

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

ISSN 2170-1318

ADRESSE DE LA DIRECTION DE LA PUBLICATION

Algerian Journal of Arid Environment

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

BP 511, Université Kasdi Merbah Ouargla

30000 Ouargla, Algérie

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

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



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

Algerian Journal of Arid Environment

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

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

ISSN 2170-1318

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

Volume 2, numéro 2, Décembre 2012



ALGERIAN JOURNAL OF ARID ENVIRONMENT

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



<p>Directeur de la revue Pr. BOUTERFAIA Ahmed</p>	<p>ADRESSE DE LA DIRECTION DE LA PUBLICATION <i>Algerian Journal of Arid Environment</i> Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers, BP 511, Université Kasdi Merbah Ouargla 30000 Ouargla, Algérie Tél. : (+213) 29 71 65 71/29 71 56 89 Fax. : (+213) 29 71 56 89 Web: www.ouargla-univ.dz E-mail: ecosys.infos@yahoo.fr</p>
<p>Directeur de la publication Mr KHELIFA Abdelkader</p>	<p>Instructions aux auteurs</p>
<p>Directeur scientifique de la publication Pr. BISSATI Samia Rédacteur en chef Pr. OULD EL HADJ Med Didi</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. 2.- Le nombre total de pages de l'article dépend de sa nature : Originale (15 pages), synthèse (8 pages) et étude de cas (6 pages). Les articles doivent présenter des résultats non publiés, et ceux de synthèse et d'étude de cas doivent être synthétiques sans illustrations. 3.- Leurs soumissions doivent parvenir à l'adresse électronique en format TNR pour le texte et JPG pour les illustrations. 4.- L'auteur correspondant recevra après expertise et acceptation un tiré à part sous format PDF et un exemplaire de revue gratuitement. 5.- Pour permettre une pérennité et une large diffusion à la revue un abonnement sera proposé sur le site de l'université et dans la revue aux particuliers, institutions et étudiants avec des tarifs étudiés selon la catégorie et la destination. 6.- Le texte 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. 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. 8.- Les illustrations légendées ne doivent pas dépasser cinq illustrations avec mention dans le texte et numérotées en chiffres arabes (figure, photo 1, 2, etc.) et chiffres romains (tableau I, II, etc.). 9.- Les références bibliographiques ne doivent pas être sélectives d'articles de revues, de livre et d'article de livres seulement. Ils seront classés par leur ordre d'apparition dans le texte et appelées dans ce dernier par leur numéro placé entre crochets : - Exemple de revue : Maduakor H., 1991 - Efficient fertilizer. Fertilizer Research, 29: 65-79. - Exemple de livre : Steel R., Torrie J., 1960 - Principles and procedures. McGraw-Hill, London, 433 p. - Exemple d'article de livre: Tal M. Selection for stress tolerance. In : Evans D.A., Shap N.R., Ammirato P.V., eds. Handbook for plant cell culture. New York : Macmillan, 1992 : 101-112.</p>
<p>Comité de rédaction - Pr. CHELOUFI Hamid - Dr DADDI BOUHOUN Mustapha - Dr SAKER Med Lakhdar - Dr IDDER Mohamed Taher</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>Mise en page Mr CHAABENA Ahmed</p>	<p>Rédacteur en chef Pr. OULD EL HADJ Med Didi</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. HAMDI AISSA B., Algérie - Pr. BISSATI S., Algérie - Pr. CHELOUFI H., Algérie - Pr. O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Dr ESNAULT M. A., France - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr BOUTATAOU D., Algérie - Dr SIBOUKER O., Algérie - Dr SAKER M. L., Algérie - Dr ADAMO A., Algérie - Dr IDDER M. T., Algérie</p>	

Algerian Journal of Arid Environment

“AJAE”

vol. 2, n° 2 - 2012

Sommaire

- Evolution de la salinité dans les périmètres de mise en valeur et conséquences sur la diminution des rendements du blé dans une région saharienne: cas de la région d’Adrar**
ZIZA Fatima-Zohra, DAOUD Youcef, LABOUDI Abdelkader, BRADAI Rachid
ZOUAHRA Ali..... 4
- Caractérisations physico-chimique, environnementale et énergétique de la biométhanisation industrielle avicole en Tunisie semi-aride**
M’SADAK Youssef et ZOGHLAMI Rahma Inès 16
- Paramètres écologiques des rongeurs recensés dans un milieu semi aride à Djelfa (Algérie)**
Karim Souttou, Makhoulouf Sekour, Kheira Gouissef, Moussa Hadjoudj, Omar Guezoul, Salaheddine Doumandji et Christiane Denys 28
- Study on milk stimulation interval in camel using the nomadic traditional method**
EISA Mohamed Osman, ABU-NIKHAILA Abd Elmoneim Mukhtar, ABD EL MAJID Ali
Mohamed and ABDEL MONIEM Mahmoud Ali El hag 42
- Les steppes algériennes: causes de déséquilibre**
NEDJIMI Bouzid et GUIT Brahim..... 50
- Croissance comparée des plantes de Gombo en culture de pleine terre selon les modes de semis direct et repiquage**
M’SADAK Youssef, ELOUAER Mohamed Aymen et DHAHRI Moez..... 62
- Impact des eaux phréatiques sur la salinité et le rendement du palmier dattier à Ouargla**
DADDI BOUHOUN Mustapha, SAKER Mohamed Lakhdar, BOUTOUTAOU Djamel,
BRINIS Louhichi, KEMASSI Abdellah et OULD EL HADJ Mohamed Didi 71
- Etude comparative de la production d’éthanol brut à partir de trois variétés de dattes communes (Degla Beida, Tacherwit et Hamraya) réparties dans les différentes classes de dattes (molle, demi-molle et sèche) de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional Est algérien)**
OULD EL HADJ Mohamed Didi, CHEICK Mohamed, HAMDI Wassila, SAYAH Zineb et BOUAZIZ Sabrina..... 78
- Réponse adaptative des plants de *Parkinsonia aculeata* L. à une contrainte osmotique**
BENADJAUD Ali et AÏD Fatima..... 88
- Détermination de l’évaporation des surfaces des plans d’eau pour les conditions climatiques de l’Algérie**
BOUTOUTAOU Djamel, SAKER Mohamed Lakhdar, DADDI BOUHOUN Mustapha,
SAGGAI Sofiane et OULD EL HADJ Mohamed Didi 94

EVOLUTION DE LA SALINITÉ DANS LES PÉRIMÈTRES DE MISE EN VALEUR ET CONSÉQUENCES SUR LA DIMINUTION DES RENDEMENTS DU BLÉ DANS UNE RÉGION SAHARIENNE: CAS DE LA RÉGION D'ADRAR

ZIZA Fatima-Zohra¹, DAOUD Youcef², LABOUDI Abdelkader³, BRADAI Rachid¹
ZOUAHRA Ali¹

⁽¹⁾Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA)
Station Mehdi-Boualem Baraki, Alger, Algérie

⁽²⁾Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA) El Harrach, Alger, Algérie

⁽³⁾Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA)
Station expérimentale d'Adrar, Algérie

Résumé- Le développement de l'agriculture saharienne en Algérie par la création des périmètres irrigués s'est confronté à d'énormes problèmes qui affectent la production agricole. Ces derniers sont directement liés à l'itinéraire technique qui n'est pas maîtrisé et parfois non approprié au contexte pédoclimatique saharien. En effet, l'agriculture moderne est introduite selon un modèle emprunté sans faculté d'adaptation. Il en résulte après quelques campagnes d'irrigation, une salinisation des terres très significative dont le niveau atteint, dépasse largement le seuil de tolérance de la culture. L'objectif principal de ce travail est de faire une analyse quantitative de l'évolution de la salinité des sols irrigués par pivot depuis quelques années, et d'évaluer son intensité sur la diminution des rendements du blé. Pour cela, trois périmètres irrigués respectivement depuis 2, 3 et 4 années sont étudiés et comparés au sol témoin non irrigué. Pour chaque parcelle, l'évolution de la salinité est étudiée entre deux périodes du cycle végétatif du blé, l'état initial correspond au stade tallage et l'état final correspond au stade maturation. L'irrigation se fait par aspersion avec une eau minéralisée de la nappe albiennne. Les résultats obtenus montrent que les eaux d'irrigation se caractérisent par une forte salinité et un faible danger de sodicité. Les teneurs en sodium et en chlorures sont excessives en mode d'irrigation par aspersion. L'évolution de la salinité des sols irrigués depuis 2, 3 et 4 ans à l'échelle d'une campagne agricole, est hautement significative à partir de la quatrième année et dépasse le seuil de tolérance à la salinité du blé dur. La salinisation constitue donc l'un des principaux facteurs responsables de la diminution des rendements en blé. En effet, une augmentation de 1 dS/m provoque une chute du rendement en grains de 4 q/ha.

Mots clés: Salinité, blé, périmètres, Sahara, eau.

EVOLUTION OF SALINITY IN THE PERIMETERS OF DEVELOPMENT AND EFFECTS ON THE REDUCTION IN THE CORN YIELDS IN A SAHARAN AREA: CASE OF THE AREA OF ADRAR

Abstract- The development of Saharan agriculture in Algeria by the creation of the irrigated perimeters was confronted with enormous problems which affect the agricultural production. The latter are directly related to the technical route which is not controlled and sometimes nonappropriate to the Saharan context pedoclimatic. Indeed, modern agriculture is introduced according to a model borrowed without adaptability. It results from it after some campaigns from irrigation, a very significant salinisation of the grounds whose level reached, largely exceeds the tolerance level of the culture. The main aim of this work has been to make a quantitative analysis of the evolution of the salinity of the grounds irrigated by pivot for a few years, and to evaluate its intensity on the reduction in the corn yields. For that, three perimeters irrigated respectively since 2,3 and 4 years are studied and compared on the pilot ground not irrigated. For each piece, the evolution of salinity is studied between two periods of the vegetative cycle of corn, the initial state corresponds at the stage tillering and the final state corresponds at the stage maturation. The irrigation is done by sprinkling with a mineral-bearing water of the tablecloth albiennne. The results obtained show that water of irrigation is characterized by a strong salinity and a weak danger of sodicity. The sodium contents and chloride are excessive in mode of irrigation by sprinkling. The evolution of the salinity of the grounds irrigated since 2,3 and 4 years on a crop year scale, is highly significant as from the fourth year and exceeds the tolerance level to the salinity of durum wheat. The salinisation thus constitutes one of the independent factors responsible for the reduction in the corn yields. Indeed, an increase of 1 dS/m causes a fall of the output in grains of 4 q/ha.

Key words: Salinity, corn, perimeters, Sahara, water.

Introduction

En Algérie, les facteurs qui contribuent à l'extension du phénomène de salinisation des terres sont liés à l'aridité du climat qui porte sur plus de 95% du territoire, la qualité médiocre des eaux d'irrigation, le système de drainage souvent inexistant ou non fonctionnel, et la conduite empirique des irrigations [1,2].

Le développement de la céréaliculture dans les zones sahariennes a été lancé au début des années quatre vingt. Son objectif est d'augmenter la production céréalière dont les niveaux de rendement en agriculture pluviale sont faibles dans le Nord du pays. Dans ces zones sahariennes, le sol présente un faible niveau de fertilité, les réserves hydriques sont importantes, non renouvelables et diversement minéralisées, et les besoins en eau des cultures sont élevés à cause d'une forte demande climatique [1]. Les céréales, qui constituent la culture principale dans les nouveaux périmètres, sont considérées comme modérément tolérantes à la salinité [3], se développent bien dans les sols à texture sableuse [4]. Cependant, l'effet cumulé des irrigations avec une eau d'irrigation présentant un fort danger de salinité et sous un climat très évaporant, conduit à une accumulation de sels solubles en surface qui affectent les rendements des cultures. Dans ce travail, il s'agit:

- d'analyser l'évolution de la salinité au début du cycle végétatif du blé variété waha qui correspond au stade de tallage et à la fin du cycle végétatif correspondant au stade maturation. Les sols présentent différents âges: 2,3 et 4 campagnes agricoles.
- d'évaluer l'intensité de la salinité sur la diminution des rendements de la culture.

1.- Matériels et Méthodes d'étude

1.1.- Matériels d'étude

1.1.1.- Sol

Les 3 parcelles étudiées se trouvent à proximité les unes des autres sur le plateau de Ba-amar. Ce dernier se localise à 60 km au sud d'Adrar. Elles présentent chacune une superficie de 35 ha cultivée en blé dur (variété Waha), et elles sont irriguées avec l'eau de la nappe albienne. Le choix des 3 parcelles est justifié par le nombre d'années de leur mise en culture, la parcelle 1 est cultivée et irriguée depuis 2 ans, la parcelle 2 est cultivée et irriguée depuis 3 ans, et la parcelle 3 est cultivée et irriguée depuis 4 ans. Le climat est homogène dans la zone d'étude. Les sols sont comparables, le facteur de variation est donc le nombre d'années de mise en irrigation par pivot. Le témoin correspond au sol non cultivé adjacent aux 3 sites étudiés, il a fait l'objet d'une étude de caractérisation et constituera l'état de référence ou l'état initial du sol pour les 3 sites étudiés.

1.1.2.- Eaux d'irrigation

Les eaux d'irrigation proviennent de trois forages de la nappe albienne du continental intercalaire, chaque forage alimente un site, la profondeur de la nappe au niveau du plateau de Ba- Amar varie entre 8 et 13 mètres.

1.1.3.- Culture

Le blé dur et dans une moindre mesure l'orge constitue l'essentiel de la production végétale réalisée sous pivot dans la région d'Adrar. La plante cultivée est une céréale. Il

s'agit du blé dur, de la variété waha qui est moyennement tolérante à salinité. Le semis a été réalisé début décembre et la profondeur de semis réalisée est de 3 à 4 centimètres.

