFET PRÉBIOTIQUE DES OLIGOSACCHARIDES ISSUS DE L'HYDROLYSE DES POLYSACCHARIDES

BOUAL Zakaria^{1*}, KEMASSI Abdellah¹, MICHAUD Philippe²
et OULD EL HADJ Mohammed Didi^{1,3}

⁽¹⁾Laboratoire Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-Arides
Université Kasdi Merbah-Ouargla, BP 511 Ouargla 30000 Algérie, Email: biozakaria@yahoo.fr

⁽²⁾Laboratoire des Glucides (EPMV) CNRS FRE2779, IUT/GB, UPJV, Avenue des Facultés
Le Bailly 80025 Amiens Cedex, France

⁽³⁾Laboratoire de Biogéochimie des Milieux Désertiques, Université Kasdi Merbah-Ouargla
BP 511 Ouargla 30000 Algérie

Résumé- Les polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*Asphodelus tenuifolius* Cavan (Liliaceae), une plante spontanée à caractère médicinal de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional Est algérien), sont obtenus par extraction à l'eau distillée, à la température ambiante pendant 24 heures, après élimination des extraits éthanoliques. Leur précipitation est faite par l'éthanol à 75%. Le rendement massique de l'extrait polysaccharidique est de 0.65%. La composition de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles après lyophilisation, donne 18.33±2.08% d'humidité, 23.66±1.52% de cendres totales, 26.13±0.37% de protéines totales, et 28.96±1.12 d'oses totaux. Parmi les oses, 67.50±0.94% sont des oses neutres et 32.49±0.26% des oses acides. L'hydrolyse des polysaccharides par l'acide trifluoroacétique à 4 M durant 5 heures à 80°C, laissent remarquer après analyse par chromatographie sur couche mince (CCM), que les polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. tenuifolius* sont des hétéropolysaccharides acides. L'analyse par chromatographie échangeuse d'anions de haute performance à détecteur ampérométrique pulsé (HPAEC-PAD) des oses constitutifs montre une prédominance de mannose à 39.25% et de glucose à 31.55%, suivie de 10.92% de l'acide glucuronique et 8.9% d'arabinose. Le rhamnose et le xylose sont présents à faible pourcentage, soit 5.22% et 4.14% respectivement. L'hydrolysats partiel de l'extrait stimule de manière significative pour 0,1 DO après 24 heures, la croissance de *Klebsiella pneumoniae pneumoniae* et l'action prebiotique des oligosaccharides issus de ces hydrolysats sur cette souche est notable.

Mots clés: Polysaccharides, *Asphodelus tenuifolius*, médicinal, oligosaccharides, prebiotic.

PARTIAL CHARACTERIZATION AND PREBIOTIC EFFECT OF WATER SOLUBLE POLYSACCHARIDES EXTRACTED FROM ONE SAHARIAN MEDICINAL PLANT: *Asphodelus tenuifolius* CAVAN (LILIACEAE)

Abstract- *Asphodelus tenuifolius* Cavan. (Liliaceae), a spontaneous plant used as a traditional medicine in Ghardaïa (Septentrional Sahara Algerian). This paper reports the extraction and partial characterization of water-soluble polysaccharides from *A. tenuifolius* leaves. These polysaccharides were obtained by elimination of the ethanol extract and sequential extraction in distilled water, followed by precipitation in 75% ethanol. The yield of extract is 0.65% (w/w). The crude water soluble polysaccharide extracts were further characterized and revealed the average values 18.33±2.08% moisture, 23.66±1.52% ash, 26.13±0.37% proteins and 28.96±1.12% carbohydrates, among them 32.49±0.26% are uronic acid and 67.50±0.94% are neutral monosaccharides. The acid hydrolysis 4M TFA at 80°C for 5 h is suggested to be more effective in releasing monomers. Thin layer chromatography (TLC) analysis of hydrolysats shows that the extract is constituted of heteropolysaccharides acid. The identification of monosaccharide composition by high performance anion exchange chromatography with pulsed amperometric detection (HPAEC-PAD) method shows 39.25% of mannose, 31.55% of glucose, 10.92% of glucuronic acid, 8.9% of arabinose, 5.22% of rhamnose and 4.14% of xylose. The partial hydrolysate stimulate significantly for 0,1 DO after 24 hours, the multiplication of *Klebsiella pneumoniae pneumoniae* and prebiotic effect of the oligosaccharides from these hydrolysates on this are very likely.

Keywords: Polysaccharides, *Asphodelus tenuifolius*, medicinal, oligosaccharides, prebiotic.

Introduction

Les herbes officinales, contenant des polysaccharides sont largement utilisées pour le traitement des maladies dans la médecine traditionnelle et moderne, comme *Linum usitatissimum* (lin), utilisé dans le cas de la constipation ou de troubles fonctionnels du colon, action émolliente et calmante (anti-inflammatoire) d'*althaea rosea*, activité hypoglycémique d'*Hibiscus moscheutos*, etc. Ces espèces appartiennent à des familles botaniques caractéristiques, comportant des cellules spécialisées, dites cellules mucilagineuses ou cellules à mucilages sécrétrices de polysaccharides. Ces cellules sont présentes dans différents organes végétaux [1].

Depuis plusieurs années, un regard particulier est porté sur la recherche de nouvelles sources de molécules végétales, afin de mettre au point de nouveaux principes actifs ou de découvrir des analogues de structures des molécules existantes [2]. Cependant, la flore spontanée à caractère médicinal du Sahara Septentrional Est algérien, ainsi que les relations entre l'homme dans cette bande aride, et les espèces végétales méritent une attention particulière dans cette zone saharienne.

Face à ce constat, le présent travail est une étude des polysaccharides hydrosolubles de quelques plantes spontanées [3], à caractère médicinal de la région de Ghardaïa. L'objectif recherché, vise une contribution pour élargir le spectre des composés biologiques actifs, et d'identifier de sources de polysaccharides et d'oligosaccharides qui pourront devenir des substituts de drogues synthétiques.

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Matériel végétal

Asphodelus tenuifolius (Liliaceae), est une plante spontanée très utilisé dans la médecine traditionnelle par la population de la région de Ghardaïa (Sahara septentrional Est algérien) en tisane, en poudre et en pommade pour les traitements des fièvres, des indigestions, des constipations et des lésions cutanées [4]. Les feuilles d'*A. tenuifolius*, récoltées de l'Oued Nechou (région de Ghardaïa) en Mars 2008. Les feuilles sont séchées à l'abri de la lumière, sous ventilation à l'air libre et à température ambiante [5]; durant trois semaines. Les feuilles ainsi séchées sont conservées dans des boîtes dans un milieu sec à l'abri de la lumière jusqu'à leur analyse.

1.2.- Etude des polysaccharides

1.2.1.- Extraction des polysaccharides

Les feuilles séchées sont écrasées et prétraitées par de l'éthanol 75% durant 5 heures, à température ambiante et sous agitation douce; puis filtrées à travers un filtre de porosité 100 µm, afin d'éliminer les composés solubles dans l'éthanol, tels que les polyphénols, les oligosaccharides, les oses simples et les acides aminés [6]. Le résidu des feuilles prétraitées, est séché une seconde fois à l'abri de la lumière, sous ventilation à l'air libre et à la température ambiante pendant 48 heures [7]. Les feuilles ainsi séchées sont macérées dans 2 volumes de l'eau distillée froide, pendant 24 heures à la température ambiante. Le mélange est filtré à travers un filtre de porosité 100 µm. Le filtrat est concentré à 60°C jusqu'à l'obtention du 1/3 du volume initial, dans un évaporateur rotatif. Les polysaccharides du concentrât sont précipitées à l'aide de

3 volumes d'éthanol à 75% pendant 24 heures à une température de 4°C [7]. Après centrifugation à 3560g pendant 10 mn [8, 9], le culot est récupéré puis lavé 3 fois par éthanol à 75% [7], avant d'être lyophilisé [10]. Le lyophilisat obtenu, représente l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles, pour l'étude de la composition qualitative et quantitative des polysaccharides bruts.

1.2.2.- Composition des extraits bruts de polysaccharides hydrosolubles

Les principaux constituants chimiques de l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles des feuilles sont caractérisés par des réactions de coloration. Il s'agit du taux de protéines, de la teneur en oses constitutifs, neutres, acides, de l'humidité relative et des cendres.

L'humidité est déterminée par une dessiccation de l'extrait brut à la température de 103±2°C dans une étuve à la pression atmosphérique, jusqu'à masse constante [10]. Les cendres totales sont déterminées par incinération de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles lyophilisé dans un four à moufle électrique de type Heraeus 6072. La teneur en protéines est déterminée par la méthode de Bradford [11]. La concentration en protéines est obtenue par référence avec une gamme étalon de sérum albumine bovine, après coloration au bleu de Coomassie [11]. Le dosage des oses constitutifs des polysaccharides repose sur la réaction des dérivés furfuriques obtenus par action à chaud, d'un acide concentré comme l'acide sulfurique (H₂SO₄), pour divers composés aromatiques, telle que le résorcinol (1,3-dihydroxybenzène) pour le dosage des oses neutres [12], et le méta-hydroxydiphényle pour le dosage des acides uroniques [13]. La concentration en oses neutres est obtenue par référence à une gamme étalon d'arabinose et celle des oses acides avec une gamme étalon d'acide glucuronique [12].

1.2.3.- Caractérisation des polysaccharides

1.2.3.1.- Chromatographie sur couche mince des oses constitutifs des polysaccharides

Afin de déterminer la composition osidique d'un polysaccharide, on procède à son hydrolyse [14].

- **Hydrolyse des liaisons glycosidiques:** 25 mg de l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles lyophilisés des feuilles d'*A. tenuifolius* est hydrolysé par 2 ml d'acide trifluoroacétique 4 M, à 80°C pendant 5 heures, dans des tubes fermés [14]. Après refroidissement, l'hydrolysate est centrifugé à 2000 g pendant 5mn. Le surnageant est récupéré. L'acide est évaporé à l'aide d'un dessiccateur sous vide. Une fois l'hydrolyse effectuée, les monosaccharides libérés, sont analysés par chromatographie sur couche mince (CCM).

- **Préparation des solutions standard:** 25 mg de chaque ose dont le galactose, l'arabinose, le glucose, le xylose, le mannose, le fructose et l'acide glucuronique, est dissous dans 2,5 ml d'eau distillée.

- **Types des plaques :** Ce sont des plaques prêtes à l'emploi, de gel de silice (Silica gel 60 F254) de 0.25 mm d'épaisseur sur feuille de verre.

- **Préparation de phase mobile :** Elle est constituée de butanol- acide acétique-eau dans les proportions de 2-1-1 [15].

- **Réalisation de CCM et révélation:** Dans un premier stade, on vérifie qualitativement la composition en oses des hydrolysats en déposant en parallèle, sur une même plaque, une série des étalons: arabinose, galactose, glucose, mannose, xylose, fructose et d'acide glucuronique ainsi que la solution d'hydrolysate. A 1,5 cm du bas de la plaque, on dépose à intervalles réguliers 10 µl de chaque solution correspondant à un poids de 100 µg d'ose, on introduit la plaque dans une cuve étanche dont l'atmosphère est saturée par le mélange de la phase mobile. Le développement du chromatogramme est effectué de façon ascendante jusqu'à le front. Après séchage, la révélation du chromatogramme est faite en pulvérisant sur la plaque le réactif de NIGRUM, et en séchant à l'étuve à 105°C pendant 10 à 15 mn [15]. Le facteur de rétention (Rf) est calculé pour chaque constituant.

1.2.3.2.3.- Caractérisation quantitative des résidus glycosidiques par HPAEC-PAD

La chromatographie échangeuse d'anions haute performance à détection ampérométrique pulsée (HPAEC-PAD) permet de confirmer les compositions en oses constitutifs des polysaccharides hydrosolubles et donner les pourcentages en oses. Les différents oses sont identifiés par leur temps de rétention spécifique et quantifiés après intégration du signal (Chromleon management system Dionex) par comparaison avec les monosaccharides de référence [1].

- **Préparation des échantillons:** Les polymères (3 mg, 0.6% m/v) sont placés dans des tubes hermétiques pour être hydrolysés à l'acide trifluoroacétique 4 M pendant 5 heures à 80°C dans un bain Marie à sec thermostaté. Ils sont ensuite lyophilisés et remis en solution dans 1 ml d'eau distillée.

- **Application d'HPAEC-PAD:** Il est injecté 25 µl de l'échantillon dans une colonne de type CarboPac PA 1 avec un débit d'élution de 1 ml.mn⁻¹ à l'aide d'un système isocratique d'une solution de NaOH 16 mM pendant 10mn suivie d'un gradient d'acétate de sodium 600 mM en 4 étapes, dont pour les premières 10mn à 0% de B-100% de A, puis de 10 à 40 mn à 0% à 100% de B, puis 40 à 45 mn à 100% de B et en fin de 45 à 60 mn de 100 à 0% de B.

1.2.4.- Effet prébiotique des hydrolysats partiels des polysaccharides sur *Klebsiella pneumoniae pneumoniae*

Effet prébiotique, c'est un terme désigne des additifs ou des compléments alimentaires non digestibles qui affectent de façon bénéfique l'hôte en stimulant sélectivement la croissance ou l'activité de certaines bactéries intestinales [16]. Les oligosaccharides issus de dégradation de polysaccharides naturels comme les fructooligosaccharides, les galacto-oligosaccharides, et les arabinogalactooligosaccharides sont étudiés pour leur action prébiotique [17]. Il est testé l'activité des oligosaccharides issus de l'hydrolyse partielle des 3 extraits polysaccharidiques.

1.2.4.1.- Hydrolyse partiel des polysaccharides

10 mg de chaque extrait brut de polysaccharides hydrosolubles lyophilisé est hydrolysé par 2 ml d'acide trifluoroacétique 2 M, à 80°C pendant 3 heures, dans des tubes fermés. Après refroidissement, l'hydrolysate est centrifugé à 2000 g pendant 5mn. Le surnageant est récupéré. L'acide est évaporé à l'aide d'un dessiccateur sous vide [16].