1.2.- Méthodes d'étude

Pour cerner l'évolution de la salinité à l'échelle d'une campagne agricole, l'échantillonnage du sol a été réalisé au début et à la fin du cycle végétatif du blé. Tous les sites d'études ont été échantillonnés de la même manière. Chaque site d'une surface de 35 ha est subdivisé en 4 quarts d'égale superficie, 24 prélèvements sur 2 profondeurs ont été réalisés à la tarière dans chaque quart, leur mélange permet de constituer un échantillon moyen. Ainsi, nous obtenons quatre échantillons moyens par horizon et par site. Trois répétitions ont été réalisées pour les différentes analyses chimiques. Deux périodes d'échantillonnage sont retenues, la première date de l'échantillonnage est le 15 Janvier 2002, elle correspond au stade tallage de la culture du blé (cet échantillonnage correspond à une période appelée état initial), la deuxième date est le 1 mai 2002, elle correspond au stade maturation (appelé état final).

Les analyses chimiques ont été réalisées sur des échantillons de sol tamisés à 2 mm. Le pH est mesuré par la méthode électrométrique sur une suspension terre/eau de 1/2.5. La conductivité électrique et le bilan ionique ont été réalisés avec un rapport terre/eau = 1/2. Quelques gouttes de toluol ont été rajoutées dans les extraits pour assurer leur conservation et faire les analyses du bilan ionique dans de bonnes conditions. Le dosage des cations solubles monovalents (potassium et sodium) a été réalisé par spectrophotométrie d'émission atomique à flamme en présence du césium/aluminium pour réduire des interférences entre le potassium et le sodium. Le dosage des cations bivalents (calcium et magnésium) a été réalisé par spectrophotométrie d'absorption atomique en présence du lanthane pour réduire les interférences entre le calcium et le magnésium. Les chlorures sont dosés par la méthode Argentométrique de Mohr. Les sulfates ont été dosés par colorimétrie. Les carbonates et les bicarbonates sont dosés par titrimétrie. Le calcaire total est dosé par la méthode volumétrique à l'aide du Calcimètre de Bernard.

2.- Résultats et discussion

L'évaluation de la qualité chimique de l'eau d'irrigation se base sur la classification de l'USSL (1954) modifiée par Durand (1958) [5], qui serait plus adaptée pour l'Algérie en raison de la disponibilité et de la qualité des eaux d'irrigation.

Tableau I.- Analyse des eaux d'irrigation de la nappe albienne

Forages	pH	CE dS/m	SAR	HCO ₃ ⁻ meq/l	SO ₄ ²⁻ meq/l	Cl ⁻ meq/l	Ca ²⁺ meq/l	Mg ²⁺ meq/l	Na ⁺ meq/l	K ⁺ meq/l
1	7.98	1.50	4.35	3.20	6.07	7.50	4.88	1.85	7.97	0.60
2	8.15	1.60	4.16	3.04	6.32	8.50	4.88	1.95	7.66	0.57
3	7.75	1.66	4.23	2.92	6.70	7.50	4.97	2.16	7.97	0.87

Les résultats du tableau I laissent apparaître que les trois échantillons d'eaux de la nappe albienne ont une composition chimique relativement constante. Les données analytiques portées sur le diagramme montrent que les eaux d'irrigation appartiennent à la classe C3 S1. Celle-ci traduit une forte salinité et un faible danger de sodicité. Compte tenu de la nature des sols de la région d'Adrar, à dominance sablo-limoneuse, la sodicité à peu

d'importance sur l'évolution des propriétés physiques de ces sols [6].

Par ailleurs, des problèmes de toxicité par le sodium et des chlorures sont possibles, car les concentrations obtenues sont excessives et dépassent largement la limite tolérée qui est de 3 meq/l, en mode d'irrigation par aspersion [7]. Le faciès géochimique selon le diagramme de Piper est de type chloruré-sodique

Le pH est légèrement alcalin ce qui limite considérablement la solubilité de certains éléments, tels que le phosphore et certains oligo-éléments.

2.1.- Caractéristiques des sols d'Adrar

Tableau II.- Caractéristiques de quelques paramètres chimiques et physiques du sol témoin de l'horizon supérieur (0 – 30 cm)

Paramètres chimiques	Résultats
PH	7.70
CE (dS/m) :	
- de l'extrait dilué	0.51
- de l'extrait de pâte saturée	2.55
Calcaire total (%)	12
Gypse (%)	0.26
CEC meq/100g de terre	6.4
Paramètres physiques	Résultats
Densité apparente	1.3
Teneur en eau au pF= 2.2	22%
Teneur en eau au pF= 4.2	10%
Texture	Sablo-limoneuse
Argiles (%)	8.00
Limon fin (%)	3.75
Limon grossier (%)	3.45
Sable fin (%)	71.25
Sable grossier (%)	13.48

Les résultats du tableau II montrent que l'horizon 0-30 cm se caractérise par une texture sablo-limoneuse, la faible teneur en argile lui confère une faible capacité de rétention en eau et une capacité d'échange cationique limitée. Elle est en moyenne de 6.5 meq/100g de terre. C'est un sol dépourvu de toute végétation, très exposé à l'érosion éolienne.

La salinité moyenne de l'extrait aqueux (1/2) est de 0.51 dS/m. La valeur correspondant à l'extrait de la pâte saturée est de 2.55 dS/m. Selon la classification de USSL (1954) [5], il s'agit d'un sol peu salé.

Les teneurs en calcaire total sont relativement élevées, elles sont en moyenne de 12%, ce qui favoriserait l'insolubilisation du phosphore et diminuerait sa disponibilité pour la plante. La réaction du sol est légèrement alcaline, ce qui influence directement la nutrition minérale en limitant considérablement la mise en solution des éléments nutritifs, tels que le phosphore et certains oligo-éléments: le cuivre, le zinc et le molybdène.

2.3.- Effet des irrigations sur l'évolution de la salinité des sols

L'évolution de la salinité des sols irrigués se détermine entre l'état initial qui correspond au stade tallage et l'état final qui correspond au stade maturation.

L'analyse de la salinité des sols étudiés a été réalisée selon l'approche chimique des extraits aqueux (1/2), car la texture sableuse ne s'y prête pas à la préparation de la pâte saturée. Néanmoins, une conversion des valeurs de la CE des extraits aqueux (1/2) aux valeurs correspondantes à la CE des extraits de pâtes saturées est nécessaire. Car cette dernière constitue l'approche agronomique de référence. Elle permet de mieux mettre en évidence l'état de salinité du sol d'une façon plus réaliste des conditions de croissance des plantes [5,8,9,10].

A l'état initial, soit au stade tallage (fig. 1), la salinité du site 1 irrigué pour la deuxième année varie entre 2.5 et 4.5 dS/m. Elle correspond aux classes peu salée et salée. Lors de la troisième année (site 2), la CE diminue par rapport au site 1 et varie de 1.77 à 2.67 dS/m, ce qui correspond aux classes non salées et peu salées, mais la comparaison des moyennes donne une différence non significative (probabilité), et par conséquent l'irrigation des sols cultivés pour les 2^{ème} et 3^{ème} années ne provoque pas une salinité importante, les valeurs de la CE obtenues sont comparables à celles du témoin.

Tableau III.- Etats de salinité des horizons selon leur CE de la pâte saturée (dS/m à 25°C) et selon les normes de l'USSS (1954) [5]

CE (dS/m) de l'extrait de pâte saturée au stade tallage						
Sites	Horizons	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecartype	Coefficient Variation (%)
1 (2ans)	0-20 cm	1.65	3.5	2.50	0.96	39.05
	20-40 cm	3.2	6	4.50	1.39	31.55
<i>Classe de salure</i>	Sol 1 (2 ans) peu salé et salé CE de 2 à 4 dS/m					
2 (3ans)	0-20 cm	1.2	2.2	1.77	0.44	25.24
	20-40 cm	2	3.35	2.68	0.57	21.4
<i>Classe de salure</i>	Sol 2 (3 ans) non salé à peu salé et salé CE de 2 à 4 dS/m					
3 (4ans)	0-20 cm	2.3	13.05	7.45	4.78	64.27
	20-40 cm	8.1	15.5	10.53	3.46	32.90
<i>Classe de salure</i>	Sol 3 (4 ans) salé à très salé					

C'est à partir de la quatrième année de mise en culture que les irrigations conduisent à une accumulation en sels solubles, dépassant largement le seuil de tolérance du blé. En effet, le site 3 se différencie nettement du témoin et des deux autres sites (1 et 2) par une forte concentration saline au niveau du profil. Celle-ci a été multipliée par 3 dans l'horizon de surface, soit 7.45 dS/m et par 4.25 dans l'horizon sous jacent, soit 10.6 dS/m, le profil salin appartient à la classe très salée.

A la fin du cycle végétatif du blé (tab. IV), le premier effet enregistré au niveau des trois parcelles étudiées est une salinisation secondaire des sols suite à l'effet cumulé des irrigations sous pivot. En effet, Le sol témoin est classé peu salé, la salinité moyenne de l'horizon supérieur est de 2.55 dS /m, la comparaison avec les sols cultivés montre que les 3 premières années de mise en irrigation affectent faiblement la salinité des sols. Les valeurs de la CE enregistrées sont comprises entre 4.67 dS/m et 7.87 dS/m pour les deux

horizons, ces valeurs appartiennent à la classe salée. En revanche, c'est lors de la quatrième année que l'augmentation de la salinité par rapport au témoin est très significative. Celle-ci est en fonction aussi du nombre d'années de mise en culture. Les valeurs de la CE sont comprises entre 12.5 dS/m et 10.1 dS/m dans les l'horizon de surface et sous jacent, ils appartiennent à la classe très salée. Cette salinisation trouve son origine dans l'eau d'irrigation, la nappe albienne et dans la non maîtrise des irrigations (doses et fréquences). En effet, la solution du sol des deux profondeurs correspondrait à une eau d'irrigation concentrée, respectivement, 7.53 fois pour l'horizon de surface et 6.1 fois pour l'horizon de subsurface.

Tableau IV.- Etats de salinité des horizons selon leur CE de la pâte Saturée (dS/m à 25°C) et selon les normes de l'USSL (1954) [5]

CE (dS/m) de l'extrait de pâte saturée au stade maturation						
Sites	Horizons	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecartype	Coefficient Variation (%)
1 (2ans)	0-20 cm	2.3	7.35	4.65	2.65	56.99
	20-40 cm	2.3	13.7	6.7	5.15	76.94
<i>Classe de salure</i> Site 1 (2 ans) Salé, CE de 4 à 8 dS/m						
2 (3ans)	0-20 cm	3	7.75	4.67	2.18	46.68
	20-40 cm	2.5	17.85	7.87	6.84	86.95
<i>Classe de salure</i> Site 2 (3 ans) Salé, CE de 4 à 8 dS/m						
3 (4ans)	0-20 cm	7.2	18.15	12.47	4.48	35.91
	20-40 cm	7.8	12.1	10.1	1.86	18.48
<i>Classe de salure</i> Site 3 (4 ans) Salé à très salé, CE > 8 dS/m						

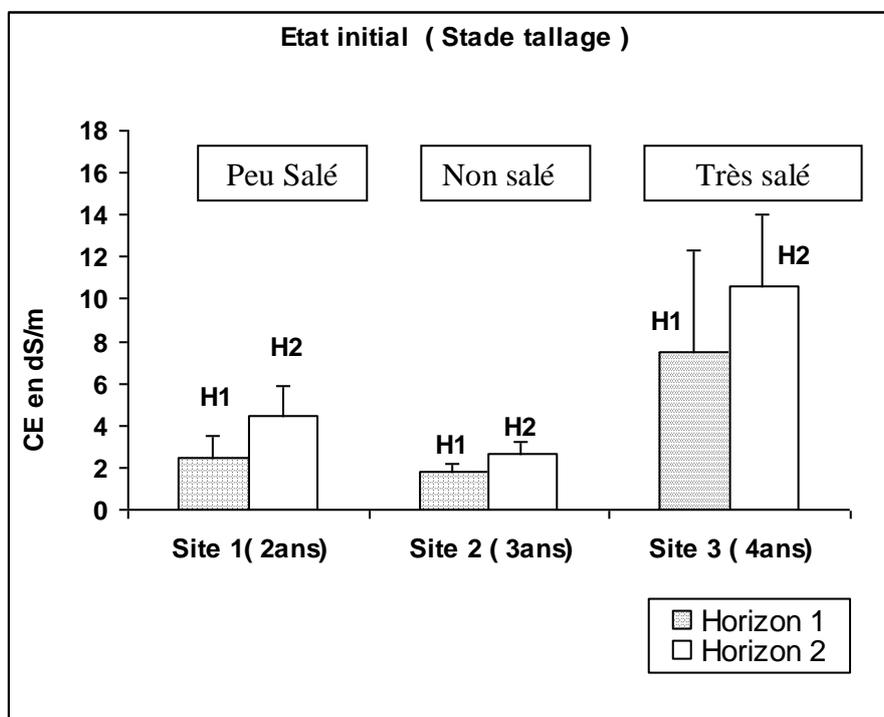


Figure 1.- Evolution de la salinité (extrait de la pâte saturée) dans les sites irrigués depuis 2, 3 et 4 années à l'état initial

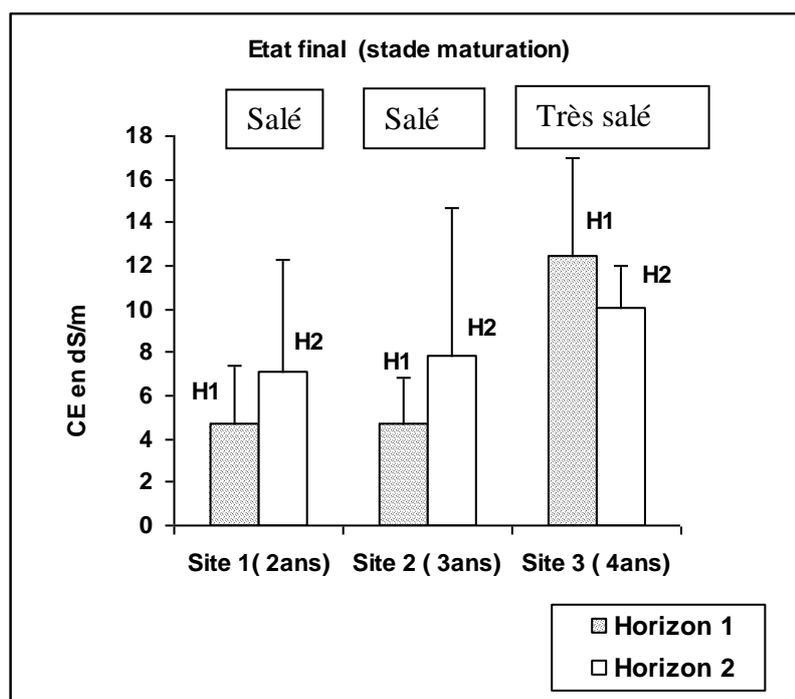


Figure 2.- Evolution de la salinité (extrait de la pâte saturée) dans les sites irrigués depuis 2, 3 et 4 années à l'état final

2.- Effet de la salinité sur la diminution des rendements du blé

Chez les céréales, l'effet dépressif du sel se manifeste à partir d'un seuil critique de concentration caractéristique de l'espèce et de la variété. D'une manière générale, les céréales sont modérément tolérantes à la salinité [7]. Cette tolérance aux sels varie en fonction des stades de développement végétatif. Cependant, le stade le plus sensible est le stade germination où la conductivité électrique ne doit pas dépasser 4 dS/m [5]. Le tableau V montre la diminution du rendement en fonction de la croissance de la salinité. Le seuil de tolérance pour la culture du blé est de 6 dS/m.

Tableau V.- Diminution des rendements en blé sous l'effet de l'augmentation de la salinité selon (FAO, 1986) [3]

CE de la solution du sol extrait de pâte saturée (dS/m)	6	7.4	9.5	13	20
Chute du rendement (%)	0	10	25	50	100

La céréale cultivée au niveau des parcelles étudiées, est la variété Waha, du blé dur, plus exigeant que le blé tendre, et donc relativement plus sensible à l'effet de la salinité [11,12].

Des études de Daoud et Halitim (1994) [1] ont montré que pour cette céréale, le seuil critique est évalué à une concentration entre 1.3 et 1.4 g/l, donc très sensible. Pour une concentration de 2 g/l, il y a une diminution de 50% de matière sèche; alors que Mass (1986) [11] montre que le seuil de sensibilité pour cette céréale est plus élevé, et il est de 4 g/l pour une diminution du rendement de l'ordre de 10%.

Cependant, et afin de déterminer l'intensité de la salinité, qui affecte une diminution des rendements au niveau des parcelles étudiées, nous considérons la moyenne de la conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée à 25°C obtenue aux stades tallage et maturation. Cette valeur est calculée sur une profondeur de 0-30 cm, car celle-ci correspond, d'une part, à la profondeur utile d'enracinement maximum et où l'alimentation hydrique est la plus favorable en irrigué [4,13], et d'autre part, à l'accumulation des sels solubles [14].

Le calcul de la CE sur une profondeur utile de 0-30 cm

$$[CE_{(H1)} \times 20 + CE_{(H2)} \times 10] / 30$$

CE (H1) : CE de l'horizon 1 sur une profondeur de 0-20 cm

CE (H2) : CE de l'horizon 2 sur une profondeur de 0-20 cm

30 : Profondeur utile d'enracinement en cm

Les résultats montrent que l'état de salinité est comparable à celui du témoin pour les sites 1 et 2. A ce stade, la salinité ne peut constituer une contrainte à l'élaboration des composantes du rendement, car elle est inférieure à 4 dS/m au niveau de l'horizon de surface (0-30 cm). Par contre, pour le site 3, la valeur moyenne est égale à 8.53 dS/m, est suffisamment élevée pour affecter le rendement.

En revanche, au stade maturation, les irrigations ont favorisé une faible augmentation de la salinité dans les sites 1 et 2, et une augmentation significative dans le site 3 où la valeur de la CE est égale à 10.11 dS /m.

D'autre part, les composantes du rendement se forment pendant des phases du cycle bien délimitées. Chaque composante est influencée par les facteurs du milieu [15]. Dans le cas étudié, la salinité est le principal facteur limitant la phase de formation des composantes du rendement. En effet, pour le blé, le nombre de grains /m² est déterminé à quelques jours près de l'anthèse. Le poids moyen du grain se détermine entre l'anthèse et la maturité (fig. 3)

Rendement = Nombre de grain /m² * Poids moyen d'un grain

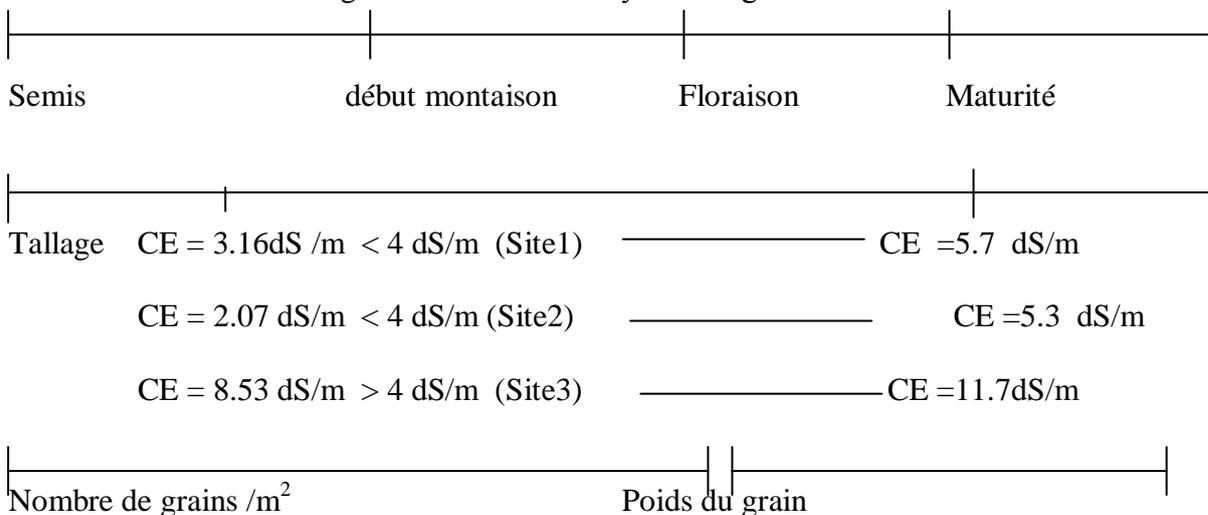


Figure 3.- Période de formation des composantes du rendement du blé

D'autre part, les résultats présentés relatifs à l'état de salinité moyenne des trois parcelles (moyenne de la CE correspondant à l'extrait de pâte saturée entre les 2 horizons et entre le stade tallage et le stade maturation), et aux rendements obtenus en grains de blé (l'information est collectée auprès du producteur) sont présentés dans le tableau VI.

Tableau VI.- Variations du rendement (q/ha) en fonction de la salinité de l'horizon 0-30 cm

Sites	CE moyenne (dS/m)	CE dS/m Témoin	Rendement q/ha	Seuil de tolérance
1 (2ans)	4.33	2.55	26.00	6.00
2 (3ans)	3.87	2.55	22.00	6.00
3 (4ans)	10.11	2.55	8.00	6.00

Pour les deux sites cultivés pendant 2 et 3 années, ils présentent une salinité qui est en moyenne respectivement, de 4.33 et 3.87 dS/m au niveau de l'horizon 0-30 cm. Les rendements obtenus sont de l'ordre de 26 et 22 q/ha. Bien que les deux sites présentent un même niveau de salinité, les rendements obtenus diffèrent d'une parcelle à une autre. Cette différence est attribuée en partie, à l'hétérogénéité au niveau de la parcelle et entre les parcelles [16]. En effet, des études ont montré que quelque soit la culture, la quantité du produit récolté est extrêmement variable d'une parcelle à l'autre, d'une année à l'autre et d'un agriculteur à l'autre [17].

Pour le site cultivé pendant 4 années, la salinité est en moyenne de 10.11dS/m (extrait de la pâte saturée), affecte fortement le rendement du site 3 qui est évalué à 8 q/ha.

Pour les sites 1 et 2, la $CE < 6$ dS/m ne provoque pas de chute de rendements. Le rendement moyen des sites 1 et 2 = $(26 + 22) / 2 = 24$ q / h
Le rendement du site 3 = 8 q/ha.

Le niveau de rendement entre les sites 1 et 2 non salés et le site 3 salé a diminué de $24 - 8 = 16$ q/ha

Cette diminution du rendement est provoquée par une augmentation de la salinité de $10.11 - 6 = 4.11$ dS/m.

Ce résultat signifie qu'une augmentation de la salinité de 4.11dS /m provoque une chute de rendement de 16 q/ha, soit une chute de rendement de 3.89 q/ha pour une augmentation de la salinité de 1 dS/m.

Chaque 1 dS/m provoque une chute de rendement de 3.89 q/ha.

- $CE < 6$ dS/m → Rendement = 24 q/ha
- $CE = 7$. dS/m → Rendement = $24 - 3.89 = 21.2$ q / ha
- $CE = 8$. dS/m → Rendement = $21.20 - 3.89 = 18.4$ q / ha
- $CE = 9$. dS/m → Rendement = $18.40 - 3.89 = 15.6$ q / ha
- $CE = 10$. dS/m → Rendement = $15.60 - 3.89 = 12.8$ q / ha
- $CE = 10.11$ dS/m→ Rendement = $12.80 - 3.89 (2.8 \times 0.11) = 11.61$

Pour une CE = 10.11 dS/m à 25°C, il y a une diminution de rendement = 11.61 q/ha.

Par ailleurs, la tolérance au sel s'exprime en termes de croissance, de développement et de survie (USSSL, 1954; Mass, 1990; Zid et Grignon, 1991) [6,15,21].

Pour la plupart des plantes étudiées, elle peut être exprimée par une équation linéaire simple de type :

$$Y = 100 - B (CEe - A)$$

100 : Rendement maximum

Y: Rendement

CEe : CE de l'extrait de pâte saturée de la zone racinaire de la culture

A : Seuil de tolérance de la culture, égal à 6 dS/m

B : Le pourcentage de réduction de la croissance par unité d'augmentation de la CE au-delà du seuil de tolérance A.

L'application de cette équation aux résultats obtenus dans la région d'Adrar serait la suivante :

100 : correspond au rendement maximum = 24 q/ha

CEe: correspond à la salinité du site 3 = 10.11 dS/m à 25 °C.

$$B : (24 - 8) \times 100 / 24 (10.11 - 6) = 16.21\%$$

Dans ce cas, $Y = 100 - 16.21 (CEe - 6)$

$$Y = 100 - 16.21CEe + 97.26 = 197.26 - 16.21 CEe$$

$$Y = 197.26 - 16.21 CEe$$

Conclusion

L'effet cumulé des irrigations avec une eau de qualité médiocre et sous un climat très évaporant engendre une salinisation des terres agricoles. En effet, les résultats obtenus relatifs aux caractéristiques chimiques des eaux d'irrigation de la nappe albienne mettent en évidence un fort risque de salinité et un faible danger de sodicité. Les teneurs en sodium et en chlorures contenus dans ces eaux sont excessives en mode d'irrigation par aspersion. L'évolution de la salinité des sols au début et à la fin du cycle végétatif dans les trois parcelles montre une nette accumulation significative des sels solubles dans le sol à partir de la quatrième année de mise en irrigation. En effet, dans l'horizon de surface, la salinité passe de 2.55 dS/m dans le site témoin à 12.5 dS/m au niveau du site cultivé pour la quatrième année. La salinité augmente en fonction du nombre d'années d'irrigation au niveau de l'horizon de surface. Par contre, au niveau du second horizon, le nombre d'années d'irrigation n'affecte pas de façon significative le niveau de salinité de la solution du sol. Le niveau de salinité atteint après 4 années d'irrigation au niveau de l'horizon de surface dépasse le seuil de tolérance à la salinité du blé dur. La salinisation constituerait donc l'un des principaux facteurs responsables de la diminution des rendements en blé, généralement observés après quelques années d'irrigation dans la région d'Adrar.