1.2.4.2.- Matériel biologique

L'activité est testée sur *Klebsiella pneumoniae pneumoniae* (Enterobactériaceae), bactérie commensale vivant dans le tube digestif de l'homme et des animaux [18].

1.4.4.3.- Milieu de culture

Klebsiella pneumoniae pneumoniae est cultivée sur milieu Trypticase-Soja Bouillon (TSB). Il est constitué de 17 g.l⁻¹ peptone tryptique de caséine, 3 g.l⁻¹ peptone papainique de soja, 2,5 g.l⁻¹ de glucose, 5 g.l⁻¹ de NaCl et de 2,5 g.l⁻¹ de phosphate dipotassique. Le milieu est autoclavé à 120°C pendant 15 mn. Le pH final est ajusté à 7,3 [19].

- Mesure de l'activité biologique: L'activité prébiotique est définie après 24 heures de contact à 37°C, une croissance bactérienne, mesurée par absorbance à la longueur d'onde de 620 nm, supérieur de 0,1 DO par rapport au témoin négatif (milieu de culture sans addition d'oligosaccharides) [16].

Il est distribué dans un premier temps, dans une série d'écouvillons stériles sur un volume de 1 ml de milieu de culture, des concentrations décroissantes de l'hydrolysate, en régression de 1/2, l'écouvillon représente l'étalon est constitué seulement d'un millilitre (1ml) de milieu de culture. Puis il est ajouté dans chaque écouvillon 1 ml de la suspension bactérienne en phase exponentielle de croissance, diluée de façon à obtenir une concentration finale d'environ 10⁶ bactéries/ ml [20]. 24 heures après culture à 37°C, les mesures des absorbances à 620 nm sont effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre de type Clinical Chemistry System RA-50 contre une référence constituée de milieu de culture stérile.

2.- Résultats et discussions

Le rendement de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. tenuifolius* par rapport à la matière sèche est de 0,65%. Il semble faible par rapport à celle d'*Opuntia ficus indica* (Liliaceae), soit 1,33% [9]. SEPULVEDA et al. (2007), signalent 4,9±0,6% d'humidité dans l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles de cladodes d'*Opuntia ficus indica* (Liliaceae), alors qu'*A. tenuifolius* renferme 18,33±2,08% [10]. KARDOSOVA et MACHOVA (2006) notent dans l'extrait de polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*Aloe barbadensis* (Liliaceae) 27,9% de cendres. Il est remarqué dans l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. tenuifolius* 23,66±1,52% [20]. La teneur moyenne en protéines de l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. tenuifolius* est de 26,13±0,37%. SEPULVEDA et al. (2007), notent 14,2% de protéines dans l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles des cladodes d'*Opuntia ficus indica* (Liliaceae), paraît inférieur à celle d'*A. tenuifolius* soit 26,13±0,37% [8]. La teneur moyenne de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. tenuifolius* en oses totaux est de 28,96±1,12%. Parmi les oses, 67,50±0,94% sont des oses neutres et 32,49±0,26% des oses acides (tab. I). Il est trouvé 79,95±2,12% d'oses totaux dans l'extrait polysaccharidique des feuilles d'*Aloe barbadensis* (Liliaceae) [21]. Cette valeur semble très élevée de celle obtenue chez *A. tenuifolius* soit 28,96±1,12%. Le pourcentage des oses acides dans l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles de feuilles d'*A. tenuifolius* soit 32,49±0,26%, est supérieur à celle de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles de feuilles d'*Aloe barbadensis* (Liliaceae) soit 14,04±0,32% [21]. Le rapport des pourcentages (oses acides/oses neutres) pour l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. tenuifolius* est de 0,47, semble élevé au vu de celle d'*Aloe barbadensis* (Liliaceae), soit 0,22 [21].

L'emploi d'une solution d'acide trifluoroacétique 4 M, conduit à une hydrolyse significative d'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles des feuilles. L'allure générale des taches de la figure 1, après 5 heures, montre une similitude des profils chromatographiques, qui semble montrer la fragilité des polysaccharides hydrosolubles des feuilles de *A. tenuifolius*. Après 3 heures, se note l'éclaircissement de la première large tache de R_f 0,08 pouvant, s'expliquer par la dégradation des fragments d'oligosaccharides suite à la durée de l'hydrolyse. Il se remarque une progression de l'intensité des taches correspondant aux oses simples, de R_f 0,41 ; 0,45 et 0,30. Ceci traduit l'hydrolyse des liaisons osidiques spécialement les liaisons uronosidyles et la libération des oses simples. KAMERLING et *al.* (2007) signalent que les liaisons uronosidyles sont extrêmement stables [22]. La détermination de la composition en oses constitutifs par CCM, montre une hétérogénéité et une diversité des oses neutres et acides, pentoses et hexoses. L'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. tenuifolius*, renferme des hétéropolysaccharides acides. Ils sont constitués d'arabinose, de glucose, de xylose, d'acide glucuronique et probablement de galactose et de mannose (fig. 1).

Tableau I.- Composition de l'extrait brut de polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. tenuifolius*

Humidité (%)	Cendre (%)	Protéines (%)	Teneur en oses (%)		
			Neutres	acides	totales
18,33 ± 2,08	23,66 ± 1,52	26,13±0,37	15,50±0,62	12,67±0,42	28,18±0,94

La figure 2 laisse apparaître les résultats d'analyse par HPAEC-PAD de l'extrait de polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. tenuifolius*. Le profil des oses montre une prédominance de mannose à 33,45% et de glucose à 26,89%, suivie de 9,31% de l'acide glucuronique et 7,59% d'arabinose. Le rhamnose et le xylose sont présents en faible pourcentage avec 4,45% et 3,53% respectivement. Le rapport des pourcentages des oses majeurs d'*A. tenuifolius* pour Man/Ara est de 4,40; Glc/Ara de 3,54; Glc.A/Ara de 1,22; donc on peut l'exprimer par Man /Glc /Glc.A /Ara, soit 4,40 /3,54 /1,22 /1,0.

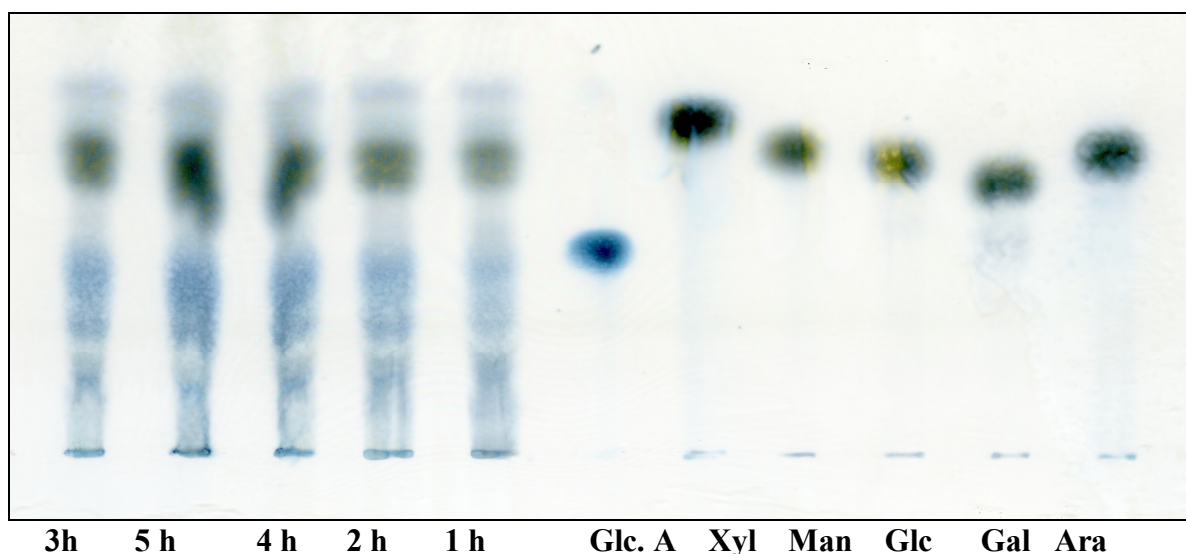


Figure 1.- Suivi par CCM de l'hydrolyse par l'acide trifluoroacétique 4 M à 80°C, en fonction du temps (heure) de l'extrait de polysaccharides hydrosolubles feuilles d'*A. tenuifolius*

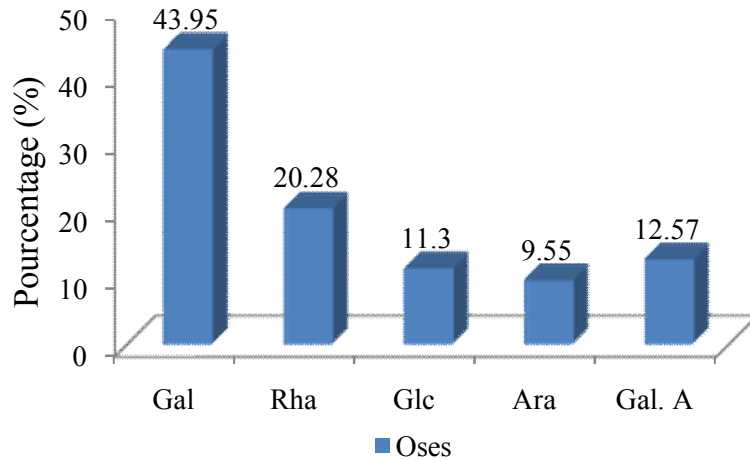


Figure 2.- Composition en oses de l'hydrolysate de polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. tenuifolius* effectué par HPAEC-PAD

Les hydrolysats partiels des polysaccharides hydrosolubles de feuilles d'*A. tenuifolius*, dans une moindre mesure, engendrent une amélioration de la croissance de *Klebsiella pneumoniae pneumoniae* comparativement aux témoins (milieu de culture sans addition d'oligosaccharides) (fig. 3). Les hydrolysats partiels d'*A. tenuifolius*, montrent une croissance fluctuante, pour les faibles concentrations et n'est effective qu'à partir de 0,166 mg/ml. Les fluctuations à des faibles concentrations de la multiplication dans les milieux de culture contenant des hydrolysats partiels des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. tenuifolius* révèlent les perturbations métaboliques consécutives au changement de source carbonée [23]. GENESTIE [16] attribue un caractère prébiotique à la préparation oligosaccharidique testée dès lors que celle-ci engendre un accroissement de 0,1 DO après 24 heures de culture, comparativement aux valeurs mesurées sur témoin négatif (milieu de culture sans addition d'oligosaccharides) pour certaines bactéries intestinales. Cela est remarqué seulement à 0,333 mg/ml.

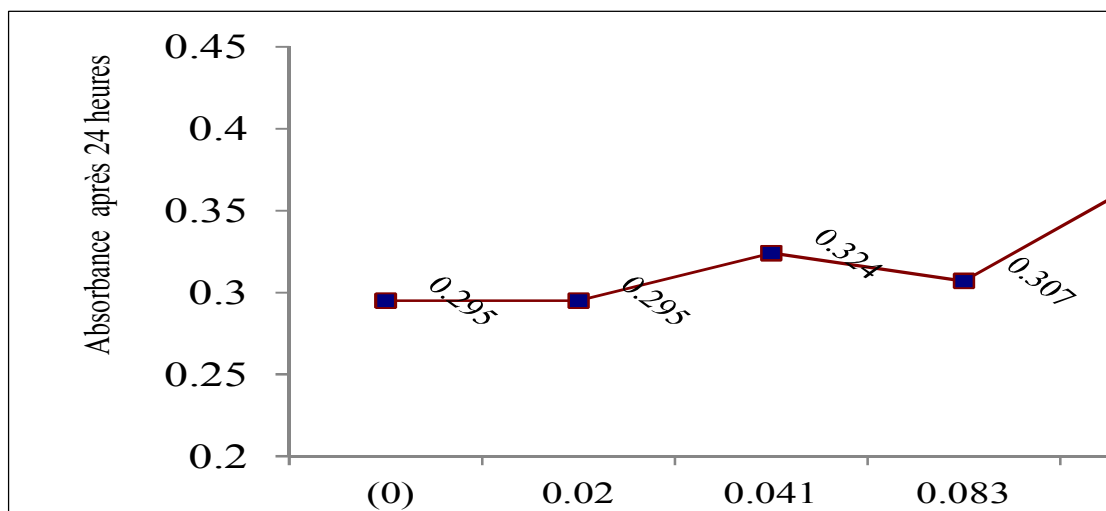


Figure. 3.- Croissances de *Klebsiella pneumoniae pneumoniae* après 24 heures en milieu de culture supplémenté par les hydrolysats à différentes concentrations (absorbances à 620 nm)

3.- Conclusion

L'hydrolyse par l'acide trifluoroacétique, durant 5 heures à 80°C semble donner les meilleurs résultats, de l'étude des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. tenuifolius* après élimination des extraits éthanoliques, à la température ambiante pendant 24 heures. La composition de l'extrait brut des polysaccharides hydrosolubles après lyophilisation, montre que les oses neutres dominent comparativement aux oses acides. L'humidité semble élevée, résultant de l'effet hygroscopique des polysaccharides après lyophilisation, d'où la nécessité d'avoir des techniques de conservation plus adéquates. Les protéines restent le deuxième constituant majeur dans les extraits bruts des polysaccharides hydrosolubles, par leur co-précipitation avec les polysaccharides par l'éthanol. L'analyse qualitative par CCM de la composition en oses des polysaccharides hydrosolubles montre une hétérogénéité et une diversité des oses; neutres et acides, pentoses et hexoses. L'analyse par HPAEC-PAD de la composition en oses constitutifs des polysaccharides hydrosolubles, issus des feuilles d'*A. tenuifolius*, montre une prédominance de mannose et de glucose. Le rhamnose et le xylose sont présents en faible proportion. L'action prébiotique des oligosaccharides issus des hydrolysats partiels des polysaccharides hydrosolubles des feuilles d'*A. tenuifolius* sur *Klebsiella pneumoniae pneumoniae* est appréciable.