Références bibliographiques

- [1].- Daoud Y. et Halitim A., 1994. Irrigation et Salinisation au Sahara Algérien. *Sécheresse*, 5,3: 151-160.
- [2].- Saidi, J. (2004). Influence de la phase saline sur les propriétés physiques des matériaux argileux du bas Cheliff. Thèse de Doctorat d'Etat en Science Agronomiques, INA, El Harrach, 181p.
- [3].- FAO, 1986. Les besoins en eau des cultures. Irrigation et drainage. Bulletin, n° 24, 81p.
- [4].- Callot G., Chamayou H., Maertens C., Salsac L., 1982. Mieux comprendre les interactions Sol- Racine: incidence sur la nutrition minérale. INRA, 246 p.
- [5].- U. S. Salinity Laboratory. Staff., 1954. Diagnostic and improvement of saline and alkali soils U.S.D.A. Hand book, n°60; 160 p.
- [6].- Job J. O., 1998. Les milieux sales, in : *Traité d'irrigation*. Ed. Technique et documentation ISBN: 2-430-0244-1: 667-674.
- [7].- Ayers R. S et Wescot D. W., 1994. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper, 29: 1-4.
- [8].- Hogg T. J., et Henry J. I., 1984. Comparison of 1 :1 and 1 :2 suspension and extract with the saturation extract in estimating salinity in Saskatchewan soils. *Can . J. Soil. Sci.* 64: 669- 704.
- [9].- Montotroi J. P., 1997. Conductivité électrique de la solution du sol et d'extrait aqueux de sol. Application à un sol sulfaté salé de Basse-Casamance (Sénégal). *Etude et Gestion des sols*, 4, 4: 279-298.
- [10].- Zhang H., Schroder L., Pittman J. J., Wang J. J. et Payton M. E. (2005). Soil Salinity Using Saturated paste and 1:1 soil to water extracts. *Soil Sci. Am . J.* 69: 1146-1151.
- [11].- Mass E. V., 1990. Crop salt tolerance. *Engineering practice* 71. New York, ASCE: 262- 304.
- [12].- Oudija F., Ismail M., 2002. Effet du NaCl sur l'embryogenèse somatique et sur la capacité de régénération chez le blé. Etude de la compétence embryogenèse de blé initié directement en présence de NaCl. *African Crop Science Journal*, 10, 3: 221-229.
- [13].- Valles V., Bourgeat, E et Guiresse M., 1988. Calcul des doses d'irrigation pour les sols salés application d'une méthode géochimique de calcul à un sol tunisien en collaboration avec ORSTOM. *Ser. Pedol.*, vol. XXIV, 2: 155-122.
- [14].- Singh R. B., Minhas P. S., Chauhan C. P. S. et Gupta R. K., 1994. Salt leaching with Monsoons and yield on Indian Mustard as affected by saline Irrigation waters of varying Cl/ SO₄⁻² ration. *Journal of Indian Society of Soil Science*, 42, 3: 436-441

[15].- Maynard J. M. et David G., 1992. Diagnostic de l'élaboration du rendement des cultures. Cahiers Agriculture, 1: 9-19.

[16].- Mzuku M., Khosla R., Reich R., Inman D., Smith F., et MacDonald L., 2005. Spatial Variability of Measured Soil Properties across Site- Specific Management Zones. Soil Sci . Am. J. 69: 1572-1579.

[17].- Zid, E et Grignon, C. (1991). Les testes de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress cas du stress salin et hydrique. Rev. Amélioration des plantes pour l'adaptation en milieu arides Ed. AUPELE- UREF John Libbey. Eurotext, Paris, 108 p.

CARACTÉRISATIONS PHYSICO-CHIMIQUE, ENVIRONNEMENTALE ET ÉNERGÉTIQUE DE LA BIOMÉTHANISATION INDUSTRIELLE AVICOLE EN TUNISIE SEMI-ARIDE

M'SADAK Youssef* et ZOGHLAMI Rahma Inès

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

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

Résumé- La présente investigation, entreprise dans le contexte tunisien semi-aride, consiste à évaluer la fermentation méthanique, appliquée à la biomasse avicole, établie au niveau du digesteur pilote industriel à Hammam Sousse (gouvernorat de Sousse). Le suivi de ce digesteur, d'une capacité utile de 300 m³, a porté, d'une part, sur la détermination des caractéristiques de l'effluent avicole par l'analyse de deux paramètres physico-chimiques (pH et Matière Sèche: MS) et de deux paramètres environnementaux (Matières En Suspension: MES et Demande Biologique en Oxygène: DBO₅), et d'autre part, sur l'appréciation énergétique de la productivité qualitative (composition en biométhane et pouvoir calorifique) du biogaz produit. Cette investigation a permis de dégager un certain nombre de constats dont on peut relater particulièrement:

- les meilleurs bilans de dépollution, à propos des MES et de la DBO₅, sont observés au niveau du bassin de décantation de l'installation étudiée.
- l'intérêt du recours au conditionnement du biogaz produit a été confirmé en comparant les résultats avant et après épuration aussi bien sur le plan Teneur en biométhane (% CH₄) que sur le plan Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI).
- l'installation de biométhanisation considérée demande quelques consolidations généralement pour une meilleure dépollution des fientes avicoles, une meilleure productivité énergétique et une meilleure valorisation agronomique des résidus solides et liquides générés.

Mots clés: Digesteur industriel, fientes avicoles, bilan de dépollution, teneur en biométhane et pouvoir calorifique inférieur.

CHARACTERIZATIONS PHYSICO-CHEMICAL, ENVIRONMENTAL AND ENERGETIC OF THE INDUSTRIAL AVICOLOUS BIOMETHANATION IN TUNISIA SEMI-ARID

Abstract- This investigation, undertaken in Context Tunisian Semi-arid is to evaluate the methane fermentation applied to biomass poultry, established at the pilot industrial digester in Hammam Sousse (Sousse Governorate). Monitoring the digester, with a useful capacity of 300 m³, focused, firstly, on the determination of the characteristics of the poultry effluent by the analysis of two physico-chemical parameters (pH and Dry Matter: DM) and two environmental parameters (Suspended Solids: SS and Biological Oxygen Demand: BOD₅), and secondly, on the energy evaluation of qualitative productivity (biomethane composition and calorific value) of produced biogas. This investigation has identified some observations which can reveal principally:

- the best records of remediation, about SS and DBO₅, are observed at tailings pond of the studied installation.
- the interest in the use of the biogas produced conditioning was confirmed by comparing the results before and after treatment as well as on the biomethane content (CH₄%) than on the lower calorific value (PCI).
- the biomethanation installation requires some consolidations, generally considered better for the remediation of droppings poultry, improved energy productivity and better agronomic recovery of solid and liquid generated waste.

Keywords: Industrial digester, droppings avicolous, assessment of depollution, biomethane content, lower calorific value.

Introduction

Pour répondre aux besoins en énergie afin de réduire sensiblement la pollution locale et l'effet de serre, pour la préservation de l'environnement, la prospection et le développement de nouvelles sources d'énergie ont été entrepris notamment l'énergie de la biomasse [1]. Cette énergie renouvelable largement disponible, peu coûteuse et non polluante est utilisée pour compléter l'énergie fossile non renouvelable [2]. Les déchets agricoles constituent un potentiel énergétique exploitable [3], soit en les brûlant directement pour utiliser la chaleur produite, soit par biométhanisation et utilisation du gaz comme source d'énergie [4]. KALIA *et al.* (1992) ont prouvé que l'efficacité de digestion pourrait être augmentée ou ralentie selon la nature des déchets [5].

En Tunisie, les technologies de biométhanisation sont relativement nouvelles. Il existe deux grandes filières de production de biogaz suivant le type de déchets utilisés. On peut distinguer la filière de valorisation de déchets solides et humides produits par les secteurs agroalimentaire et agricole (Cas des digesteurs rural à Sidi Thabet et industriel à Hammam Sousse) ainsi que la filière de valorisation des déchets liquides (boues urbaines) issus des stations d'épuration (quelques digesteurs industriels mis en place au niveau des grands ouvrages de traitement des eaux polluées).

La biométhanisation est un procédé biologique de traitement des résidus organiques solides et liquides [6], qui aboutit à la formation d'un produit plus ou moins liquide, appelé digestat, et de biogaz, composé essentiellement de gaz carbonique et de méthane [7]. Mis à part les étapes de pré et post-traitement, la digestion anaérobie a lieu en enceinte fermée (digesteur), dans des conditions contrôlées. Le bon fonctionnement (dépollution, potentialité énergétique) de ce type de procédé est largement conditionné par les conditions physico-chimiques (nature, pH, MS,...) des substrats mis en fermentation anaérobie.

La présente étude vise essentiellement une appréciation des performances environnementales et énergétiques du digesteur pilote industriel (alimenté par des fientes avicoles), installé à Hammam Sousse (Sahel Tunisien), en se limitant à un suivi physico-chimique restreint et à la détermination de son bilan de dépollution (MES et DBO₅), et de sa productivité qualitative du biogaz (composition et pouvoir calorifique). Elle repose aussi sur une détermination des principales interventions possibles au niveau de l'installation en vue d'une meilleure production et d'une valorisation optimale des co-produits de la biométhanisation (biogaz et digestats).

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Dispositif expérimental

1.1.1.- Site d'étude

L'étude entreprise a été accomplie dans la délégation de Hammam Sousse relevant du gouvernorat de Sousse, zone littorale à climat semi-aride (pluviométrie annuelle ne dépassant pas généralement 350 mm).

1.1.2.-Digesteur mis en place

Il s'agit d'un digesteur pilote industriel de forme cylindrique (photo 1), installé dans une ferme avicole depuis l'année 2000, d'une capacité utile de 300 m³, alimenté en

continu quotidiennement par 10 m³ de substrat composé d'environ 1/3 de fientes avicoles et 2/3 d'eau. Les quantités de fientes disponibles représentent la production journalière d'un élevage avicole en cages autour de 20000 poules pondeuses. L'installation est conçue pour traiter 4 tonnes de déjections fraîches quotidiennement et produire 200 m³ de biogaz/jour pouvant être transformés en 300 kWh électriques dont 5 à 10% seulement sont actuellement consommés par le propriétaire [8] pour alimenter des groupes électrogènes et satisfaire ainsi les besoins de la ferme et de la station en énergie électrique. En plus de l'objectif énergétique, l'unité de biométhanisation a un objectif environnemental qui consiste à réduire la pollution générée par les fientes engendrées.



Photo 1.- Vue générale de l'installation de biométhanisation industrielle avicole étudiée

Le tableau I récapitule diverses caractéristiques relatives du digesteur, alors que les quantités de chaque matière première introduite sont rapportées dans le tableau II.

Tableau I.- Quelques caractéristiques générales du digesteur
(*: Sans système de chauffage)

Type de digesteur		Industriel
Nature de substrat	Substrat	Fientes avicoles
	Inoculum	-
Capacité		300 m ³
Mode de digestion		En continu
Temps de Rétention Hydraulique (jours)		10
Température (°C)		Ambiante (*)
MS (%)	Substrat	20,9
	Inoculum	-
pH	Substrat	8,7
	Inoculum	-

Tableau II.- Quantités introduites de substrat, d'inoculum et d'eau dans le digesteur

Type de digesteur	Substrat (l)	Inoculum (l)	Eau (l)
Industriel	3,33 m ³	-	6,66 m ³

1.1.3.- Circuits des fientes avicoles

Les fientes fraîches collectées des poulaillers et après dilution (raclage avec le jus de process) passent à travers un bassin primaire avant de se regrouper dans le bassin de collecte. Dans le bassin de filtration, les fientes humides seront débarrassées des gros éléments, tels que les plumes et le sable. Les fientes fraîches passent ensuite dans le dernier bassin avant la digestion anaérobie pour la régulation du pH.

Dans le digesteur, les fientes digérées produites traversent trois bassins différents: un premier bassin recevant le substrat digéré pour un faible temps de séjour (appelé bassin des fientes digérées) avant de séjourner dans le second bassin appelé bassin de décantation ou décanteur. À partir de ce dernier, les boues des fientes décantées seront séchées et transformées en méthacompost. Quant à l'eau surnageant (jus de process) le bassin de décantation, elle passe dans le troisième bassin pour servir au raclage des fientes fraîches des poulaillers.

Il convient de noter que parallèlement à chaque opération d'alimentation par de nouvelles fientes, une même quantité de fientes traitées s'évacue à partir du trop plein vers un bassin cylindrique de collecte des fientes digérées.

1.2.- Suivi analytique

1.2.1.- Considérations générales

Le suivi a porté sur plusieurs paramètres physico-chimiques, environnementaux et énergétiques pendant une période variable entre une à quatre semaines en fonction des performances de digestion relevées. Les analyses physico-chimiques et environnementales ont été effectuées au laboratoire «biogaz» du Centre de Formation Professionnelle Agricole en Elevage Bovin (CFPAEB) de Sidi Thabet en Tunisie.

Les prises des échantillons des fientes avicoles ont été faites à trois différents points de l'installation (bassins d'avant et d'après fermentation et bassin de décantation), correspondant successivement à trois phases du processus de fermentation: avant, au cours et après digestion, et ceci afin d'établir les bilans d'évolution de certains paramètres physico-chimiques étudiés tout le long de l'expérimentation, ainsi que les bilans de dépollution. De plus, un prélèvement des fientes fraîches a été effectué à partir d'un poulailler afin d'apprécier l'humidité initiale des fientes avant raclage. Quant aux analyses qualitatives de biogaz, elles ont été réalisées aux laboratoires d'analyses relevant de la Société Tunisienne des Industries de Raffinage (STIR) de Bizerte.

Les prélèvements du biogaz ont été réalisés avant et après épuration afin d'apprécier l'importance de l'épuration (désulfuration par l'hématite de fer) du biogaz produit vis-à-vis des potentialités énergétiques (pourcentage méthane, pouvoir calorifique).

1.2.2.- Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques testés se sont limités aux :

- **pH**: il constitue une mesure globale des ions hydrogène à l'aide d'un pH-mètre. On admet que le pH est le premier indicateur du mauvais fonctionnement éventuel d'un digesteur. La digestion anaérobie se déroule de façon optimale au voisinage de la neutralité ($\text{pH } 7,2 \pm 0,5$). Mais, elle est généralement possible entre pH 5 et pH 9. Une baisse de pH augmente la teneur en Acides Gras Volatiles (AGV), non ionisés, et par conséquent, les phénomènes d'inhibition sur les microorganismes [9].
- **Taux de Matière Sèche (MS)**: c'est le taux complémentaire du degré d'humidité. Il s'agit donc de déterminer le degré ou le taux d'humidité et le pourcentage d'eau dans la matière à l'aide d'un séchage à l'étuve à une température de 105°C.

1.2.3.- Paramètres environnementaux

Le suivi environnemental a été limité aux deux paramètres ci-après.

- **Matières en suspension (MES)**: elles regroupent les matières dont la densité est inférieure à la densité de l'eau. Elles correspondent à l'ensemble de particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée [10]. L'estimation de ce paramètre fait appel à trois étapes: filtration, séchage et pesage.
- **Demande biologique en oxygène (DBO₅)**: elle constitue un bon indicateur de la teneur en MO biodégradable d'une eau (toute MO biodégradable polluante entraîne une consommation d'oxygène) au cours des procédés d'autoépuration. Le principe de la mesure de la DBO₅ repose sur la quantification d'O₂ consommé après incubation de l'échantillon durant 5 jours.

1.2.4.- Suivi qualitatif de la productivité gazeuse

L'évaluation de la productivité gazeuse impose le suivi quantitatif et qualitatif du gaz produit au niveau du digesteur industriel. Suite au dysfonctionnement du débitmètre installé, le suivi quantitatif n'a pas pu être effectué et on s'est limité uniquement au suivi qualitatif qui a porté sur le biogaz prélevé, une fois inflammable, en déterminant sa composition gazeuse et son pouvoir calorifique (PC). La méthode utilisée pour le suivi de la productivité qualitative du biogaz produit est l'analyse chromatographique. Les appareils utilisés réalisent respectivement les analyses relatives à la composition de biogaz et au pouvoir calorifique.

- Composition en éléments gazeux

La qualité du biogaz est évaluée essentiellement par la mesure du pourcentage de méthane (CH₄) qu'il contient. En effet, un biogaz est d'autant meilleur que son pourcentage en méthane est élevé. Mais, elle repose aussi sur la détermination du pourcentage de dioxyde de carbone (CO₂), pourcentage de sulfure d'hydrogène (H₂S) et pourcentage d'hydrogène (H₂). Par opposition au méthane, plus les pourcentages de ces éléments sont réduits, plus la qualité du biogaz produit est meilleure. Comme matériel, il est utilisé:

- Chromatographe pour estimer la composition du biogaz,

- Système ORSAT pour la détermination du pourcentage de CO₂,
- Système pour la détermination du pourcentage de H₂S (DéTECTEUR de gaz DRÄGER).

- Pouvoir calorifique

Le pouvoir calorifique d'un combustible est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de 1m³ normal de gaz sec (quantité de matière gazeuse qu'occupe 1m³ dans les conditions normales de température et de pression: 0°C sous 1 atmosphère) dans l'air à une pression absolue constante.

Il s'agit d'évaluer le Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) et le Pouvoir Calorifique Supérieur (PCS) exprimés en (kcal/Nm³) et liés par la relation suivante:

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

Le PCI est l'énergie calculée lorsque l'eau produite par cette combustion reste à l'état de vapeur. Selon MOZAMBE (2002), la valeur calorifique du biogaz est proportionnelle à sa teneur en CH₄. Elle varie entre 5000 et 8500 kcal/Nm³ [11].

L'eau formée pendant la combustion est ramenée à l'état liquide, les autres produits étant à l'état de gaz. Ainsi, la chaleur latente de vaporisation est celle nécessaire pour transformer 1kg d'eau en vapeur.

Comme matériel, on a utilisé un chromatographe spécifique pour estimer le pouvoir calorifique du biogaz.

2.- Résultats et discussion

2.1.- Suivi physico-chimique restreint

2.1.1.- Évolution du pH

Les fluctuations observées du pH, mesuré une seule fois, au cours du processus de fermentation méthanique, se sont révélées régulières en hausse tout en présentant une similitude (accroissement absolu de 0,8 en passant d'un bassin à un autre).

Le bassin de mélange ou bassin d'avant fermentation, présente un pH d'environ 7,2 quant aux deux bassins d'après fermentation, ils présentent des valeurs assez élevées qui varient d'un pH de 8, dans le premier bassin recevant les fientes digérées, à un pH 8,8 dans le bassin de décantation.

Seule la valeur observée du pH au niveau du bassin de mélange est conforme avec les recommandations (pH 7,2 ± 0,5). Pour les autres bassins, ils sont aménagés à l'air libre et leur exposition aux aléas climatiques (en particulier, les pluies) pourrait être à l'origine des variations remarquables du pH.

2.1.2.- Évolution de la MS

Selon la théorie, la concentration en MS des fientes de volailles dans un digesteur ne devrait pas dépasser 10%. Au-delà de cette valeur, la matière est dense et provoque rapidement l'arrêt de la fermentation méthanique [12].

La variation des pourcentages de MS à différents points de l'installation n'est pas analogue comme pour le pH.

L'ajustement du pourcentage de MS à une valeur inférieure à 10% est une étape primordiale et très exigeante pour un meilleur déroulement du processus de fermentation, puisque les fientes avicoles fraîches présentent au départ un taux de MS égal à 20,9%. Le raclage de ces fientes avec le jus de process permet de les diluer pour obtenir un taux de MS aux alentours de 6% juste avant fermentation. La circulation des fientes raclées et son mélange avec les fientes déjà respectivement digérées et décantées dans les autres bassins permet de réduire davantage ce taux de MS. La chute du taux de MS pourrait être également expliquée par la dégradation de la MO par les microorganismes au cours de la fermentation.

Après digestion, il n'existe pas des différences nettes entre les valeurs enregistrées dans le bassin des fientes digérées et dans le décanteur. Une faible augmentation de l'ordre de 0,2% est enregistrée au niveau du décanteur.

2.2.- Établissement des bilans de dépollution

2.2.1.- Résultats relatifs aux MES

Les MES sont en baisse continue tout au long du cheminement du substrat, ce qui pourrait s'expliquer par la bonne biodégradation de la MO. Cette constatation est pleinement justifiée à travers une lecture directe des valeurs relatées dans le tableau III, qui montre une réduction supérieure à 80% des MES au niveau du bassin de décantation.

Tableau III.- Bilan de dépollution des MES

	Bilan de dépollution	
	mg/l	%
Bassin de mélange	22,50	-
Bassin des fientes digérées	17,60	78,2
Bassin de décantation	18,10	80,5

Cette biodégradation est largement due au système de digestion pratiqué, à cellules fixées, faisant appel à 6000 briques de 12 disposées en superposition et qui permet une bonne rétention des bactéries méthanogènes à l'intérieur du digesteur. Un tel système n'existe pas au niveau des digesteurs expérimentaux, où le renouvellement par alimentation-extraction réduit en partie la population méthanogène, d'où le bilan de dépollution est moindre dans le cas de la digestion expérimentale.

2.2.2.- Résultats relatifs à la DBO₅

Le tableau IV donne les résultats relevés des bilans de dépollution de la DBO₅ à deux points distincts de l'installation après fermentation. Les résultats correspondants montrent une réduction de la charge polluante dépassant 55% dans les deux cas. Cette potentialité est plus accentuée au niveau du bassin de décantation avec une différence de l'ordre de 6% par rapport au bassin des fientes digérées.

La décantation de la matière digérée favorise donc la réduction de la charge polluante. Ce qui fait que cette étape est très intéressante et les résultats sont encourageants pour allouer plus d'importance au maintien en état de fonctionnement du bassin de décantation.

Tableau IV.- Bilan de dépollution de la DBO₅

	Bilan de dépollution	
	mg/l	%
Bassin des fientes digérées	1419,535	55,2
Bassin de décantation	1584,210	61,6

2.3.- Établissement des bilans d'épuration

L'épuration consiste à éliminer non seulement les éléments traces comme la vapeur d'eau, l'hydrogène sulfuré, les composés halogénés, mais aussi le gaz carbonique, afin d'enrichir la concentration en méthane.

Le biogaz produit par le digesteur industriel subit l'épuration en faisant appel à une désulfuration avec l'hématite de fer. À cet égard, le suivi a été réalisé avant et après épuration pour apprécier l'intérêt de ce traitement. L'évaluation de la performance du conditionnement réalisé est interprétée à partir des résultats d'analyse de la composition du biogaz et de son pouvoir calorifique.

2.3.1.- Effet de l'épuration sur la composition du biogaz produit

Le tableau V indique la variation de la composition gazeuse du produit avant et après épuration.

Tableau V.- Effet de l'épuration sur la variation de la composition du biogaz produit

	CH ₄ (%)	CO ₂ (%)	H ₂ S (%)
Avant épuration	60,0	30,0	10,0
Après épuration	75,0	25,0	0,0

D'après les résultats obtenus, le pourcentage de CH₄ a largement augmenté de 15% après épuration (soit, un rendement d'épuration de 25%), alors que les pourcentages de CO₂ et de H₂S, au contraire, ont diminué le premier de 5% et le deuxième de 10%. Notons que le biogaz est d'autant meilleur que son pourcentage en méthane est élevé et que les autres constituants sont réduits autant que possible.

Les résultats obtenus sont des indices du bon fonctionnement du procédé d'épuration et de la grande importance du traitement du biogaz, puisqu'il assure une réduction en éléments polluants (CO₂ et H₂S) ainsi qu'une intensification en concentration de CH₄. La désulfuration gazeuse par l'hématite de fer s'est révélée un procédé efficace du conditionnement, surtout pour l'élimination de H₂S.

2.3.2.- Effet de l'épuration sur le pouvoir calorifique

Les résultats correspondant aux PCI et PCS du biogaz produit avant et après épuration sont relatés dans le tableau VI.

Tableau VI.- Variation du PC du biogaz avant et après épuration

	PCI (kcal/Nm ³)	PCS (kcal/Nm ³)
Avant épuration	5110	5684
Après épuration	6389	7106

Après épuration, il y a une nette amélioration du pouvoir calorifique (soit également, un accroissement relatif de 25%). On peut dire que le biogaz industriel produit présente des potentialités énergétiques valables avant et après épuration. Toutefois, il convient d'améliorer davantage le rendement d'épuration du biogaz pour atteindre le maximum théorique égal à 8500 kcal/Nm³ [11].

2.4.- Problèmes majeurs relevés au niveau de l'installation et améliorations possibles

2.4.1.- Observations générales

Selon les résultats du suivi réalisé, l'installation présente globalement un bon fonctionnement. Toutefois, il est à noter que le biogaz n'est pas convenablement valorisé. En effet, les deux électrogénérateurs tombent souvent en panne, il n'y a pas alors des transformations du biogaz en électricité. De même, le gazomètre présente des fuites de gaz. Ceci est dû principalement à l'inclinaison du bassin d'eau due au mauvais terrassement au moment de la construction et à une déformation ultérieure lors de la construction du bassin.

Le circuit fermé de production au niveau de l'installation, permet au propriétaire d'économiser l'eau au moment du nettoyage des poulaillers. Il faut noter toutefois le nombre important de bassins qui ont presque les mêmes fonctions et qui sont parfois non nécessaires au fonctionnement normal de la station. Une telle constatation provient des transformations et des modifications apportées par le propriétaire pour une meilleure adaptation aux conditions réelles de l'exploitation.

Tenant compte de l'importance de la production de biogaz, des usages devenus de plus en plus restreints du biogaz et des fuites de plus en plus importantes, il convient d'intervenir pour réaliser les réparations nécessaires, même si elles seraient coûteuses. De telles interventions méritent d'être entreprises le plus vite possible pour la viabilité de ce projet pilote. A titre indicatif, la réparation ou le changement du débitmètre installé est fortement nécessaire pour un suivi quantitatif du biogaz produit.

2.4.2.- Principales recommandations

Les recommandations essentielles relatives ci-après méritent d'être prises en considération le plus vite possible :

- Le diagnostic complet de fonctionnement du digesteur pourrait nous renseigner davantage sur le déroulement du processus fermentaire, dans le but d'améliorer la teneur en méthane, les rendements biologique et technologique, et par conséquent, le pouvoir calorifique. Il devrait déboucher sur le relevé de toutes les anomalies de fonctionnement et la recherche de solutions convenables.

- Le dimensionnement et le choix d'un système de chauffage adapté au digesteur surtout en période hivernale. A ce propos, la solution technique à envisager consiste à utiliser une partie du biogaz produit pour le chauffage du digesteur. Cette solution permettrait de minimiser la pollution atmosphérique (l'excédent est actuellement rejeté dans la nature en quantités énormes), et d'améliorer les performances environnementales et énergétiques du digesteur.
- L'approfondissement de l'étude relative à l'efficacité du système d'épuration du biogaz pour corriger éventuellement les anomalies de fonctionnement (temps de séjour de l'hématite de fer dans les colonnes de désulfuration, ...).
- Une meilleure valorisation des digestats obtenus mérite d'être envisagée. Dans ce cadre, plusieurs solutions sont envisageables pour le post-conditionnement des résidus de la biométhanisation (digestats solide ou méthacompost et liquide ou jus de process) en vue de diversifier les possibilités d'utilisation. Il convient de signaler également que le recours à la déshydratation mécanique (système de pressage) et au conditionnement (affinage, ensilage, ...) des digestats est fortement souhaitable en vue d'une commercialisation future des méthacomposts (substitut partiel de la tourbe) pour les pépinières hors sol et du jus de process (fertigation en pleine terre et/ou hors sol). De telles valorisations pourraient couvrir les coûts engendrés par l'investissement nécessaire.
- L'orientation du propriétaire vers l'industrie des engrais organiques solides est une autre alternative envisageable. A cet égard, la solution consiste à installer un atelier de fabrication des fientes granulées après digestion et maturation (séchage-granulation des méthacomposts). Pour cela, il suffit d'acquérir et d'installer certains équipements (presse, broyeurs, tapis de transfert, ...). L'intérêt de cette alternative est double. Ainsi, en plus de la fabrication des engrais granulés pour l'agriculture, il y a une réduction importante de la pollution générée par le biogaz excédentaire (qui sera consommé en grande partie au niveau de différents postes de l'atelier de production d'engrais), d'où, une contribution à la protection de l'environnement (réduction des émissions des Gaz à Effet de Serre: GES provenant du méthane rejeté).