Références

- [1].- Warand J., 2004.- Etude structurale et propriétés en solution des polysaccharides constitutifs de mucilage de lin (*Linum usitatissimum*). Thèse de doctorat de l'université de Picardie Jules Verne, 238 p.
- [2].- Deters A. M., Lengsfeld C. et Hensel A. 2005.- Oligo- and polysaccharides exhibit a structure-dependent bioactivity on human keratinocytes in vitro. *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 102: 391-399.
- [3].- Ozenda P., 1983.- Flore du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique, Paris, 617 p.
- [4].- Hammiche H. et Maiza K., 2006.- Traditional medicine in central Sahara: pharmacopoeia of Tassili N'Ajjer. *Journal of ethnopharmacology*, vol. 105: 358-367.
- [5].- Diallo D., Sanogo R., Yasambou H., Traoré A., Coulibaly K. et Maiga A., 2004.- Étude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritiana* Lam. (Rhamnaceae), utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali. *Chimie*, vol. 7: 1073-1080.
- [6].- Wu Y., Cui S. W., Tang J., Wang Q. et Gu X., 2007.- Preparation, partial characterization and bioactivity of water-soluble polysaccharides from boat-fruited sterculia seeds. *Carbohydrate polymers*, vol. 70: 437-443.
- [7].- Ebriverova A., Kardosova A., Hromadkova Z. et Hribalova V., 2003.- Mitogenic and comitogenic activities of polysaccharides from some European herbaceous plants. *Fitoterapia*, vol. 74: 52-61.
- [8].- Sepulvera E., Saenz C., Aliaga E., et Aceituna C., 2007.- Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *Journal of arid environments*, vol. 68: 534-545.

- [9].- Biriganine G., Vray B., Vercruyssen V., Vanhaelen-Fastre R., Vanhaelen M. et Duez P., 2004.- Polysaccharides extracted from the leaves of *Plantago palmata* Hook induce nitric oxide and tumor necrosis factor- α production by interferon- γ -activated macrophages. Nitric oxide, vol. 12: 1-8.
- [10].- Audigie C., Figarella J. et Zonszain F., 1984.- Manipulations d'analyse biochimique. Ed. doin, Paris: 3-4.
- [11].- Autran J. C., 1991.- Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Ed. Tec et Doc, Paris: 115-137.
- [12].- Monsigny M., Petit C. et Roche A. C., 1988.- Colorimetric determination of neutral sugars by a resorcinol sulfuric acids micromethod. Analytical biochemistry, vol. 175: 525-530.
- [13].- Blumenkrantz N. et Asboe-Hansen G., 1973.- New method for quantitative determination of uronic acids. Analytical biochemistry, vol. 54: 484-489.
- [14].- Ruiz G., 2005.- Extraction, détermination structurale et valorisation chimique de phycocolloïdes d'algues rouges. Thèse de doctorat de l'université de Limoges: 36-38.
- [15].- Paulsen B. S., Olafsdottir E. S., et Ingolfsson K., 2002.- Chromatography and electrophoresis in separation and characterization of polysaccharides from lichens. Journal of chromatography a, vol. 967: 163–171.
- [16].- Genestie B., 2006.- Optimisation de la production d'arabinoxyloligosaccharides d'intérêt biologique à partir de sons de céréales: approches méthodologiques. Thèse de doctorat de l'université de Limoges: 30-50.
- [17].- Delattre C., 2005.- Stratégie d'obtention d'oligosaccharides anioniques par dégradation enzymatique de glucuronanes. Thèse de doctorat de l'université de Picardie Jules Verne, Valois Santerre: 5-10.
- [18].- Berche P., Gaillard J. L., Simonet M., 1988.- Bactériologie. Flammarion, Paris: 595-599.
- [19].- Marchal N., Bourdon J. L., Richard Cl., 1987.- Les milieux de culture. Ed. Doin, Paris, 36 p.
- [20].- Kardosova A. et Machova E., 2006.- Antioxidant activity of medicinal plant polysaccharides. Fitoterapia, vol. 77: 367–373.
- [21].- Femenia A., Sanchez E. S., Simal S. et Rossello C., 1999.- Compositional features of polysaccharides from Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues. Carbohydrate polymers, vol. 39: 109–117.
- [22].- Kamerling L., Boons G. L., Lee Y. C., Suzuki A., Taniguchi N. et Voragen A., 2007.- Comprehensive glycoscience. Ed. Elsevier, vol. 2, Paris: 654-681.
- [23].- Lambin S. et German A., 1969.- Précis de microbiologie. Ed. Masson et c^{ie}, Paris, 515 p.

EFFET DES REBUTS DE DATTES COMME COMPLÉMENT D'APPOINT SUR LA PRODUCTION LAITIÈRE DE BREBIS

BOUDECHICHE Lamia, AISSAOUI Chadli, OUZROUT Rachid
 Institut d'Agronomie, Centre Universitaire d'El Tarf, BP 73 El Tarf 36000 Algérie
boudechiche_lamia@yahoo.fr

Résumé- La présente étude recherche l'effet d'un complément d'appoint à base de rebuts de dattes sur la production laitière de brebis et les performances pondérales de leurs agneaux. Soixante quatre (64) brebis de race berbère ont été réparties équitablement en 2 lots de 32 animaux chacun dont un lot expérimental et un autre témoin. L'alimentation des deux lots, est essentiellement basée sur les ressources pastorales des pâturages d'herbages d'une prairie permanente pendant toute l'année. Outre cette ressource, les chaumes de céréales constituent l'essentiel de l'alimentation estivale, période coïncidant aux deux derniers mois de gestation des brebis durant laquelle le lot expérimental recevait un complément d'appoint à son retour du pâturage, constitué de rebuts de dattes à raison de 350g/animal/jour et d'une valeur énergétique de 1,06 UFL. La production laitière des brebis estimée par des équations incluant les performances pondérales des agneaux montrent que celle-ci a été plus importante chez le lot expérimental (1,14 vs. 0,88 l/ jour), à l'agnelage, aucune différence significative n'est observée entre les poids des agneaux ($P > 0,05$) tandis que les GMQ des agneaux du lot expérimental sont plus conséquents avant le sevrage (216,7 vs.167, 6 g/jour) reflétant, ainsi la valeur laitière des mères. Les rebuts de dattes constituent un excellent complément au pâturage pour les femelles en fin de gestation.

Mots clés : Brebis berbères, rebuts de dattes, pâturage, GMQ, complémentation.

EFFECT OF DATE REFUSE AS A SUPPLEMENT BOOSTER FOR MILK PRODUCTION FROM SHEEP

Abstract- This study researches the effect of a supplement booster from date refuse based on milk production from ewes and the ponderable performance of their lambs. Sixty-four Berber ewes were divided equally in 2 batches of 32. The main resource is based pastoral grazing of herbage from permanent meadow throughout the year. In addition to this resource, grain stubble up the bulk of the summer feeding, coinciding with the last two months of gestation in sheep, which the experimental group received, a supplement consisting of scrap dates of 350g/animal/day with an energy value of 1.06 UFL was provided. Milk production of ewes estimated by equation including weight performance of lambs show that it was higher in the experimental group (1.14 vs. 0.88 l / day). At lambing, no significant difference is observed between the weight of lambs ($P > 0.05$) whereas ADG of lambs in the experimental group are more substantial before serfdom (216.7 vs. 167.6 g / day), reflecting the value of mothers milk. Therefore, date refuse are an excellent complement to pasture for females in late gestation.

Key words: Berber sheep, date refuse, pastoral, ADG, complemntation.

Introduction

Dans le bassin méditerranéen, la végétation naturelle (parcours et prairies) constitue l'essentiel des productions animales. Cependant, la production fourragère de ces ressources connaît d'importantes variations inter et intra annuelles et se révèle insuffisante surtout en période estivale (cas surtout marqué des prairies de plaine) qui constitue le trait marquant du climat méditerranéen, ce qui aura pour conséquence une baisse des productivités animales en système extensif. La catégorie d'animaux qui paraît la plus touchée par ces indisponibilités alimentaires est celle des brebis de race berbère qui se trouvent à cette période de l'année en fin de gestation. C'est la période de grands besoins, où l'alimentation a une action déterminante sur

leurs productions en conditionnant le poids des agneaux à la naissance, mais aussi sur la production laitière (sécrétion de colostrum) obligeant le recours à une complémentation d'appoint [1].

C'est dans cette optique que la présente étude tente de rendre compte des relations entre la complémentation à base de rebuts de dattes et les performances des brebis et leurs agneaux.

1.- Matériel et méthodes

Les brebis expérimentées au cours de cette étude (n = 64) de race Berbère, multipares et préalablement déparasitées sont issues d'un élevage du Nord- Est Algérien. Elles sont suivies durant les deux derniers mois de leur gestation. Deux lots de 32 animaux chacun sont constitués d'un lot témoin et d'un autre lot expérimental. Le troupeau constitué des deux lots, est conduit en suivant un système d'élevage caractérisé par:

- Un agnelage par an allant, de Septembre à Octobre;
- Durée de l'allaitement d'un minimum de 30 jours;
- Début de la saison de lutte de Mai à Juin avec saillie naturelle;
- Alimentation basée sur les pâturages d'herbages annuels et pluriannuels et les chaumes de céréales (principalement d'orge);
- Complémentation d'appoint avec des rebuts de dattes (H'chef) grossièrement moulus (350 g/brebis/jour) distribués pendant les deux derniers mois de gestation pour les femelles du lot expérimental.

Ces dernières ont libre accès au pâturage comme les brebis du lot témoin sauf qu'en fin de gestation, elles reçoivent la complémentation une fois rentrées, la nuit, en bergerie.

Les dosages de composition chimique des rebuts de dattes, sont effectués selon les méthodes BIPEA [2].

Pour prévoir les teneurs énergétiques UFV et UFL des rebuts de dattes, nous avons utilisé les équations de l'INRA France [3] pour les concentrés.

1.1.- Evolution de la croissance pondérale

La diversité des relations mises en évidence entre la production laitière de la mère et la croissance de l'agneau peut être expliquée en partie par le fait que le sevrage correspond à la période où l'agneau commence à pâturer. L'aptitude de l'agneau à pâturer, l'offre et la qualité de l'herbe influent alors sur sa croissance. Pour étudier l'effet de l'état de la mère sur la croissance de son agneau, il faut alors se limiter à une période où la croissance de l'agneau ne dépend que de la production laitière de la mère.

Au fur et à mesure des naissances, tous les agneaux identifiés sont pesés. Ils sont ensuite soumis au programme de pesées du contrôle de croissance (intervalle de 10 et 20 jours entre deux pesées successives) permettant, de calculer les gains de poids types: gain moyen quotidien (GMQ) entre 20 et 30 jours :

- A 0j : jour correspondant à la mise bas et le jour de leur naissance ;
- A 20j : jour correspondant au vingtième jour après la naissance ;
- A 30j : jour correspondant au trentième jour après la naissance et au début du sevrage.

Les pesées à 20j et 30j indiquent l'évolution des croissances des agneaux et de ce fait la

production laitière des mères.

1.2.- Estimation de la production laitière des agneaux

La moyenne de la production laitière des mères a été estimée comme suit [3]:
 Production laitière en litres par jour (jx) = énergie nette d'entretien (kcal) + (2297 x GMQ à jx)/858

$$\text{Energie nette d'entretien (kcal) à jx} = 80 \times \text{PV}_{\text{jx}}^{0,75}$$

858 kcal: Energie nette d'un litre de lait

2297 kcal : Energie brute consommée par un agneau non sevré, non broutard

2.- Résultats et discussion

Les rebuts de dattes qui constituent le complément du lot expérimental, ont une excellente valeur énergétique se traduisant, par des valeurs UFL et UFV de 1,06 et 1,05 (tab. I) respectivement, équivalant ainsi les valeurs de certaines céréales telles que l'avoine (UFL= 1,03/kg MS et UFV= 0,98/kg MS) [4]. Cependant, elles restent déficitaires en protéines.

Tableau I.- Composition chimique et valeur alimentaire des rebuts de dattes

Appoint	MS (%)	Pourcentage de MS			Kilogramme de MS	
		MM	MAT	CB	UFL	UFV
Rebuts de dattes	83,45	7,96	3,24	5,69	1,06	1,05

Bien que les poids à la naissance ne soient pas différents significativement ($p > 0,05$), nous remarquons que les agneaux du lot expérimental ont une croissance numériquement supérieure (252,5 g/jour) à celle des agneaux du lot témoin (184 g/jour) ($p = 0,007$) (tab. II) avec une différence moyenne de 80 g/jour.

La croissance de 0-20 jours des agneaux témoignent donc de la valeur laitière des mères à cette période et donc d'une meilleure production laitière des brebis du lot expérimental (1,14 vs. 0,88 litres). Cette croissance se trouve affectée par le niveau des réserves atteint dans le courant de la gestation, qui a une incidence sur le démarrage de la lactation. Ce niveau de réserves serait sans doute imputable à la consommation des rebuts de dattes à haute valeur énergétique.

Des résultats identiques ont été trouvés par MOLINA *et al.* [5] qui ont complété des brebis Sardes au pâturage par du concentré et dont la production laitière pendant la lactation a toujours été plus élevée que celle observée dans les systèmes extensifs.

Il apparaît une baisse de la vitesse de croissance des agneaux des deux lots durant la période de 0-20j. Pour cette période, la moyenne du GMQ est de 181g/jour pour le lot expérimental et de 151,5 g/jour pour le lot témoin (fig. 1).

Tableau II.- Effet de la complémentation sur la croissance des agneaux et la production laitière des brebis (NS: non significatif; ** P < 0,01; *** P < 0,001)

Paramètres	Lot témoin	Lot expérimental	P	Signification
Total des brebis	32	32	-	-
Poids à 0j (kg)	3,12±0,59	3,5±0,38	0,09	NS
GMQ (0-20j) (g/j)	183,75±0,05	252,5± 0,04	0,007	**
Production laitière (0-20j)(l/j)	0,88	1,14		
GMQ (20-30j) (g/j)	151,5±0,07	181±0,09	0,43	NS
Production laitière (20-30j) (l/j)	0,86	1,02		

Bien que la différence ne soit pas significative entre les gains de poids des agneaux des deux lots, cependant les GMQ des agneaux du lot expérimental sont globalement plus élevés (181g/jour) que ceux des agneaux du lot témoin (151,5 g/jour), avec un écart de 29,5 g (fig. 1). Les agneaux du lot expérimental ont atteint la vitesse de croissance avancée par BOCCARD [6] (200 g/j) pour laquelle le rendement de la transformation du lait de la ration en gain de poids vif est maximum.

La valeur laitière de la mère est ainsi rendue responsable de l'écart de croissance entre les deux lots. Il est exclu que les poids à la naissance n'aient influencé ces vitesses de croissance. Il ne semble pas exister de corrélation entre les poids initiaux et les GMQ des périodes 0-20 j et 20-30j (P= 0,1 et P= 0,7; respectivement pour les deux périodes). La seule hypothèse à émettre est donc celle de l'apport et la valeur alimentaire lactée de la mère.

La supériorité des vitesses de croissance des agneaux du lot expérimental résulte d'une bonne gestion des réserves corporelles. L'utilisation des rebuts comme complément au pâturage a semblé retarder la phase de mobilisation complète des réserves corporelles constituées durant les deux derniers mois de gestation grâce à leur apport énergétique (1,06 UFL). Par contre, la situation du lot témoin se traduit selon CASU *et al.* [7] par une forte mobilisation des réserves causée par un déficit énergétique et par une mauvaise production laitière d'autant plus que la situation sur le plan alimentaire est défavorable.

La chute des GMQ de l'ensemble des agneaux est expliquée par le fait qu'à leur mise bas, les brebis se sont contentées du pâturage automnal qui reste tout de même insuffisant pour répondre à leurs besoins de lactation affectant ainsi la production de lait (1,14 vs. 1,02 et 0,88 vs. 0,86 litres respectivement pour les lots expérimental et témoin) et de ce fait la croissance des agneaux. Les brebis ont alors besoin d'un apport énergétique supplémentaire pour couvrir leurs besoins et assurer la production.

La complémentation par les rebuts de dattes a ainsi contribué à une correcte alimentation et à une bonne gestion des réserves corporelles des brebis berbères.

3.- Conclusion

Les données analysées représentant, une première approche avec le problème de l'indisponibilité alimentaire en milieu méditerranéen durant la période estivale et ses répercussions sur les productions aussi bien des brebis berbères (productions laitière) que celle de leurs agneaux (croissance pondérale) montrent que l'emploi des rebuts de dattes, durant les deux

derniers mois de gestation en conditions de pâturage insuffisant, est efficace pour améliorer la croissance des agneaux via l'augmentation de la production laitière de leurs mères.

Les résultats de la présente étude laissent apparaître l'intérêt des rebuts de dattes comme complément d'appoint aux brebis berbères en fin de gestation.

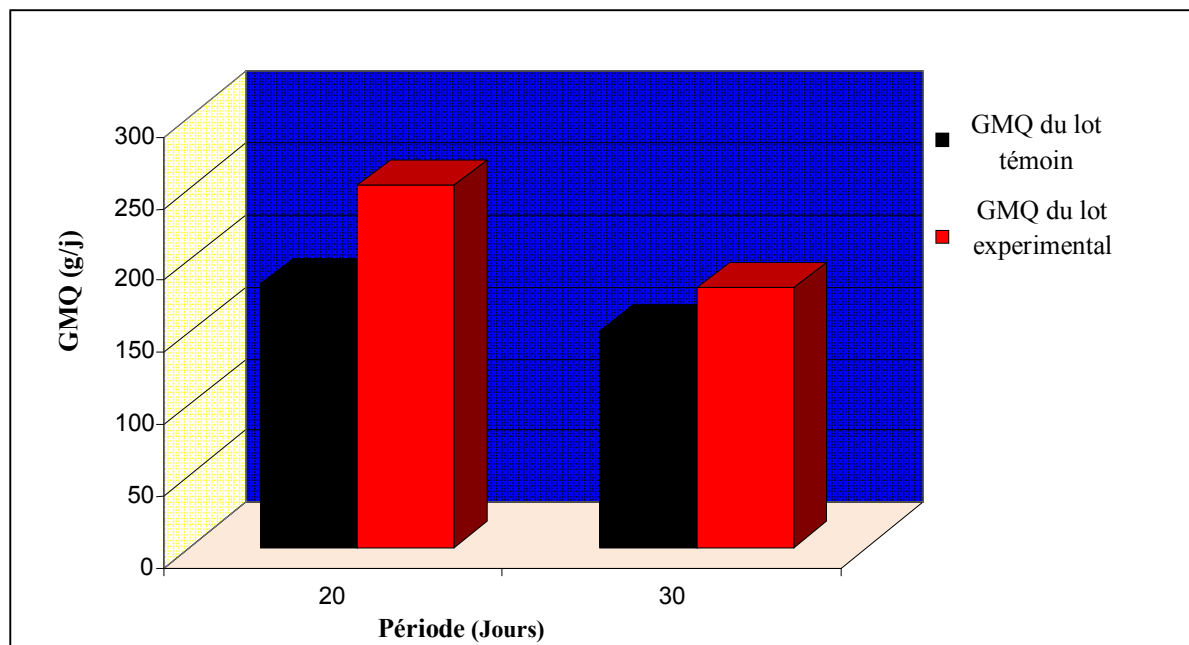


Figure 1.- Evolution des GMQ des agneaux (20j à 30j)

Références bibliographiques

[1].- Teyssier J., Lapeyronie P., Vincent M., Molenat G., 1995. Etat corporel pendant la gestation chez la brebis Mérinos d'Arles en système transhumant. Relations avec le poids à la naissance des agneaux et les performances d'allaitement. Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéens : 43-51.

[2].- BIPEA, 1978. Bureau Inter Professionnel d'Etude Analytique. Recueil des méthodes des communautés européennes, Paris, 160 p.

[3].- Jarrige R., 1981. Les constituants glucidiques des fourrages: In Andrieu J., Demarquilly C., Wegat-Litre E. Prédiction de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Ed. INRA publications, Versailles : 13-40.

[4].- Alves De Oliveira L., 1999. L'enseignement de bromatologie à l'école Nationale Vétérinaire de Lyon. Les grains des cereals, www.vet-lyon.fr

[5].- Molina M. P., Molle G., Ligios S., Ruda G., Casu S., 1991. Evolution de la note d'état corporel des brebis de race Sarde dans différents systèmes d'élevage et relation avec la production laitière. Options Méditerranéennes, Série Séminaires, n°13: 97-102.

[6].- Boccard R., Dumont B. L., 1960. Etude de la production de viande chez les ovins. Variation de l'importance relative des différentes régions corporelles de l'agneau de boucherie.

Ann. Zootech., vol. 9: 355-363.

[7].- Casu S., Motroni P., Sanna A., 1981. Variazioni del contenuto in fibra grezza e della digeribilità della sostanza organica di campioni di pascolo prelevati mediante il taglio o da animali con fistola esofagea. IV Congresso della Società di Patologia e Allevamento degli Ovini e Caprini, Alghero.

ETUDE DE LA QUALITE PHYSICO-CHEMIE ET MYCOLOGIQUE DU BLE TENDRE LOCAL ET IMPORTE STOCKE AU NIVEAU DE L'OFFICE ALGERIEN INTERPROFESSIONNEL DES CEREALES (OAIC) DE LA LOCALITE DE SAIDA (ALGERIE)

GACEM Mohamed Amine^{1*}, OULD EL HADJ KHELIL Aminata¹ et GACEMI Bouabdallah²

⁽¹⁾Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi Arides,
Université Kasdi Merbah-Ouargla, BP 511 Ouargla 30000 (Algérie)

⁽²⁾Laboratoire de technologie et de production animale
Université Abdelhamid Ibn Badis -Mostaganem, 27000 (Algérie)

* E-mail : biologieamine@yahoo.fr

Résumé- La présence de flore fongique dans les céréales destinées à l'alimentation de l'homme peut engendrer de graves conséquences sur sa santé. Le développement de cette flore compte parmi les principales causes d'altération sanitaire des céréales. Le contrôle de la qualité du grain de blé durant le stockage permet de limiter les pertes du produit causées par des moisissures. C'est un moyen de prévention et de gestion des risques de contaminations par les champignons dont certains peuvent être fortement toxigènes. L'étude de la qualité physico-chimique et mycologique des échantillons de blé tendre local et importé stocké dans des silos en béton armé au niveau de l'OAIC de la localité de Saida (Algérie), a montré que le taux de contamination de la variété importée de blé, est très élevé. Les espèces du genre *aspergillus*, sont retrouvées dans les deux variétés de blé analysées avec une fréquence et une abondance allant de 41% à plus de 86% de la flore totale identifiée sur milieux CDA et PDA. Les espèces des genres *Penicillium* et *Alternaria* sont peu fréquentes. Enfin, celles des genres *Cladosporium*, *Ulocladium* et *Fusarium* sont les moins abondants dans les deux variétés de blé tendre analysées.

Mots clés: Blé tendre, stockage, moisissures, *Aspergillus*, *Penicillium*

STUDY OF THE PHYSICO-CHEMICAL AND QUALITY OF LOCAL AND IMPORTED WHEAT STORED AT THE ALGERIAN INTERPROFESSIONAL CEREALS (AICO) FROM THE TOWN OF SAIDA (ALGERIA)

Abstract- The presence of fungal flora in cereals for human food can lead a serious consequences for his health. The development of this plant is among the leading causes of impaired health cereals. The quality control of the wheat during storage can reduce the loss of product caused by these fungi. It is a means of prevention and management of risks of contamination by fungi, some of which may be highly toxigenic. The study of the physicochemical and mycological quality samples of local and imported wheat stored at OAIC of Saida, showed that the rate of contamination of the imported variety is very high. The genus *Aspergillus* represented by different species was found in both varieties analyzed with a frequency and an abundance ranging from 41 to over 86% of the total flora identified on medium CDA and PDA. Genera *Penicillium* and *Alternaria* are uncommon. Finally, the genera *Cladosporium*, *Fusarium* and *Ulocladium* are less abundant in both wheat varieties analyzed.

Key words: Wheat, storage, mold, *Aspergillus*, *Penicillium*

Introduction

Les céréales sont un groupe de plantes cultivées appartenant, botaniquement parlant, à la famille des Poacées dont les graines présentent par leur abondance et leur composition un intérêt majeur pour l'alimentation de l'homme et des animaux. Les graines alimentaires appartiennent à une dizaine d'espèces végétales. Les plus employées restent le blé, le maïs et l'orge [1].

Le choix de conditions convenables d'entreposage des graines de céréales pendant des périodes prolongées revêt une grande importance économique, surtout pour les régions sous-développées, où il n'est pas rare de perdre près de 30% de la récolte du fait des rongeurs, des insectes et d'autres facteurs de détérioration [2]. De mauvaises conditions d'entreposage peuvent provoquer divers phénomènes indésirables. La germination, qui peut intervenir une fois terminée la période de dormance, entraîne une protéolyse et une amylolyse défavorable en panification. La prolifération de moisissures provoque non seulement une hydrolyse de glycolipides et de phospholipides, mais peut donner lieu aussi à la formation de mycotoxines [3].

2.- Matériel et méthodes

2.1.- Blé tendre local et importé

Les échantillons de blé tendre local et importé sont prélevés le mois de décembre 2010 au niveau des silos en béton armé, situés au sein de l'office algérien interprofessionnel des céréales (OAIC) de la localité de Saida (Algérie) (fig. 1).

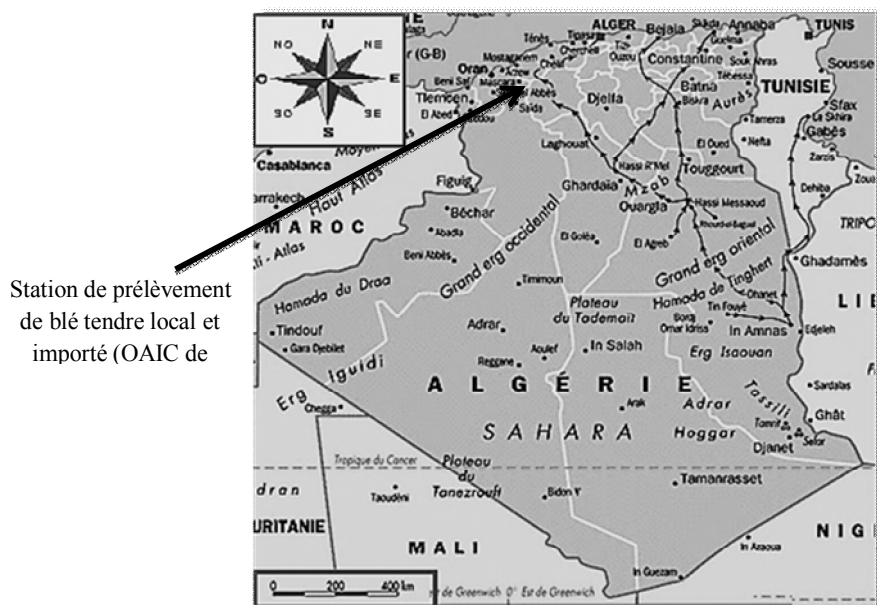


Figure 1.- Situation de la station de prélèvements des échantillons [4]

Trois échantillons de blé tendre local et importé pour de chacun, sont prélevés au hasard. Pour chaque lot variété de blé tendre, les échantillons sont mélangés puis divisés en trois. Ils sont transportés au laboratoire de l'université de Saida dans des sacs en papier kraft, pour des analyses physico-chimiques et microbiologiques.

2.2.- Analyses physico-chimiques

- Détermination du pourcentage des grains brisés

Les atteintes mécaniques du grain durant le stockage sont favorables aux développements des champignons et à l'attaque des insectes. Les grains endommagés deviennent un terrain favorable à l'infestation et à la pénétration de l'inoculum d'*Aspergillus* et de *Penicillium* à

l'intérieur de la graine, d'où l'importance de l'élimination des grains brisés. Il s'agit donc de comptabiliser les grains cassés par rapport à une prise d'essai de 100 grains représentatives de chaque lot de blé tendre à analyser [5].