Conclusion

Si la biométhanisation a le mérite d'être une filière de production d'énergie à partir de sources renouvelables, sa contribution au développement durable dépasse largement cette unique plus-value. Elle constitue une source de diversification pour le monde agricole, comme elle a vite trouvé sa place comme processus de dépollution appliqué au traitement des effluents ou des déchets. Elle contribue d'une manière très significative à la réduction des émissions des GES du secteur agricole particulièrement le méthane. Quant au bilan énergétique (rapport entre l'énergie contenue dans le produit fini et l'énergie fossile utilisée dans sa production), il est particulièrement avantageux lorsque le biogaz est produit à partir d'effluents d'élevage, puisque l'énergie fossile consommée pour produire le biogaz est minimale.

L'objectif recherché est l'évaluation notamment des performances environnementales et énergétiques du digesteur considéré et la proposition de certains perfectionnements envisageables pour une meilleure exploitation.

Les suivis environnemental et énergétique, menés au niveau du digesteur pilote industriel à Hammam Sousse (Tunisie), ont permis de justifier ces deux constatations sur les potentialités environnementales et énergétiques du biogaz produit à partir des déjections animales et particulièrement à partir des fientes avicoles fraîches.

À partir de différents points de l'installation présentant, entre autres, les différentes phases du processus de biométhanisation industrielle, un suivi analytique a porté sur deux conditions physico-chimiques de fonctionnement (pH et MS) depuis le bassin de mélange jusqu'au décanteur. Les valeurs obtenues ne respectent pas toujours les normes de fonctionnement normal d'un tel digesteur.

Le biogaz subissant une étape d'épuration qui permet d'améliorer davantage respectivement le pourcentage de méthane et le PCI en passant de 60 à 75% et de 5110 à 6389 kcal/Nm³ (soit, une augmentation relative de 25%).

Cette constatation est d'autant plus justifiée en analysant les résultats du suivi des paramètres environnementaux (MES et DBO₅). Les courbes d'évolution de ces deux paramètres suivent pratiquement la même allure tout le long du procédé de biométhanisation. Les meilleurs bilans de dépollution déduits sont relatés au décanteur au niveau duquel la réduction de la charge polluante des MES est évaluée à 80,5 % et pour la DBO₅, elle est de l'ordre de 61,6 %. Les résultats obtenus prouvent, ainsi, que l'installation contribue fortement à la dépollution des fientes avicoles.

Toutefois, l'installation nécessite quelques modifications, d'une part, en vue d'améliorer davantage son efficacité en matière de performances environnementales et énergétiques, par exemple l'installation d'un système de chauffage, et d'autre part, en vue d'améliorer l'intérêt financier (rentabilité) du projet en valorisant mieux les quantités de digestats engendrés (à titre indicatif, méthacompost comme engrais solide et jus de process comme engrais liquide).

Remerciements

Nous remercions vivement tous les organismes impliqués dans ce travail qui n'a été possible que grâce à la participation de la Société Avicole Frères MHIRI localisée à Hammam Sousse, Tunisie et du Centre de Formation Professionnelle Agricole en Elevage Bovin (CFPAEB) de Sidi Thabet, Tunisie qui ont mis à notre disposition respectivement le digesteur industriel et le laboratoire «Biogaz» (analyses physico-chimiques et bilan de dépollution). Nos remerciements vont également à la Société Tunisienne des Industries de Raffinage (STIR) de Bizerte qui a contribué à la réalisation des analyses qualitatives du biogaz produit.

Références bibliographiques

- [1].- Guendouz J., Buffière P., Cacho J., Carrère M., Delgènes J. P., 2010.- Dry anaerobic digestion in batch mode: Design and operation of a laboratory-scale, completely mixed reactor. *Waste Management* 30 (10):1768-1771.
- [2].- Chavanne X. et Frang J. P., 2008.- Le rendement énergétique de la production d'éthanol à partir de maïs. *C. R. Geoscience*, 340: 263–287.
- [3].- Raynal J., Delgenks J. P. et Moletta R., 1997.- Two-phase anaerobic digestion of solid wastes by a multiple liquefaction reactors process. *Bioresource Technology*, 65: 97-103.
- [4].- Dupont L. et Accorsi A., 2005.- Explosion characteristics of synthesised biogas at

various temperatures. *Journal of Hazardous Materials*, B136: 520–525.

[5].- Kalia V. C., Kumar A., Jain S. R. et Joshi A. P., 1992.- Biomethanation of plant materials. *Biores. Technoz.*, 41: 209-212.

[6].- Basset Y. et Gosset T., 2008.- Ateliern°1: La Bio-méthanisation. Journée technique de veoliaenvironnement. Espace Tamarun, Les Salines, 23p.

[7].- Karellas S., Boukis I., Kontopoulos G., 2009.- Development of an investment decision tool for biogas production from agricultural waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14: 1273–1282.

[8].- ANER, 2003.- Etude stratégique pour le développement des énergies en Tunisie, Bilan des réalisations et rapport final de l'Agence Nationale des Energies Renouvelables (ANER), Alcor–Axenne: 148-157.

[9].- Moletta R., 1989.- Contrôle et conduite des digesteurs anaérobies. *Revue des sciences de l'eau*, 2: 265-293.

[10].- Ramade F., 1993.- Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement, Édiscience internationale, Paris, 822 p.

[11].- Mozambe M., 2002.- La problématique de la biométhanisation en République démocratique du Congo. Université du Québec, 38 p.

[12].- Akrouit J., 1992.- Etude énergétique de la fermentation méthanique des fientes de volailles: optimisation des facteurs influant et modélisation du système. Doctorat de Spécialité, Ecole Nationale des Ingénieurs de Tunis, 143 p.

PARAMÈTRES ÉCOLOGIQUES DES RONGEURS RECENSÉS DANS UN MILIEU SEMI ARIDE À DJELFA (ALGÉRIE)

SOUTTOU Karim^{1*}, SEKOUR Makhlof², GOUISSEM Kheira¹, HADJOU DJ Moussa³, GUEZOUL Omar², DOUMANDJI Salaheddine³ et DENYS Christiane⁴

⁽¹⁾Faculté des sciences de la nature et de la Vie, Département d'Agropastoralisme
Université de Djelfa, 17000, Djelfa, Algérie

⁽²⁾Département des Sciences Agronomiques, Université Kasdi Merbah Ouargla,
Ouargla 30000, Algérie

⁽³⁾Département de Zoologie, Ecole nationale supérieure agronomique, El Harrach,
16200 Alger, Algérie.

⁽⁴⁾UMRCNRS5202–USM601–CP51– Mammifères et Oiseaux,
Département systématique et évolution
Muséum national d'histoire naturelle, Paris
E-mail : kasouttou@yahoo.fr

Résumé- Le piégeage réalisé dans un milieu agricole à Taâdmit, durant la période s'étalant du 9 juillet 2009 jusqu'au 9 mars 2010 totalise. 845 nuits-pièges. Il a permis de capturer 80 individus. Le nombre total d'espèces recensées est de 8 qui se répartissent entre deux familles, celle des Muridae avec deux sous familles et celle des Dipodidae. La sous famille des Gerbillinae est la mieux représentée, regroupant le genre *Gerbillus* dont *Gerbillus campestris* et *Gerbillus nanus* avec quatre individus chacune (5%) et *Gerbillus gerbillus* avec sept individus (8,8%), le genre *Meriones* est représenté par une espèce *Meriones shawii* qui est la mieux représentée parmi toutes les espèces recensées avec 55 individus (68,8%). Cependant les Murinae sont représentés par le genre *Mus* avec les espèces *Mus musculus* avec cinq individus (6,3%) et *Mus spretus* avec quatre individus (5%). La famille des Dipodidae est représentée par le genre *Jaculus* avec l'espèce *Jaculus orientalis* (4%).

Mots clés : Paramètres écologiques, rongeurs, Taâdmit, Djelfa.

ECOLOGICAL PARAMETERS OF THE RODENTS LISTED IN A SEMI ARID AREA AT DJELFA (ALGERIA)

Abstract- Trapping conducted in farmland area at Taâdmit from the July 9, 2009 until March 9, 2010 totaled 925 nights traps. This trap has captured 80 individuals. The total number of species recorded was 8 species which are divided between two families, Muridae with that of two subfamilies and of Dipodidae. The subfamily Gerbillinae is best represented, comprising the genus *Gerbillus* with species *Gerbillus campestris*, *Gerbillus nanus* (4; 5%) and *Gerbillus gerbillus* (8.8%). The genus *Meriones* is represented by one species *Meriones shawii* which best represented among all the species recorded with 55 individuals (68.8 %). While the Murinae are represented by *Mus musculus* (6.3%) and *Mus spretus* (5%). The family of Dipodidae is represented by *Jaculus orientalis* (4%).

Keys words: Ecological settings, rodents, Taâdmit, Djelfa.

Introduction

Les rongeurs ont une distribution géographique naturelle qui couvre le monde entier [1]. Cet ordre est également le plus diversifié, si on doit tenir compte des caractéristiques morphologiques, des aptitudes physiques ainsi que des différents milieux qu'occupent ces animaux [2]. Certaines de ces espèces sont responsables d'importantes pertes de vies humaines car elles jouent le rôle de réservoirs d'agents causaux de

perturbations pathologiques chez l'Homme. La transmission des maladies s'effectue de plusieurs façons, soit directement par contact ou par morsure, soit indirectement par l'intermédiaire des piqûres dues à leurs parasites externes ou par leurs excréments qui souillent les aliments [3]. Il a été démontré, à l'échelle mondiale que les rongeurs endommagent jusqu'à 25 % des produits alimentaires cultivés par l'homme chaque année et 40 % des stocks de riz et autres céréales. Au niveau des magasins de stockage des aliments et dans les champs, les rongeurs s'attaquent à toutes sortes de récoltes, légumes et fruits à tous les stades de développement. Les rats consomment environ 10% de leurs poids de céréales et autres produits alimentaires chaque jour [3].

Parmi les travaux réalisés sur les rongeurs en Algérie nous citons ceux effectués dans les milieux désertiques par LATASTE (1885) [4], PETTER (1961) [5], HEIM de BALSAC (1936) [6], PETTER et SAINT GIRON (1965) [7], BERNARD (1969) [8], COCKRUM (1977) [9], ZYADI (1988) [10], KOWALSKI et RZEBIK-KOWALSKA (1991) [11], HAMDINE (2000) [12], HAMDINE *et al.* (2006) [13] et ADAMOUDJERBAOUI *et al.* (2010) [14]. Quelques données de distribution et de répartition ont été rapportées par GAISLER (1983) [15] pour la Kabylie et le Sud de la région de Sétif. Ces travaux anciens et relativement plus récents étaient axés principalement sur l'identification et la répartition des espèces de rongeurs. Des indications sont données sur les aspects qualitatifs de la faune des rongeurs étudiés à travers le nombre d'espèces qui la compose. L'aspect quantitatif exprimé par des dénombrements, effectifs et densités n'y est pas développé. Les données de répartition rapportées restent toutefois incomplètes car les renseignements concernant les espèces ne sont pas exhaustifs et les observations ne couvrent pas la totalité du territoire. Quelques observations fragmentaires sur la biologie des espèces sont rapportées en parallèle.

Mise à part l'étude réalisée par ADAMOUDJERBAOUI *et al.* (2010) [14] dans la région de Tiaret située à 300 Km à l'Est d'Alger, peu de données concernant les rongeurs des régions steppiques d'Algérie se retrouvent dans la littérature. Nous nous sommes alors proposé dans ce travail, de procéder à une prospection dans la région de Djelfa. Cette dernière, située à 300 km au Sud d'Alger, est une région steppique.