- Détermination de l'humidité

C'est une méthode d'étuvage qui consiste à effectuer un séchage d'une prise d'essai de chaque échantillon à une température de 105 ± 2 °C jusqu'à l'obtention d'un poids constant et par la suite on calcule l'humidité de l'échantillon [5].

- Mesure du pH

Pour l'estimation de l'acidité ou l'alcalinité des échantillons, une solution est préparée à base de 45 ml d'eau distillée additionnée à 5 g d'échantillon. Après une heure de repos avec une agitation continue, la mesure du pH est réalisée à l'aide du pH-mètre type Hanna pH 209 [5].

2.3.- Qualités mycologiques

- Dénombrement de la flore fongique

La méthode de dilution (ou méthode indirecte) consiste à dénombrer les microorganismes des grains de céréales mises en suspension avec 45ml d'eau physiologique (le diluant) additionné de quelques gouttes de Tween 80. L'intérêt de cette méthode réside dans le fait que les propagules fongiques sont dénombrées à partir de la même suspension mère et qu'elles intègrent la flore interne et externe [5].

A partir de la dilution mère, des dilutions décimales sont réalisées pour chaque échantillon de variété de blé tendre prélevée (local et importé). Deux boîtes pour chaque dilution sont ensemencées avec 1 ml d'inoculum étalé en surface. L'incubation se fait à 25 ± 2 °C pendant 5 à 7 jours. Le milieu PDA acidifier est couramment utilisé pour le dénombrement de ces propagules fongiques [6].

- Identification des genres

Décrite par Haris [7], la technique de micro-culture consiste à inoculer les spores des moisissures sur une lame menée de petits carrés, de milieu PDA acidifié et les recouvrir par une lamelle. L'ensemble est conditionné dans une chambre stérile et humide puis incubé à 25 ± 2 °C pendant 3 à 5 jours. Après incubation, les lamelles auxquelles s'adhèrent le mycélium sont transférées sur d'autres lames stériles contenant quelques gouttes de lactophénol. Les observations microscopiques sont effectuées aux grossissements $\times 10$, $\times 40$ et $\times 100$. Les genres sont déterminés par les caractères cultureux et microscopiques en se référant au manuel de Barnett et Hunter [8].

- Identification des espèces

L'identification des espèces est réalisée par la méthode de Pitt [9] et Ramirez [10]. Cette méthode est dite « Single Spore », basée sur la relation entre l'activité de l'eau du milieu de culture et la température d'incubation. Elle consiste en l'inoculation de quelques spores d'une culture jeune dans des tubes à hémolyse contenant une suspension semi solide à base de 0,2% d'Agar et quelques gouttes de Tween 80. A partir de cette suspension, différents milieux de

cultures sont ensemencés. La lecture se fait après 7 à 14 jours d'incubation en se référant aux clefs d'identification de Pitt et Ramirez [9, 10].

3. Résultats

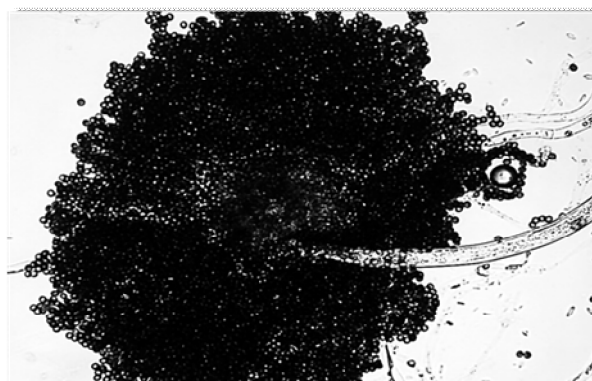
Sur les 100 grains prélevés, une constatation de l'état physique a été effectuée. Le blé tendre local présente un taux de grains cassés légèrement supérieur (5.34%) au blé tendre importé (4.32%).

Les deux variétés de blé tendre révèlent des taux d'humidités plus ou moins importantes. Elles sont respectivement de l'ordre de 10.23% et 11.57% pour celui du local et importé. Les valeurs moyennes du pH des différents échantillons du blé tendre, sont légèrement acides avec des valeurs moyennes de 6.71 pour le blé tendre importé et 6.60 pour le blé tendre local.

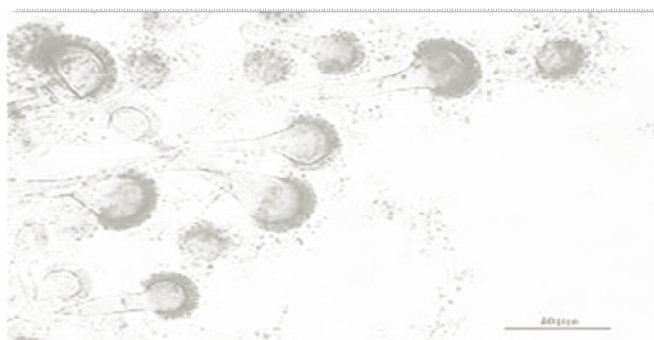
L'étude des caractères macroscopiques pourtant sur la couleur, l'aspect de colonie et le revers des boîtes, et microscopiques dont la forme de thalle et des spores des souches fongiques isolées, a permis d'identifier *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Fusarium*, *Cladosporium* et *Ulocladium* (photo 1)



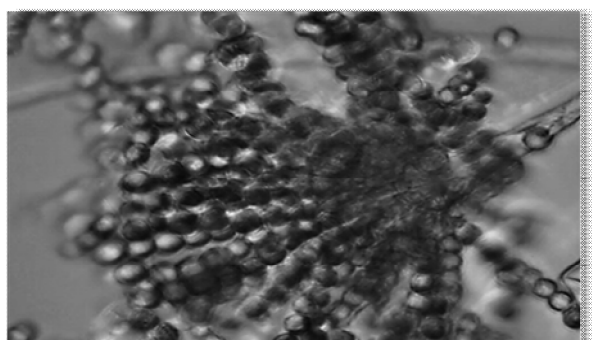
Aspergillus flavus



Aspergillus niger



Aspergillus fumigatus



Aspergillus ochraceus

Photo 1.- Aspect microscopique des souches *Aspergillus* et de *Penicillium*

Suivant les clefs d'identification de Pitt [9] et Ramirez [10], les espèces *Penicillium expansum*, *Penicillium indicum*, *Penicillium funiculosum*, *Penicillium restrictum*, *Penicillium hispanicum*, *Penicillium griseo-purpureum*, *Penicillium pelacanicum*, *Penicillium obscurum* et *Penicillium lilacinum*, sont identifiées. Pour les espèces du genre *Aspergillus*, il est identifié *Aspergillus flavus*, *Aspergillus clavatus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Aspergillus fischeri* et *Aspergillus ochraceus*.

L'utilisation du milieu PDA a permis de révéler les mêmes souches fongiques chez les deux variétés de blé tendre à des taux différents (fig. 2 et 3).

Les genres prédominants sont *Aspergillus* et *Penicillium*. Le taux de contamination par *Aspergillus* chez la variété locale est de 24.13×10^2 UF/g (fig. 2), et pour la variété importée de 18.98×10^2 UF/g (fig. 3). Le taux de contamination par *Penicillium* semble plus élevé chez la variété importée que chez la variété locale, avec respectivement de 13.5×10^2 UF/g et 8.33×10^2 UF/g (fig. 2 et 3).

Le genre *Aspergillus* de la variété locale, est représenté essentiellement par *Aspergillus fumigatus* avec un taux de contamination de 11.83×10^2 UF/g et *Aspergillus flavus* avec un taux de contamination de 4.33×10^2 UF/g (fig. 2). La variété de blé tendre importée est surtout contaminée par *Aspergillus fischeri* avec un taux de contamination de 6.5×10^2 UF/g et *Aspergillus fumigatus* avec un taux de contamination de 5.83×10^2 UF/g. L'espèce *Aspergillus parasiticus* est totalement absente sur cet échantillon (fig. 3).

Les genres *Cladosporiums*, *Alternarias*, *Ulocladiums* et *Fusariums*, retrouvés sur les deux variétés de blé tendre appartiennent à la flore de champ ou à la flore intermédiaire.

Il ressort des figures 2 et 3 que la mycoflore totale du blé tendre importé est plus élevée que celle de la variété locale. Elle est respectivement de 45.46×10^2 UF/g et 36.95×10^2 UF/g.

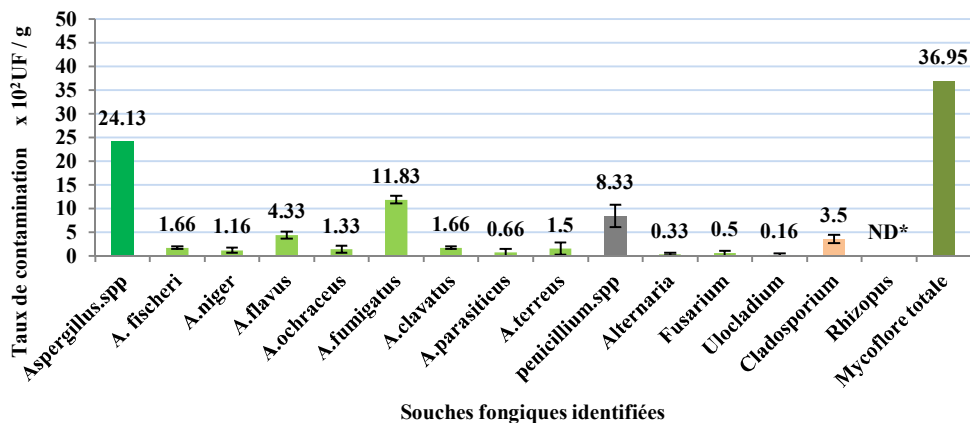


Figure 2.- Mycoflore du blé tendre local détectée sur milieu PDA (ND: indénombrable)

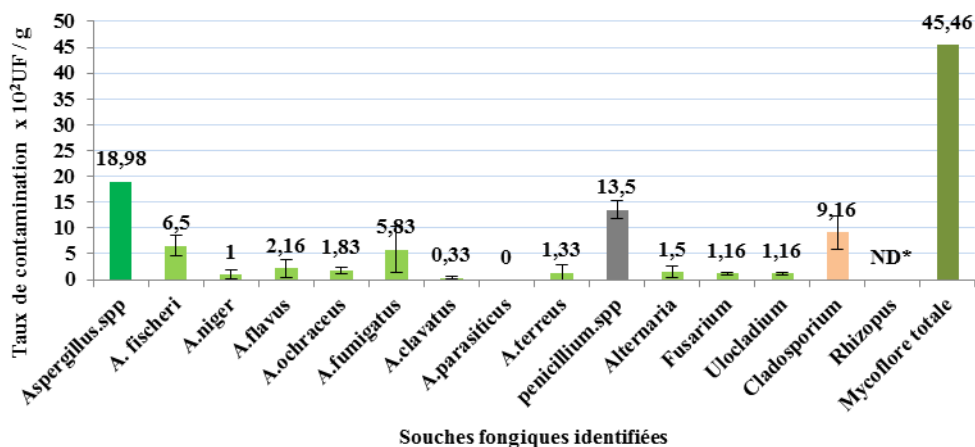


Figure 3.- Mycoflore du blé tendre importé détectée sur milieu PDA (ND: indénombrable)

4.- Discussion

Lors de la contamination du blé, les paramètres régulant la croissance fongique et permettant la production de toxines sont nombreux. On cite principalement la charge initiale en mycoflore, la présence de grains brisés, le taux d'humidité relative élevé, le pH et la température de stockage des grains [11].

Les résultats attribués à la qualité physico-chimique indiquent que les prélèvements analysés du blé tendre (local et importé) renferment un pourcentage de grains cassés supérieur au pourcentage fixé par les normes commerciales qui imposent qu'un blé tendre de qualité ne doit pas dépasser un pourcentage de 3% de grains cassés [12]. Cette augmentation dans le nombre des grains cassés pouvait être expliquée par plusieurs facteurs pouvant influencer l'état physique du grain de blé, notamment celui du local, tels que les mauvaises conditions de récolte, les caractéristiques de chaque variété, les défaillances mécaniques des appareils et surtout aux chocs infligés aux grains lors du transport mécaniques aux silos. La présence de grains brisés ne peut que favoriser le développement de foyer de contamination et par conséquent, elle ne peut être qu'en défaveur d'un stockage de longue durée [13].

L'humidité relative qui est la quantité d'eau libre disponible dans l'échantillon est responsable de plusieurs phénomènes d'altération biologique de l'aliment notamment mycologique. Les faibles teneurs en humidité relative permettent de classer les échantillons dans la catégorie des produits peu hydratés; avantage qui n'exclut pas leur contamination par une flore fongique xérotolérante prépondérante [14]. Notant que beaucoup de produits pauvres en eau libre non altérables par les bactéries peuvent donc être altérés par les champignons [15].

Le taux d'humidité relative élevé enregistré pour le blé tendre importé peut être dû au transport maritime des blés tendres d'importations et les conditions climatiques des pays d'exportation [15].

Les mesures de pH des échantillons révèlent un pH légèrement acide à neutre. Selon Duron, les champignons peuvent se développer à des pH compris entre 3 et 8 avec un optimum de croissance compris entre 5 et 6. Les échantillons de la présente étude constituent un milieu favorable pour le développement des champignons [15].

L'étude de la qualité microbiologique du blé tendre (local et importé) a révélé un taux de contamination total diffère d'une variété à une autre. Le blé tendre importé présente un taux considérablement élevé rapport au blé tendre local, ce qui était rapporté dans les travaux de Tahani [13].

La différence de contamination fongique entre les deux variétés de blé tendre s'explique par la composition biochimique différente du blé tendre importé par rapport au blé tendre local. Cette différence est influencée parfois par les conditions climatiques, le stockage (humidité, température et système de ventilation) et l'installation d'une charge fongique importante, ce qui peut entraîner une modification qualitative et quantitative de la mycoflore [16]. Wilson *et al*, rapportent que la contamination fongique des céréales au champ ou pendant le stockage est directement liée aux conditions hydrothermiques [17].

De plus, la variété importée présente un taux d'humidité élevé et selon Benmansour-Bixi [18], les moisissures de stockage sont capables de croître sur des substrats contenant 10 à 18% d'humidité, avec un optimum de croissance compris entre 11 et 13 %. Multon et Berthier [5, 19], indiquent que ce développement fongique est favorisé par la relation entre la température et l'humidité.

La flore fongique totale du blé tendre stocké est constituée essentiellement de moisissures filamenteuses, très sporulantes, dotées d'un grand pouvoir de dissémination dont les genres *Aspergillus* et *Penicillium* sont les plus rencontrés [13].

Les genres de moisissures rencontrés dans les échantillons sont des contaminants de denrées alimentaires maltraitées mais surtout mal conservées. Ils sont considérés comme contaminants de stockage des céréales et leurs dérivés [5,19].

La dominance du genre *Aspergillus* dans la flore contaminante des céréales est signalée dans plusieurs travaux [20,16]. Ainsi, les espèces du genre *Aspergillus* sont considérées comme des moisissures de stockage [21].

Parmi les espèces fongiques appartenant au genre *Aspergillus*, il faut souligner la grande dominance d'*Aspergillus fumigatus* suivi d'*Aspergillus flavus*. Cette fréquence de contamination importante est accompagnée aussi par une production de mycotoxines. Si cette présence de flore fongique est surprenante, ce n'est pas la première fois qu'une telle contamination est observée. En effet, des enquêtes récentes menées en Italie, rapportent la présence de flore productrice de mycotoxine dans les certaines matières premières et aliments [22].

Les autres souches isolées des genres *Rhizopus*, *Alternaria* et *Fusarium*, sont naturellement présentes sur les cultures en plein champs et dans le sol [21]. La forte fréquence du genre *Alternaria* dans le blé tendre importé semble être due à l'humidité élevée de cet échantillon [23].

Le genre *Fusarium* est retrouvé sur les deux variétés de blé tendre, ce qui est déjà signalé par les travaux de Curtui [24], mais aussi certains pays du Nord de l'Europe comme le Nord de la France, l'Allemagne, la Norvège, la Belgique, la Pologne ou les Pays-Bas [25, 26, 27].

Dans l'ensemble, le taux de contamination élevé, ainsi que la biodiversité assez importante constatés dans les différentes variétés du blé tendre peuvent être expliqués probablement par la qualité, la durée et les conditions de stockage [28].

5.- Conclusion

La présence des grains cassés, dans les échantillons prélèvements, constitue un point d'entrer facile et très probable de plusieurs microorganismes notamment les moisissures attirées par la matière organique présente dans le blé tendre. Depuis la récolte jusqu'au son arrivé aux silos de stockage, plusieurs paramètres doivent être pris en compte tels que les moyens de transport, les conditions de stockage, le lieu de stockage, le nettoyage des grains, les traitements effectués au niveau des silos et enfin la durée de stockage.

En général, la précaution doit être toujours maintenue et la démarche assurance qualité doit être suspectée lors de toutes les étapes de la production céréalières depuis la récolte jusqu'au produit fini et surtout au niveau du stockage, la phase la plus sensible et la plus longue favorisant le développement des champignons.

Références bibliographiques

- [1].- Reed, C., 1992.- Development of storage techniques: A historical perspective. In Storage of Cereal Grains and Their Products. Edited by D. B. Sauer, St Paul: 143-156.
- [2].- Druvefors U. Ä., 2004.- Yeast Biocontrol of Grain Spoilage Moulds Mode of Action of *Pichia anomala*. Doctoral thesis. University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. Agraria: 44-466.
- [3].- Cheftel, J. C. et Cheftel, H., 1977.- Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Technique et Documentation Lavoisier, Paris: 105-130.
- [4].- ENCARTA, 1998.- Digital multimedia encyclopedia published by Microsoft Corporation.
- [5].- Multon J. L., 1982.- Conservation et Stockage Des Grains et Graines et Produits Derivés-Céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux. Ed. Lavoisier, Paris, 576 p.
- [6].- Larpent J. P., 1990.- Moisissures Utiles et Nuisibles, Importance Industrielle. Ed. Masson, Paris, 512 p.
- [7].- Haris C., 1989.- Introduction to modern microbiology. Blackwell scientific publication, 179 p.
- [8].- Barnett H. L. et Hunter B. B., 1972.- Illustrated genera of Imperfect fungi. Ed. Burgess publishing company, Minnesota: 62-197.
- [9].- Pitt J. I., 1973.- An appraisal of identification methods for *Penicillium* species. Novel taxonomic criteria based on temperature and water relations. Mycology 65: 1135-1157.
- [10].- Ramirez C., 1982.- Manual and atlas of the *Penicillium*. Elsevier Biomedical Press, Amsterdam: 231-236.
- [11].- Zia-Ur-Rahman K., 2006.- Storage effect on nutritional quality of commonly consumed cereals. Food Chemistry, 95: 53-57

- [12].- Molinié A., Faucet V., Castegnaro M. and Pfohl-Leskowicz A., 2005.- Analysis of some breakfast cereals collected on the French market for their content in OTA, Citrinin and Fumonisin B1. Development of a new method for simultaneous extraction of OTA and Citrinin. *Food chemistry*, 92: 391-400.
- [13].- Tahani N., Elamrani A., Serghini-Caid H., Ouzouline M. et Khalid A., 2008.- Isolement et Identification de souches de moisissures réputées toxigènes. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn*, 2 (01) : 81-91.
- [14].- Belli N., Marin S., Sanchis V. and Ramos A. J., 2004.- Influence of water activity and temperature on growth of isolates of *Aspergillus* section *Nigri* obtained from grapes. *International Journal of Food Microbiology*, 96 : 19-27.
- [15].- Duron B.S., 1999.- Le Transport Maritime des Céréales. Mémoire de D.E.S.S. Université d'Aix-Marseille, 81 p.
- [16].- Le Bars J. et Le Bars P., 1987.- Les moisissures des denrées alimentaires et leurs conséquences. Conférences prononcées dans le cadre de la réunion de la "Section Midi-Pyrénées" à Toulouse, le 18 septembre 1987, (cf. Bulletin de l'Association des Anciens élèves de l'Institut Pasteur, 4^e trimestre 1987).
- [17].- Wilson D. M., Mubatanhema W. and Jurjevic Z., 2002.- Biology and ecology of mycotoxigenic *Aspergillus* species as related to economic and health concerns. *Adv. Exp. Med. Biol* 504 : 3-17.
- [18].- Benmansour-Brixi G. N., 2005.- Étude microbiologique et mycotoxicologique des blés stockés dans la région de Tlemcen et l'influence des facteurs physiques sur l'aflatoxinogénese. Thèse de magister de biologie, Université de Djillali liabes de Sidi Bel Abbés, 241 p.
- [19].- Berthier J. et Valla G., 1998.- Moisissures - Mycotoxines et Aliments : du Risque à la Prévention. Université Claude Bernard, Lyon : 05-20.
- [20].- Riba A., Sabaou N., Mathieu F. et Lebrihi A., 2005.- Premières investigations sur les champignons producteurs d'Ochratoxine A dans la filière céréale en Algérie. Symposium Euro-Maghrébin sur les contaminants biologiques chimiques et la sécurité alimentaire, Fès.
- [21].- Withlow L.W. and Hagler W. M., 2001.- Mycotoxin contamination of feedstuffs-An additional stress factor for dairy cattle. North Carolina State University, Raleigh, NC. Symposium sur les bovins laitiers. CRAAQ, Québec.
- [22].- Pietri A., Bertuzzi T., Pallaroni L., and Piva G., 2004.- Occurrence of mycotoxins and ergosterol in maize harvested over 5 years in northern Italy. *Food Addit. Contam* 21: 479-487.
- [23].- Weinderbörner G., 2000.- Whole wheat and white wheat flour; the mycobiota and potential mycotoxins. *Food Microbiology*, 17: 103-107.
- [24].- Curtui V., Usleber E., Dietrich R., Lepschy J. and Martlbauer E., 1998.- A survey of the occurrence of mycotoxins in wheat and maize from western Romania. *Mycopathol*, 143: 97-103.

[25].- Iisebaert S., Haesaert G., Devreese R., Maene P., Fremaut F. and Vlaemynck G., 2005. *Fusarium spp* and *Fusarium mycotoxins* in maize: a problem for Flanders. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.*, 70: 129-136.

[26].- Krysinska-Traczyk E., Perkowski J. and Dutkiewicz J., 2007.- Levels of fungi and mycotoxins in the samples of grain and grain dust collected from five various cereal crops in eastern Poland. *Ann. Agric. Environ. Med.*, 14: 159-167.

[27].- Schollenberger M., Muller H. M., Ruffle M., Suchy S., Plank S. and Drochner W., 2006.- Natural occurrence of 16 *Fusarium* toxins in grains and feedstuffs of plant origin from Germany, *Mycopathologia*, 161 (1): 43-52.

[28].- Davis N. D. and Diener U. L., 1987.- *Mycotoxins*, in: *Food and Beverage Mycology*. Ed. Van Nostrand Reinhold, New York: 517-570.

IMPACT DE LA GESTION DES EAUX SUR LE DÉVELOPPEMENT DES OASIS SAHARIENNES

SAKER Mohamed Lakhar*, DADDI BOUHOUN Mustapha et OULD EL HADJ Mohamed Didi

Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides,

Université Kasdi Merbah-Ouargla BP 163 Ouargla 30000 Algérie

E-mail : sakermohamedlakhdar@yahoo.fr

Résumé- *Les oasis sahariennes n'ont cessé de jouer et jouent toujours un rôle essentiel sur les plans socio-économique et écologique. Elles constituent un lieu qui présente un intérêt certain pour le développement des régions sahariennes, à travers notamment une exploitation raisonnée et judicieuse des ressources en eau qui lui sont nécessaires. Mais malgré ces atouts, ces dernières restent confrontées à plusieurs difficultés qui entravent leur développement, particulièrement l'impact de la gestion des eaux. Pour cela, il est nécessaire de mettre en place un programme de réhabilitation et de développement de ces oasis, à travers la mise en œuvre d'actions concrètes, leur permettant de jouer pleinement leur rôle dans le cadre de l'agronomie saharienne en particulier et le développement des régions sahariennes en général.*

Mots clés : *Impact, gestion, oasis sahariennes, eau, développement.*

IMPACT OF WATER MANAGEMENT ON THE DEVELOPMENT OF SAHARA OASES

Abstract- *The saharan oases have always played and still play an essential role in the socio-economic and ecological plans. They present an interest for the development of the Saharan regions, notably through a rational and judicious use of water resources it needs. But despite these advantages, they remain confronted several difficulties hindering their development, particularly the impact of water management. For this, it is necessary to implement a program of rehabilitation and development of these oases, through the implementation of concrete actions, allowing them to play their full role as part of agronomy Saharan Africa in particular and development of the saharan regions in general.*

Key words: *Impact, management, saharan oases, water, development.*

Introduction

La gestion des ressources en eau conditionne le développement économique et social des oasis sahariennes. Cependant, leur mobilisation a connu une évolution appréciable au cours de la dernière décennie, compte tenu des orientations, dictées par la politique nationale, relative au développement local et régional saharien [1]. Elles mettent aussi l'accent sur une exploitation rationnelle des ressources en eau, tout en accordant la priorité à la mise en place des meilleures conditions de viabilité technique, économique, sociale et écologique des programmes utilisés [2]. Cela repose sur la disponibilité d'importantes ressources en eau dans ces oasis. Leur valorisation et leur impact sur le développement local restent conditionnés d'après KADRI *et al.* [3] par une utilisation rationnelle, planifiée et réfléchie. Selon CÔTE [4], la mauvaise gestion des ressources en eau dans les oasis a conduit à la remontée des nappes phréatiques, comme à Ouargla [5]. Cette étude se propose de donner un aperçu sur les ressources en eau, analyser leur niveau d'exploitation et de gestion, sur la base de données estimées. Elle se propose aussi de mettre en évidence les problèmes posés, et proposer des solutions concrètes, pour améliorer la situation des

ressources en eau dans les oasis sahariennes, dans le cadre d'une perspective de développement durable.

1.- Approche méthodologique

Notre approche méthodologique consiste à faire le point sur la situation des ressources en eau dans le sud algérien, et mettre en évidence les problèmes posés. Cette première approche nous permet de proposer des solutions et d'envisager des perspectives de développement de ces ressources.

2.- Résultats et discussions

2.1.- Situation des ressources en eau

Les potentialités en eau exploitables dans les zones sahariennes sont, selon le modèle ERESS de 1985, de l'ordre de 5 milliards m^3 /an et ce jusqu'à l'horizon 2040. Cependant, le modèle SASS de 2002, prévoit 6 milliards de m^3 /an jusqu'à 2030. Ces rythmes d'exploitations peuvent entraîner la disparition de l'artésianisme, la dégradation de la qualité des eaux, le tarissement des aquifères, et finalement l'assèchement des puits et des foggaras. Les potentialités des nappes du complexe terminal (CT) et intercalaire (CI) sont les principales ressources en eau dans les zones sahariennes. Elles sont estimées à 141.089 l/s, dont 64% pour CT et 36% pour CI [6]. On peut retenir que les ressources en eau sont très variables d'une région à une autre, concernant les grands aquifères, avec de fortes contraintes de salinité, de température et de profondeur. Par contre, elles sont faibles dans les autres nappes, avec des perspectives d'exploitation supérieure limitées. Elles sont très aléatoires pour les ressources superficielles, qui ne sont guère valorisables que dans une économie extensive. Pour une gestion raisonnée de ces ressources en eau, il est prévu une mobilisation pour l'horizon 2010 d'environ 156.000 l/s, soit environ 5 milliards de m^3 d'eau annuellement au profit des régions sahariennes, qui seraient assurés par les deux nappes [7].

L'état actuel des connaissances [8], estime que le volume prélevé est de 1,49 milliards m^3 /an, dont 47 % pour le CT et 53 % pour le CI. Les prélèvements par wilaya font apparaître que l'exploitation du CT prédomine dans les wilaya de Ouargla et Oued Souf, par contre, le CI représente la source principale dans les autres wilaya du sud algérien (fig. 1).