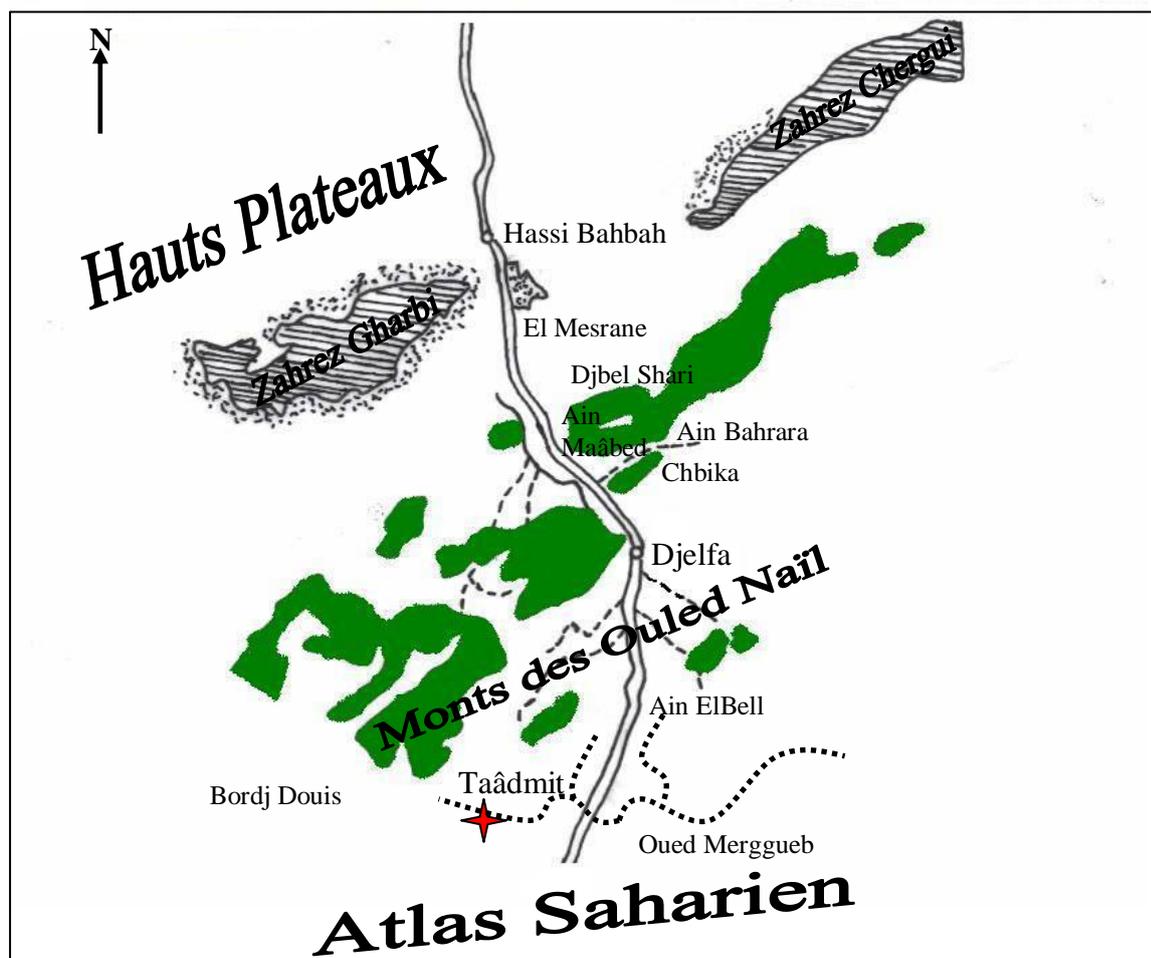
1.- Matériels et méthodes

La région de Taâdmit (34° 18'N.; 2° 58'E.) est située au Sud-Ouest de la wilaya de Djelfa. Elle est limitée au Nord par les monts des Ouled Naïl et Djbel Djellal Rharbi, à l'Est par Ain El Bell et Deldoul, au Sud par l'Atlas Saharien et à l'Ouest par Bordj Douis (fig. 1). Sa superficie est de 788,58 km². L'altitude de la région de Taâdmit est de 1.113 m. Le climat de la région d'étude durant la période d'échantillonnage en 2007 est caractérisé par un total de précipitation de 62,2 mm. La température moyenne varie entre 7,1°C. en décembre et 29°C. en juillet. La région de Taâdmit appartient à l'étage bioclimatique semi-aride à hiver froid.

Ce travail a été réalisé au niveau d'une exploitation agricole qui se trouve à proximité du village Hiouhi (commune de Taâdmit) distant de 50 km du Sud-Ouest de la wilaya de Djelfa (34° 21' N; 3° 05' E). Elle couvre une superficie de 300 ha. La station d'étude est une exploitation agricole d'une superficie estimée de 15 ha, dans laquelle se trouve le pin d'Alep *Pinus halepensis* et le Cyprès *Cupressus sempervirens* qui sont utilisés comme brises vent. L'arboriculture fruitière est représentée par le pommier *Malus domestica*, le poirier *Pyrus communis*, le figuier *Ficus carica*, l'olivier *Olea europaea* et

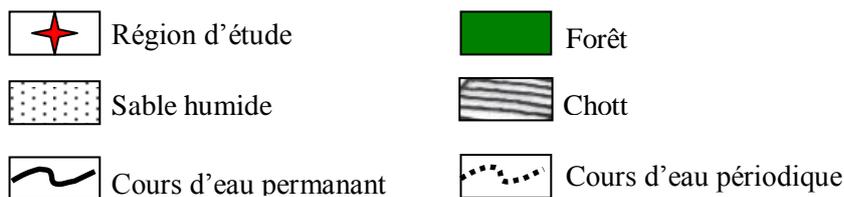
l'abricotier *Prunus armeniaca*. Les cultures maraîchères avec la tomate *Lycopersicon esculentum*, l'aubergine *Solanum melongena*, l'oignon *Allium cepa*, le piment *Capsicum frutescens*, la courgette *Cucurbita pepo* et la fève *Vicia sativa*. En outre, il y a des plantes non cultivées qui occupent une grande partie de cette surface agricole comme l'halfa *Stipa tenacissima*, le chih *Artemisia herba alba* et le sennak *Lygeum spartum* (fig. 2).

La présence des indices tels que les nids, les odeurs, les poils, les empreintes, les restes de nourriture, les terriers, les trous, les gîtes et les crottes sont parmi les critères sélectionnés pour le choix de la station expérimentale. L'accessibilité du terrain et la présence d'agent de surveillance sur place surtout lors du dépôt des pièges de capture, représentent de critères de choix supplémentaire.



Echelle : 1/1.000.000

Figure 1.- Situation géographique de Taâdmit (I.N.C.T., 1990)



Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour la capture des rongeurs, elles sont surtout efficace pour les capturer vivants. Les méthodes de piégeage utilisées permettent une estimation du nombre de rongeurs qui colonisent une zone et étudier la dynamique de cette population dans le temps (variations du nombre) et dans l'espace (domaines vitaux). Dans ce travail on a utilisé trois types de pièges : les tapettes, piège B.T.S. et les pots enterrés.

Les tapettes permettent la capture des rongeurs morts, elles sont fabriquées en bois. Les pièges de type tapette sont beaucoup plus petits et légers à transporter que ceux utilisés pour la capture d'animaux vivants.

Les pièges de type B.T.S. (Besançon Technologie Système) permettant la capture des rongeurs vivants en préservant leur crâne intact. Un total de 15 pièges appâtés (pain), est déposé à l'issue des terriers actifs.



Figure 2.- Une vue générale de la station expérimentale de Taâdmit

La méthode des pots enterrés consiste à enterrer des pots en métal de préférence, des boîtes de conserve de 1 kg à ras du sol. Une dizaine de pots sont placés selon la méthode du transect en ligne droite, la distance entre deux pots est 5 mètres. Chaque pot enterré est rempli d'eau au tiers de son contenu.

La capture des rongeurs est effectuée mensuellement à raison d'une sortie par mois depuis le mois de juillet 2009 jusqu'au mois de mars 2010. Les pièges sont vérifiés chaque

jour tôt le matin. Ils demeurent sur le terrain durant trois nuits minimum. Les rongeurs capturés par les BTS, les tapettes et les pots enterrés sont conservés dans des bocaux contenant de l'alcool, portant chacun le lieu et la date de capture. Le nombre total des nuits-pièges pour tous les pièges installés est de 845 nuits-pièges.

Au laboratoire chaque rongeur capturé est examiné séparément, et numéroté. Il est ensuite identifié en se basant sur plusieurs critères morphologiques tels que la coloration du pelage, la nature des soles palmaires et plantaires [16]. Une fois que l'espèce est identifiée on passe au sexage, puis on note les caractères liés à la reproduction, s'il s'agit d'un mâle on note l'état des testicules (internes ou externes) et s'il s'agit d'une femelle on note si la vulve est fermée ou ouverte, la présence ou l'absence des mamelles et l'état de lactation.

La diversité de la population des rongeurs a été appréciée en calculant les indices suivants :

- L'indice d'abondance est donné par la formule suivante :

$$IA = (ni/N.N.P.) \times 100$$

ni : Nombre d'individus capturés.

N.N.P : Nombre de nuits-pièges = nombre de nuits x nombre de pièges.

- L'abondance relative (AR) est le rapport entre le nombre d'individu d'une espèce ou d'une catégorie (ni) et le nombre total des individus de toute les espèces confondues [17]. Elle est donnée par la formule suivante:

$$AR (\%) = (ni \cdot 100) / N$$

- L'indice de diversité de Shannon – Weaver est considéré comme le meilleur moyen pour traduire la diversité. Il est donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum (ni/N) \times \log_2 ni/N$$

Où ni est le nombre d'individus d'une espèce donnée i, N le nombre total d'individus de toutes les espèces confondues.

Selon RAMADE (1984) [18] l'indice d'équitabilité est le rapport de la diversité observée (H') sur la diversité maximale (H'max). Elle est donnée par la formule suivante:

$$E = H' / \log_2 S$$

S est la richesse totale.

Les valeurs de l'équitabilité varient entre 0 et 1. Elles tendent vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspondent à une seule espèce du peuplement et se rapprochent de 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus.

Si $E < 0,5$ la régularité est faible et les espèces ne sont pas équitablement réparties.

Si $E > 0,5$ (ou égale à 0,7), la régularité est élevée et les espèces sont quitablement réparties.

Pour l'exploitation statistique des résultats, on a appliqué le test de khi-deux (χ^2) aux variations mensuelles des effectifs de différentes espèces de rongeurs et aux variations mensuelles et spécifiques des classes d'âge de rongeurs. Nous avons utilisé le logiciel Xlstat pro 7.5 pour le calcul de ce test.

2.- Résultats

2.1.- Indice d'abondance de différentes espèces de rongeurs recensées

Les résultats de l'indice d'abondance appliquée aux espèces de rongeurs recensées dans la région de Taâdmit sont présentés dans le tableau I.

L'examen du tableau I montre que le nombre de relevés en nuits-pièges n'a pas été le même durant les mois d'étude. Néanmoins, l'indice d'abondance (IA) permet de comparer les résultats obtenus pendant les différents mois d'étude.

Tableau I.- Résultats des piégeages par espèces entre juillet 2009 et mars 2010 dans la région de Taâdmit

Mois	Indic	Espèces							Total	Nuits-pièges
		<i>Gerbillus campestris</i>	<i>Gerbillus nanus</i>	<i>Gerbillus gerbillus</i>	<i>Meriones shawii</i>	<i>Mus musculus</i>	<i>Mus spretus</i>	<i>Jaculus orientalis</i>		
Juillet	N	1	1	-	-	-	2	-	4	140
	F	25	25	-	-	-	50	-	100%	
	IA	0,7	0,7	-	-	-	1,4	-	2,8	
Août	N	-	-	-	1	-	-	1	2	90
	F	-	-	-	50	-	-	50	100%	
	IA	-	-	-	1,11	-	-	1,11	2,2	
Septembre	N	-	-	-	-	-	-	-	0	45
	F	-	-	-	-	-	-	-	0%	
	IA	-	-	-	-	-	-	-	-	
Octobre	N	-	-	-	1	2	-	-	3	75
	F	-	-	-	33,3	66,7	-	-	100%	
	IA	-	-	-	1,33	2,67	-	-	4,0	
Novembre	N	1	-	-	18	3	-	-	22	175
	F	4,5	-	-	81,8	13,6	-	-	100%	
	IA	0,57	-	-	10,29	1,71	-	-	12,57	
Décembre	N	-	2	1	9	-	2	-	14	175
	F	-	14,3	7,1	64,3	-	14,3	-	100%	
	IA	-	1,14	0,57	5,14	-	1,14	-	8,0	
Janvier	N	1	1	2	6	-	-	-	10	75
	F	10	10	20	60	-	-	-	100%	
	IA	1,33	1,33	2,67	8,0	-	-	-	13,33	
Février	N	1	-	2	10	-	-	-	13	75
	F	7,7	-	15,4	76,92	-	-	-	100%	
	IA	1,33	-	2,67	13,33	-	-	-	17,33	
Mars	N	-	-	2	10	-	-	-	12	75
	F	-	-	16,7	83,3	-	-	-	100%	
	IA	-	-	2,67	13,33	-	-	-	16,0	

Le piégeage aléatoire a permis de recenser 8 espèces pendant 9 mois dans la région de Taâdmit. Il ressort que l'espèce la plus souvent capturée, tout mois confondus sauf en juillet et septembre est *Meriones shawii*, suivie respectivement de *Gerbillus campestris*, *Gerbillus gerbillus* et *Gerbillus nanus*. Le taux de capture élevé est noté pour l'espèce

Meriones shawii en mars (IA = 13,33%), en février (IA = 10,67%), en novembre (IA = 10,29%), en janvier (IA = 8,0%) et en décembre (IA = 5,1%). La souris domestique *Mus musculus* est la plus capturée en octobre (IA = 2,67%). Cependant, la souris sauvage *Mus spretus* est la plus capturée en juillet (IA = 13,33%), suivie par *Gerbillus campestris* et *Gerbillus nanus* (IA = 0,7%).

Le nombre d'individus toutes espèces confondues le plus élevé est enregistré en novembre avec 22 individus qui se répartissent entre 18 individus (F = 81, 8%) pour *Meriones shawii*, 3 individus (F = 13,6%) pour *Mus musculus* et un seul individu (F = 4,5) pour *Gerbillus campestris*. En décembre, 14 individus sont piégés dont la Mérieone de Shaw est la mieux représentée avec 9 individus (F = 64,3%), suivie par *Gerbillus nanus* et *Mus spretus* avec 2 individus chacune (F = 14,3%). *Gerbillus gerbillus* est recensée par un seul individu (F = 7,1%). En Février, nous avons pu inventorier 13 individus avec une dominance pour *Meriones shawii* (n = 10 individus; F = 76,9%). *Gerbillus gerbillus* vient au deuxième rang (n = 2 individus; F = 15,4%) avant *Gerbillus campestris* avec un seul individu (F = 7,4%). En mars, 12 individus sont capturés qui se répartissent entre 10 individus (F = 83,3%) de *Meriones shawii* et 2 individus (F = 16,7%) de *Gerbillus gerbillus*. En janvier, 10 individus sont récupérés des pièges installés dont 6 individus (F = 60%) appartiennent à *Meriones shawii*, 2 individus à *Gerbillus gerbillus* (F = 60%) et 1 individu (F = 10%) à *Gerbillus campestris* et *Gerbillus nanus*. Pour le reste des mois les effectifs des captures sont faibles, ils ne dépassent pas les 4 individus.