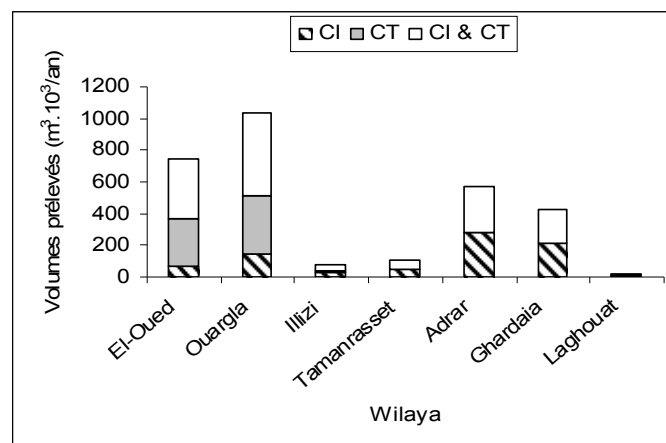


Figure 1.- Prélèvements des eaux dans les wilaya du sud algérien

La répartition des volumes prélevés entre les différents secteurs économiques sont environ 73% pour le secteur agricole et 27% pour les autres secteurs. Les volumes d'eau mobilisés pour l'irrigation varient par wilaya, selon les superficies irriguées (fig. 2). Les wilaya d'Adrar, Oued Souf et Ouargla présentent les plus grandes superficies irriguées.

Dans ce contexte, les pertes en eau enregistrées dans les réseaux d'irrigation sont estimées à 40%, et oscillent en général entre 30 et 60% [1]. Les eaux des nappes peu profondes, alimentées par les eaux de pluie, d'importance moyenne, mal étudiées et mal évaluées, servent à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation agricole de surfaces modestes de certaines zones sahariennes. Globalement, on peut dire que dans ces conditions, les débits n'ont pas connu une évolution significative (fig. 3), surtout entre 1970 et 1987, et sont très loin de répondre à la norme qui recommande un débit de 0,8 à 1 l / s / ha. Ils représentent seulement 30% des besoins réels des cultures. Aussi, les prévisions de débit de 0,62 l / s / ha pour 2010 reste très loin de répondre aux besoins de l'activité agricole saharienne [9].

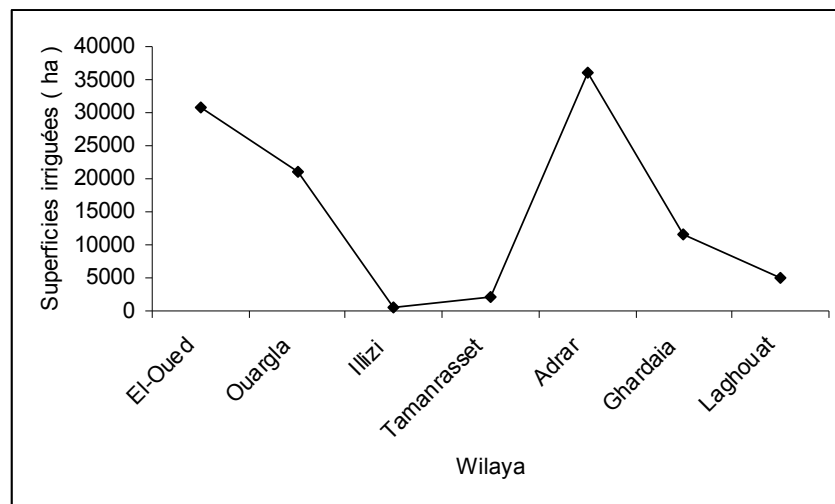


Figure 2.- Superficies irriguées dans les wilaya du sud algérien

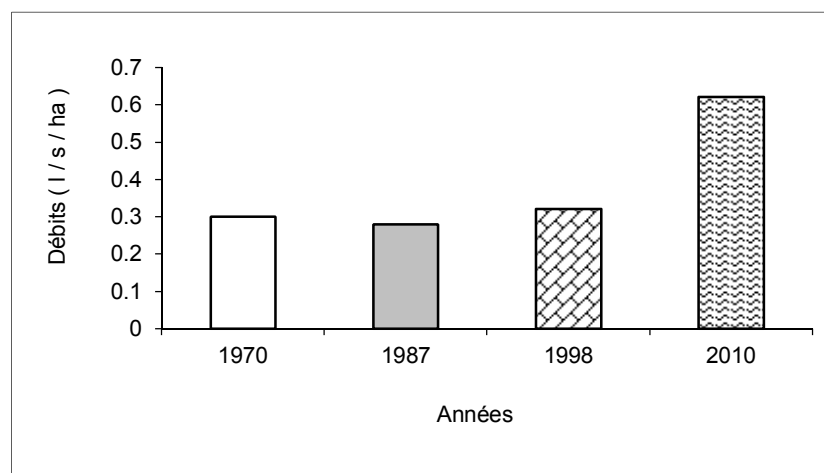


Figure 3.- Evolution des débits fictifs continus par surfaces irriguées

Le plan de développement des ressources en eau des régions sahariennes doit conduire

nécessairement à un développement durable [10], de ce principe, découlent plusieurs conséquences :

- L'utilisation des ressources en eau doit être maîtrisée autant que possible.
- Le développement n'est pas seulement une affaire de capitaux, mais d'abord d'hommes, de compétence et de savoir-faire.

2.2.- Perspectives de développement des ressources en eau

Le développement des ressources en eau ne doit pas être perçu comme l'unique élément pouvant contribuer au développement économique et social des oasis sahariennes, mais au contraire, il doit être intégrée dans un processus de développement global [11]. Ces ressources commandent la définition d'un plan de développement local, à travers une exploitation raisonnée pour garantir un développement durable.

Les actions à mener touchent plusieurs volets. En premier lieu, il faut réaliser un bilan complet des forages, puits et foggaras. Les CI et CT doivent être exploités rationnellement. Il est primordial d'effectuer le suivi périodique des débits d'exploitation des aquifères. Le contrôle de la qualité des eaux est utile, permettant l'orientation de l'utilisation des ressources en eau pour les différents secteurs économiques. Selon TOUTAIN [12], ce contrôle permet une bonne gestion dans le secteur agricole, et peut conduire à une salinisation des sols [13].

Le développement durable nécessite une stratégie à long terme pour assurer un certain pilotage visant la réalisation de perspectives de développement sur des bases de données suffisantes, résultant de la coordination des différentes structures impliquées (ANRH, DHW, CDRAS, ITDAS, etc.), appuyées par des recherches pluridisciplinaires [14]. La valorisation des ressources en eau à travers une exploitation judicieuse, en vue d'arriver à un développement durable, qui exige impérativement d'associer largement les populations locales [15]. Il faut qu'elles puissent tirer profit de tout programme de développement, notamment en diversifiant et en améliorant les revenus. Selon MAMOU et KASSAH [16], la réutilisation des eaux et leur économie semblent nécessaires pour répondre à la demande accrue du futur.

3.- Conclusion

L'objectif souhaité aujourd'hui est d'assurer une bonne gestion des ressources en eau, à travers la maîtrise des différents paramètres, gérant l'exploitation et l'utilisation rationnelle, qu'offrent les conditions du milieu oasien. L'essentiel ne réside pas sans doute dans l'aménagement, mais plutôt dans l'immatériel: l'acquisition de références sérieuses, la structuration et le renforcement des filières de gestion constituent des actions prioritaires. Il est bien évident que toutes ces actions seraient vaines et ne sauraient atteindre leur but, que dans la mesure où elles s'inscrivent dans le cadre d'un plan d'aménagement et de développement global, soutenu par les pouvoirs publics, appliqué et suivi par les services techniques spécialisés compétents.

Références bibliographiques

[1].- CDARS, 2000.- Synthèse sur le développement des régions sahariennes. Ouargla, 17 p.

[2].- Dubost D., 1991.- "Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis sahariennes algériennes ". Thèse Doct., Université François Rabelais, Tours, 544 p.

- [3].- Kadri A., Van Ranst E. and Baert G., 1997.- Strategies for sustaining agricultural productivity of irrigated lands in the oasis of south Tunisia. Proceeding of the international symposium on sustainable management of salt affected soils. Cairo, Egypt, 21-22 september : 140-147.
- [4].- Côte M., 1998.- Des oasis malades de trop d'eau. *Sécheresse*, 9 (2): 123-130.
- [5].- Idder T., 1998.- La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara algérien. Impacts des rejets d'origine agricole et urbaine et techniques de remédiation proposées. L'exemple de Ouargla. Thèse Doct., Université Angers, 325 p.
- [6].- ABH, 2006.- Cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Sahara septentrional. Document de synthèse de la l'agence du bassin hydrographique du Sahara, Ouargla, 40 p.
- [7].- BNEDER, 1999.- Plan de développement des régions sahariennes. Alger , 47 p.
- [8].- ANRH, 2004.- Gestion des ressources en eau au Sahara algérien. Rapport de l'agence nationale des ressources en eau, Ouargla, 17 p.
- [9].- CDARS, 1999.- Valorisation des ressources hydriques et le développement agricole saharien. Ouargla, 30 p.
- [10].- ITDAS, 1997.- Les possibilités de développement de la culture du palmier dattier. Ain Bénoui, Biskra, 27 p.
- [11].- CDARS, 1997.- Situation de la mise en valeur dans les zones sahariennes. Ouargla, 13 p.
- [12].- Toutain G., 1999.- L'agriculture paysanne oasisienne et le marché mondial. *Agroéconomie des oasis*, GRIDAO, Montpellier: 169-182.
- [13].- Daddi Bouhoun M., 1997.- Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : Cas du M'Zab. Thèse de Magister, INA, Alger, 180 p.
- [14].- Saker M. L., 2000.- Les contraintes du patrimoine phoenicicole de la région de l'Oued Righ et leurs conséquences sur la dégradation des palmeraies. Problèmes posés et perspectives de développement. Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 335 p.
- [15].- Saker M. L., 1993.- Contribution à l'étude des problèmes de la formation agricole dans le sud algérien. DEA, Université des sciences humaines , Strasbourg, 20 p.
- [16].- Mamou A. et Kassah A., 2000.- Economie et valorisation de l'eau en Tunisie. *Sécheresse*, 11 (4): 249-256.

COMPOSITION SPÉCIFIQUE DE LA PLANTE *Marrubium deserti* DE LA RÉGION DE GHARDAÏA (SAHARA SEPTENTRIONAL EST ALGÉRIEN)

CHEBROUK Farid^{1*}, HAMMOUDI Rokia¹, HADJ MAHAMMED Mahfoud¹,
FERFAD TAHA Bachir²

⁽¹⁾Laboratoire de biogéochimie des milieux désertiques, Université Kasdi Merbah-Ouargla
BP 511 Ouargla 30000 Ouargla, Algérie, Email : chebroukfarid@yahoo.fr

⁽²⁾ Centre de recherche et d'Analyses physico-chimiques, USTHB, Bab Ezzouar, Alger, Algérie

Résumé- Les huiles essentielles du *Marrubium deserti*, obtenues par entraînement à la vapeur d'eau, ont été analysées par GC-MS à impact électronique. L'analyse a abouti à l'identification de 27 composés constituant (62,91%) de l'huile essentielle et appartenant essentiellement à la classe des sesquiterpènes, comme elle a aussi avéré la pauvreté de l'huile en monoterpènes et composés apparentés. Les composés majoritaires sont : le δ -cadinène (17,63%), germacrène D (7,01%), triméthylpentadeca-2-one (4,61%) et 9-méthyl-undécène (4,17%). De plus, une composition spécifique, en hydrocarbures à un nombre impair d'atomes de carbone et diverses structures particulières ont été rapportées pour la première fois chez les espèces du genre *Marrubium*.

Mots clés : *Marrubium deserti*, sesquiterpènes, GC-MS, huiles essentielles.

COMPOSITION OF ESSENTIAL OILS OF *Marrubium deserti* FROM GHARDAIA (SEPTENTRIONAL EAST ALGERIAN SAHARA)

Abstract- The extraction of essential oils from *Marrubium deserti* leaves has been carried out using the water steam practice. The analysis of the essential oils by GC-MS, showed that 27 components representing 62,91% of the oil and mainly belonging to the class of sesquiterpenes. The major constituents were δ -cadinene (17,63%), germacrene D (7,01%) trimethylpentadeca-2-one (4,61%) and 9-methyl-undecene (4,17%). The results were showed the existence of diverse particular structures that have been detected for the first time in *Marrubium* species. In another hand several abundant alkanes belonging to the odd-numbered carbon atom series have been identified.

Key words: *Marrubium deserti*, essential oils, sesquiterpenes, GC-MS

Introduction

Le genre *Marrubium* comporte quelque 40 espèces, répandues principalement le long de la Méditerranée, les zones tempérées du Continent Eurasien et quelques pays d'Amérique Latine [1,2,3]. Les espèces *Marrubium*, connues pour leurs propriétés médicinales, trouvent d'ores et déjà une large utilisation en médecine traditionnelle et en phytothérapie [4].

Le genre *Marrubium* est riche en polyphénols, en particulier les flavonoïdes et les phénylpropanoïdes [5,6]. Il convient aussi de signaler la présence d'acides phénoliques (dérivés d'acide cinnamique) et de certains polymères comme les lignanes [7]. La présence de diterpénoïdes labdanes est aussi une autre marque chimiotaxonomique. Cette famille de composés naturels est jusqu'à présent la plus explorée dans le genre *Marrubium* [8,9,10].

Certaines espèces du genre *Marrubium* (*M. globosum* [11]; *M. vulgare*, *M. alternidens* Rech [12]; *M. peregrinum* [13]; *M. Cuneatum* Russell [14]; *M. parviflorum* [15]; *M. velutinum* [16]) sont connues par l'élaboration des huiles essentielles.

La composition chimique des huiles essentielles des espèces du genre *Marrubium*,

poussant dans diverses parties du monde, a fait l'objet de nombreux travaux et différents chémotypes ont été définis. Nous citons spathuléol, β -caryophyllène, oxyde caryophyllène, germacrène D et bicyclogermacrène chez le *M. globosum subsp. Globosum* [17]; Bicyclogermacrène et Germacrène D chez le *M. Cuneatum* Russell [14]; β -caryophyllène chez le *M. parviflorum*; β -Bisabolène chez le *M. vulgare* [15]; γ -muurolène, β -caryophyllène, β -caryophyllène oxyde chez le *M. velutinum* [16]

Marrubium deserti, une espèce endémique en Algérie, est une plante médicinale utilisée par les populations de plusieurs régions Sahariennes (Ouargla, Ghardaïa, EL-Goléa, etc.) pour traiter diverses maladies [18]. Dans le cadre de la valorisation de la flore médicinale spontanée dans la région Est du Sahara septentrional Algérien, l'intérêt s'est porté sur cette plante.

L'objectif de cette étude est de déterminer la composition chimique des huiles essentielles de la plante *Marrubium deserti*, poussant à l'état sauvage dans la région de Ghardaïa et qui demeure de nos jours inexplorée chimiquement.

2.- Matériel et méthodes

2.1.- Matériel végétal

Les parties aériennes du *Marrubium deserti* sont récoltées le 02/04/2008 dans la localité de Seb Seb (Wilaya de Ghardaïa, Algérie), située à une altitude environ 450m. L'espèce fut identifiée au département de botanique de l'Institut National d'Agronomie à El Harrach (Alger), par Docteur BENHOUBOU Salima.

Les biomasses ont été séchées pendant une semaine à la température ambiante du laboratoire (25 - 28°C).

2.2.- Extraction des huiles essentielles

Les biomasses utilisées pour l'extraction des huiles essentielles sont composées des feuilles et fleurs du *Marrubium deserti*. L'extraction a été réalisée par entraînement à la vapeur d'eau dans un dispositif traditionnel conçu au laboratoire. L'extraction a été effectuée durant quatre heures sous pression atmosphérique.

La vapeur d'eau enrichie de constituants volatils est condensée puis décantée à 25 °C. Les huiles essentielles ainsi obtenues sont extraites par l'éther et conservées à 4°C dans des tubes sous abri de la lumière jusqu'à leur usage.

2.3.- Analyse chimique des échantillons

Le spectromètre de masse HP 82350A à quadripôle, équipé d'un détecteur à impact électronique, est couplé à un chromatographe en phase gazeuse HP 6890 SERIES. La colonne capillaire 5% Phényl Méthyl Siloxane possède les caractéristiques suivantes (longueur: 30 m; diamètre interne: 0.25 mm; épaisseur du film: 0.25 μ m).

Les conditions opératoires sont :
– température de l'injecteur splitless : 250 °C,
– programmation de température : 45°C (6 min), puis élévation jusqu'à 250°C à raison de 2°C /min et en isotherme (250°C) pendant 14 min,

- gaz vecteur : He à 0.7 ml/min,
- volume injecté : 1µl,
- mode: split less,
- vitesse de balayage : 2.43 scan/s.

Les températures de la source et du quadripôle sont fixées à 230°C et 150°C respectivement; énergie d'ionisation 70 eV; gamme de masse: 27 à 550 Th.

2.4.- Identification des constituants

Les différents constituants des huiles essentielles sont identifiés par comparaison de leurs spectres de masse avec ceux des composés des bases de données internes (HP Chemstation Nist 02 et Wily 07) du logiciel d'identification Agilent GC-MSD Chemstation.

Diverses confirmations sont obtenues par comparaison des indices de rétention des composés (calculés à partir des temps de rétention d'une gamme étalon d'alcane (C_8-C_{28})) avec ceux connus dans la littérature. La série d'alcane est injectée sur le même type de colonne et dans les conditions opératoires, déjà précitées ci-dessus.

3.- Résultats et discussion

27 composés qui constituent (62,91%) de l'huile essentielle, sont identifiés; les composés majoritaires sont le δ -cadinène (17,63%), germacrène D (7,01%), triméthylpentadeca-2-one (4,61%) (tab. I).

Tableau I.- Composition chimique des huiles essentielles de *Marrubium deserti*
(TR : temps de rétention, KI : indice de rétention, tr : traces (< 0,06))

Pic	TR	KI	Composés	Pourcentages relatifs (%)
1	12,58	901	3,4-epoxypentan-2-one	0.19
2	16,88	972	2,4-dimethylOcta-2,6-diène	1.19
3	29,19	1134	1,2-DimethylCyclopenta-1,3-diène	0.09
4	44,71	1339	9-Méthyl-undec-1-ène	4.17
5	45,23	1346	α -Cubebène	0.97
6	45,77	1362	α -Bourbonène	0.24
7	46,36	1370	β -Elemène	0.30
8	47,90	1390	β -Cubebène	0.56
9	51,72	1459	Germacrène D	7.019
10	52,08	1466	α -Curcumène	0.51
11	52,98	1482	α -Amorphène	Tr
12	53,80	1498	Trans- β -bergamotène	0.79
13	54,01	1501	Zingiberène	Tr
14	54,35	1506	δ -Cadinène	17.62
15	56,84	1542	1-Isopropyl-1-methyl-2-nonylcyclopropane	0,48
16	61,43	1611	β -Eudesmol	0.16
17	71,84	1808	6, 10,14-TrimethylPentadecan-2-one	4.61
18	76,86	1915	Isophytol	0.20
19	83,83	2082	Hineicosane	1.28

20	84,47	2098	Cis-phytol	4.28
21	91,13	2249	4-Pentyl-1-(4-propylcyclohexyl)cyclohexène	3.53
22	92,34	2277	Tricosane	3.85
23	96,34	2376	Bis(2-ethylhexyl)hexanedioate	1.14
24	100,40	2493	Pentacosane	1.82
25	107,00	2699	Heptacosane	4.52
26	111,32	-	Squalène	1.01
27	114,77	-	Dotriacontane	2.39

La distribution en pourcentage des constituants de H.E de *M. deserti* montre que les terpènes dominent dans la composition de H.E ; en particulier les sesquiterpènes (tab. II). Cela est en accord avec la littérature où il a été déjà cité que la famille des lamiacées est connue par l'élaboration des sesquiterpènes [17].

Tableau II.- Distribution (%) des constituants de H.E de *M. deserti*

Constituants	Pourcentages (%)
Sesquiterpènes et dérivés	57,75
Diterpènes et dérivés	7,56
Alcanes	22,03
Autres composés	12,66

Les sesquiterpènes ont souvent constitué les chémotypes des huiles essentielles du genre *Marrubium* (germacrène D, β -phellandrène, bicyclogermacrène, epi-bicyclosesquiphellandrène, β -caryophyllène et oxydes, etc.). Le germacrène D, en particulier, a été présenté comme chémotype de plusieurs espèces *Marrubium* tel que le *M. globosum subsp. Globosum*, *M. Cuneatum* Russell et *M. peregrinum* [1,14,17].

À la meilleure connaissance des auteurs, 9-Méthyl-undec-1-ène n'a jamais été rapporté comme constituant majoritaire des huiles essentielles du genre *Marrubium*, il représente selon toute vraisemblance, un nouveau chémotype typique de la région.

La 6,10,14-Triméthylpentadécane-2-one semble être un composé abondant des huiles essentielles du genre *Marrubium*. Elle constitue 3% de l'huile essentielle du *M. globosum subsp. Globosum* [11].

L'analyse des huiles essentielles de *Marrubium deserti* a révélé la présence de quelques alcanes linéaires à un pourcentage remarquable. Un modèle très semblable est déjà remarqué dans les huiles essentielles extraites de la cire épicuticulaire des feuilles de la plante *Protium icicariba* et *MicrophyllabBursera*. Skorupa *et al.* (1998) ont déjà énoncé l'hypothèse d'une éventuelle utilisation de ces composés, comme un moyen taxonomique interspécifique qui pourrait être commun à certaines espèces [19]. Les résultats de la présente étude fournissent la première contribution à cette étude dans le genre *Marrubium*.

L'absence des monoterpènes dans les huiles extraites est sans doute, à mettre en rapport avec des facteurs abiotiques tels que le climat spécifique de la région de provenance de l'échantillon et les facteurs géographiques comme l'altitude et la nature du sol.

Il est aussi très intéressant de noter la présence, dans l'huile essentielle analysée, de quelques composés (21, 23) de masses moléculaires relativement élevées qui s'ajoutent aux alcanes dont la distribution n'a pas été déjà rapportée chez les espèces *Marrubium* (tab. I). Ces composés pourraient probablement avoir un rôle dans la protection de la plante contre le climat aride de la région.

Les composés qui n'ont jamais été rapportés comme étant des constituants habituels des huiles essentielles restent 3,4-epoxypentan-2-one, 2,4-dimethylOcta-2,6-diène, 1,2-Dimethyl Cyclopenta-1,3-diène, 9-Méthyl-undec-1-ène, 1-Isopropyl-1-méthyl-2-nonylcyclopropane, 4-Pentyl-1-(4-propylcyclohexyl) cyclohexène, Bis (2-ethylhexyl) hexanedioate (tab. 1).

4.- Conclusion

L'analyse des huiles essentielles du *M. deserti* s'est couronnée par l'identification de 27 composés, appartenant essentiellement à la classe des sesquiterpènes, cela confirme d'une part la chimiotaxonomie des espèces du genre *Marrubium*. D'autre part, l'identification des composés particuliers, la composition de l'huile essentielle en composés peu volatiles et sa pauvreté en monoterpènes mettent en évidence sa spécificité qui est vraisemblablement à mettre en relation avec les facteurs abiotiques et géographiques de la région de la récolte.

Au vu des résultats, il serait intéressant de passer à l'étude histologique du matériel végétal et de vérifier l'existence d'éventuelles particularités structurales, comme il a été déjà rapporté sur les plantes qui émettent les hydrocarbures à nombre impair d'atomes de carbone.

Références bibliographiques

- [1].- Daniela R., 2006.- Phenolic compounds of *Marrubium globosum* ssp. libanoticum from Lebanon. *Biochemical Systematics and Ecology*, 34: 256-258.
- [2].- A. Herrera A., 2004.- Clinical trial of *Cecropia obtusifolia* and *Marrubium vulgare* leaf extracts on blood glucose and serum lipids in type 2 diabetics. *Phytomedicine*, 11: 561-566.
- [3].- Meyre-Silva C., Yunes R. A., Schlemper V., Campos-Buzzi F., Cechinel-Filho V., 2005.- Analgesic potential of marrubiin derivatives, a bioactive diterpene present in *Marrubium vulgare* (Lamiaceae). *Farmaco*, 60: 321-326.
- [4].- Iserin P., 2001. *Encyclopédie des plantes médicinales*. Ed. Masson, Paris, 232 p.
- [5].- Rigano D., Apostolides A. N., Bruno M., Formisano C., Grassia A., Piacente S., Piozzi F., Senatore F., 2006.- Phenolic compounds of *Marrubium globosum* ssp. libanoticum from Lebanon. *Biochemical Systematics and Ecology*, 34: 256-258.
- [6].- Sahpaz S., Garbacki N., Tits M., Bailleul F., 2002.- Isolation and pharmacological activity of phenylpropanoid esters from *Marrubium vulgare*. *Journal of Ethnopharmacology*, 79: 389-392.
- [7].- Karioti A., Protopappa A., Megoulasb N., Skaltsaa H., 2007.- Identification of tyrosinase inhibitors from *Marrubium velutinum* and *Marrubium cylleneum*. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 15: 2708-2714.

- [8].- Karioti A., Skopeliti M., Tsitsilonis O., Heilmann J., Skaltsa H., 2007.- Cytotoxicity and immunomodulating characteristics of labdane diterpenes from *Marrubium cylleneum* and *Marrubium velutinum*. *Phytochemistry*, 68: 1587-1594.
- [9].- Karioti A., Heilmann J., Skaltsa H., 2005. Labdane diterpenes from *Marrubium velutinum* and *Marrubium cylleneum*. *Phytochemistry*, 66: 1060-1066
- [10].- Savona G., Piozzi F., Aranguéz L. m., Rodríguez D., 1979.- Diterpenes from *Marrubium sericeum*, *Marrubium supinum* and *Marrubium alysson*. *Phytochemistry*, 18: 859-860.
- [11].- Sarikurkcu C., Tepe B., Daferera D., Polissiou M., Harmandar M., 2008.- Studies on the antioxidant activity of the essential oil and methanol extract of *Marrubium globosum subsp. Globosum* (Lamiaceae) by three different chemical assays. *Bioresource Technology*, 99: 4239-4236.
- [12].- Kurbatova N. V., Muzychkina R. A., Mukhitdinov N. M. and Parshina G. N., 2003.- Comparative phytochemical investigation of the composition and content of biologically active substances in *Marrubium vulgare* and *M. alternidens*. *Chemistry of Natural Compounds*, 39 (5) : 501-502.
- [13].- Hennebelle T., Sahpaz S., Skaltsounis A. L., Bailleul F., 2007.- Phenolic compounds and diterpenoids from *Marrubium peregrinum*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35: 624-626.
- [14].- Grahm Solomons T. W., 1994.- *Fundamentals organic chemistry*. Ed. Elliberg, New York, 915 p.
- [15].- Simmonds R. J., 1992.- *Chemistry of biomolecules*. Ed. Hand book, New York, 151 p.
- [16].- Ikan R., 1991.- *Natural products*. 2^{ème} édition, Academic Press, New York, Boston: 127-153.
- [17].- Sarikurkcu C., Tepe B., Daferera D., Polissiou M., Harmandar M., 2007. Studies on the antioxidant activity of the essential oil and methanol extract of *Marrubium globosum subsp. Globosum* (Lamiaceae) by three different chemical assays. *Bioresource Technology*, 67: 12-37.
- [18].- Maiza K., De La Perrière B., Hammiche R. A, 1993. Pharmacopée traditionnelle saharienne: Sahara septentrional. Actes du 2^{ème} Colloque Européen d'Ethnopharmacologie et de la 11^{ème} Conférence internationale d'Ethnomédecine, Heidelberg.
- [19].- Siani A. C., Garrido I. S., Monteiro S. S., Carvalho E. S., Ramos M. F. S., 2004. *Protium icicariba* as a source of volatile essences. *Biochemical Systematics and Ecology*, 32: 477-489.