2.2.- Abondance relative des espèces de rongeurs

Dans le tableau II sont mentionnées les valeurs de l'abondance relative des espèces de rongeurs inventoriées dans un milieu agricole à Taâdmit.

Tableau II.- Abondance relative des espèces de rongeurs inventoriées dans un milieu agricole à Taâdmit (ni : nombre d'individu de l'espèce rencontrée, AR: Abondance relative)

Espèces \ Indices	ni	AR (%)
<i>Gerbillus campestris</i>	4	5
<i>Gerbillus nanus</i>	4	5
<i>Gerbillus gerbillus</i>	7	8,75
<i>Meriones shawii</i>	55	68,75
<i>Mus musculus</i>	5	6,25
<i>Mus spretus</i>	4	5
<i>Jaculus orientalis</i>	1	1,25
Totaux	80	100 %

Pendant la période d'échantillonnage allant de juillet 2009 jusqu'à mars 2010, nous avons capturé 80 individus répartis entre 8 espèces de rongeurs. L'espèce *Meriones shawii* est la mieux représentée avec 55 individus capturés (68,8%). Elle est suivie par *Gerbillus gerbillus* avec sept individus (8,75), *Mus musculus* avec cinq individus (6,25%), *Gerbillus campestris*, *Gerbillus nanus* et *Mus spretus* avec quatre individus pour chaque espèce (5%). Les autres espèces étant faiblement représentées, leurs taux ne dépassent pas les 4%.

2.3.- Diversité et équitabilité des espèces de rongeurs recensées à Taâdmit

Dans le tableau III sont mentionnés les valeurs de l'indice de diversité de Shannon – Weaver, de la diversité maximale et de l'équitabilité.

Tableau III – Indice de diversité de Shannon–Weaver (H'), diversité maximale (H' max) et équitabilité (E) appliqués aux espèces de rongeurs capturées à Taâdmit (- : absence de capture)

Mois indices	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
H'	0,7	0,4	-	0,4	0,3	0,6	0,7	0,7	0,3	1,81
H' max	0,8	0,5	-	0,6	1,5	1,3	1,2	1,3	1,2	3,0
E	0,9	0,8	-	0,7	0,2	0,5	0,6	0,5	0,3	0,60

La valeur de l'indice de diversité de Shannon-Weaver obtenue dans le milieu agricole de Taâdmit entre juillet 2009 et mars 2010 est de 1,81 bits. La diversité maximale est de 3,0 bits. Quant à l'équitabilité sa valeur est de 0,60. L'indice de diversité H' varie entre 0,3 en novembre et en mars et 0,7 bits en juillet, en janvier et en février. La diversité maximale H' max varie entre 0,5 en août et 1,5 en novembre. Pour l'équitabilité, elle tend vers 1 durant tout les mois sauf en novembre et en mars elle se rapproche de 0. Durant ces deux mois, on note la dominance de *Meriones shawii* en effectif par rapport aux autres espèces piégées. Cependant, durant les autres mois les effectifs des espèces de rongeurs recensées tendent à être en équilibre entre eux.

2.4.- Sex ratio de différentes espèces de rongeurs

Dans le tableau IV sont notées les valeurs du sex ratio de différentes espèces de rongeurs inventoriées dans le milieu agricole de Taâdmit de même que les valeurs des χ^2 associés à la comparaison de leurs différents effectifs.

Tableau IV.– Sexe ratio de différentes espèces de rongeurs

Espèces	Sexe	Mâle	Femelle	Sex ratio	χ^2 ($\alpha = 0,05$)
<i>Gerbillus campestris</i>		2	2	1	0,25
<i>Gerbillus nanus</i>		2	2	1	0,25
<i>Gerbillus gerbillus</i>		5	2	2,5	0,57
<i>Meriones shawii</i>		34	21	1,62	2,72
<i>Mus musculus</i>		1	4	0,25	0,80
<i>Mus spretus</i>		3	1	3	0,25

Selon le tableau IV, chez *Meriones shawii*, on note un nombre élevé de mâles capturé par rapport à celui des femelles. Chez les autres espèces de rongeurs la tendance est à la capture de couples avec une différence non significative entre les effectifs des mâles et celui des femelles (tab. IV).

2.5.- Structure de la population des rongeurs

Dans cette partie est développée la répartition des classes d'âges selon les mois et selon les espèces de rongeurs.

2.5.1.- Répartition mensuelle des classes d'âges

Le regroupement des effectifs en classe d'âge relativement homogène, a permis de retracer l'évolution mensuelle de la représentation de chaque classe d'âge dans l'effectif total (Fig. 3). Les jeunes représentent 48 individus (59,3 %). Quant aux sub-adultes, 18 individus (22,2 %) sont recensés. Les adultes sont notés avec 14 individus (17,3 %). Il est à noter que les juvéniles sont recensés durant toute la période d'échantillonnage (juillet 2009-mars 2010), avec des effectifs élevés en novembre (14 individus) et en décembre (13 individus).

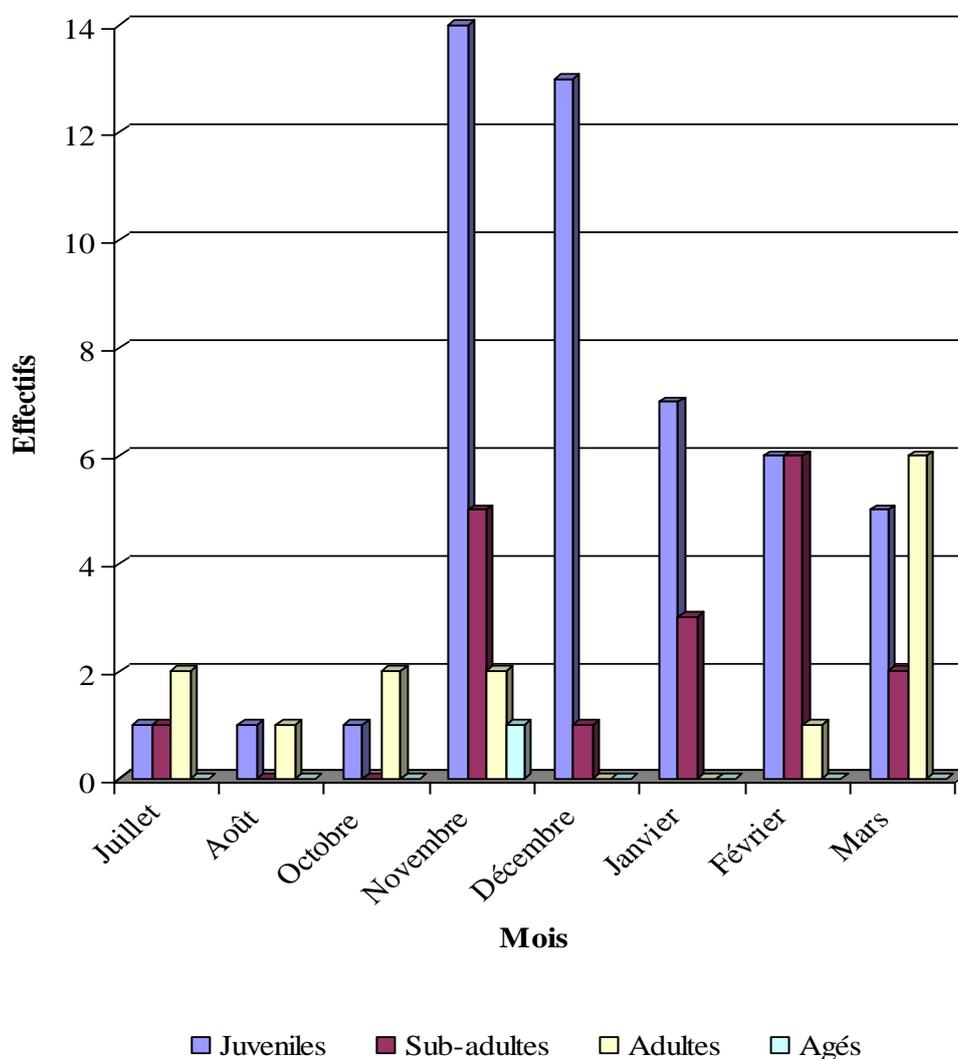


Figure 3 – Effectifs mensuelles des classes d'âges des rongeurs recensés à Taâdmit entre 2009 et 2010

2.5.2.- Répartition spécifiques des classes d'âge

Les résultats de la répartition des espèces de rongeurs capturées dans la région de Taâdmit selon les classes d'âge sont présentés dans le tableau V.

Tableau V – Répartition des espèces de rongeurs selon les classes d'âge
(- : absence de la classe d'âge; ni : nombre d'individu; % : pourcentage)

Classes d'âge Espèces	Juvénile		Subadulte		Adulte		Agé	
	ni	%	ni	%	ni	%	ni	%
<i>Gerbillus campestris</i>	-	-	4	100	-	-	-	-
<i>Gerbillus nanus</i>	3	75	1	25	-	-	-	-
<i>Gerbillus gerbillus</i>	4	57,14	2	28,57	1	14,28	-	-
<i>Meriones shawii</i>	41	74,55	10	18,18	4	7,27	-	-
<i>Mus musculus</i>	-	-	1	20	3	60	1	20
<i>Mus spretus</i>	1	25	1	25	2	50	-	-
<i>Jaculus orientalis</i>	-	-	-	-	1	100	-	-

Au vu du tableau V, nous constatons que la totalité des espèces capturées appartiennent à la catégorie des juvéniles. L'espèce *Meriones shawii* est représentée par trois classes d'âge, nous avons recensé 41 individus juvéniles (74,6%), 10 individus subadulte (18,2%) et 4 individus adultes (7,3%). Quant à l'espèce *Gerbillus gerbillus* nous avons recensé trois classes d'âge avec 4 individus juvéniles (57,1%), 2 individus subadultes (28,6%) et un individu adulte (14,3%). L'espèce *Mus musculus* est représentée par 3 individus adultes (60%), un individu subadulte et un individu âgé. Tandis que *Mus spretus* est noté par 2 individus adultes (50%) et un seul individu pour les classes juvéniles et subadultes. Pour *Gerbillus nanus* nous avons recensé 3 individus juvéniles (75%) et un seul individu subadulte (25%). Enfin, *Gerbillus campestris* est représenté par un individu subadulte et *Jaculus orientalis* par un individu adulte.

3.- Discussion

3.1.- Indice d'abondance des différentes espèces de rongeurs recensées dans un milieu agricole à Taâdmit

Le piégeage aléatoire a permis de recenser 8 espèces pendant 9 mois dans la région de Taâdmit. Il ressort que l'espèce la plus souvent capturée, tout mois confondus sauf en juillet et septembre est *Meriones shawii*, suivie respectivement de *Gerbillus campestris*, *Gerbillus gerbillus* et *Gerbillus nanus*. Le taux de capture élevé est noté pour l'espèce *Meriones shawii* en mars (IA = 13,3%), en février (IA = 13,33%), en novembre (IA = 10,3%), en janvier (IA = 8,0%) et en décembre (IA = 5,1%). La pullulation est une caractéristique propre à cette espèce par rapport aux autres espèces appartenant au même genre (*Meriones crassus* et *Meriones libicus*). Il est à souligner que *Meriones shawii* fréquente des milieux très variés à sol argileux ou sableux, moins fréquemment rocheux.

Elle s'installe souvent dans les cultures [16]. Tandis que *Meriones crassus* et *Meriones lybicus* sont désertiques et présentent de faibles densités dans leurs milieux naturels [5]. Dans la station Cheguig située dans le nord de la région d'El Bayadh DJELAILA (2008) [19] a trouvé un indice d'abondance égal à 4,5 pour *Meriones shawii* et à 1,9 pour *Gerbillus tarabuli*. Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par DJELAILA (2008) [19] dans la station de Cheguig à El Bayadh.

La souris domestique *Mus musculus* est la plus capturée en octobre (IA = 2,7%). Cependant la souris sauvage *Mus spretus* est la plus capturée en juillet (IA = 13,3%), suivie par *Gerbillus campestris* et *Gerbillus nanus* (IA = 0,7%). HAMDINE (2000) [12] à la Goléa et à Béni- Abbès a noté que *Gerbillus nanus* avec 63 individus, *Gerbillus gerbillus* 42 individus, *Gerbillus tarabuli* avec 30 individus et *gerbillus campestris* avec 30 individus sont les espèces les plus souvent piégées. D'une manière générale, les lits d'Oueds et les sebkhas constituent les milieux de prédilection chez *Gerbillus nanus* [17]. HAMDINE (2000) [12] souligne que l'abondance relative de la Gerbille naine est notée dans les milieux cultivés, situés sur les berges de l'oued.

3.2.- Abondance relative des espèces de rongeurs

Pendant la période d'échantillonnage allant de juillet 2009 jusqu'au mars 2010, l'espèce *Meriones shawii* est la mieux représentée avec 55 individus capturés (68,8%). Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par BEN LAHRAECH (2008) [21] dans la même station. Cet auteur a capturé 56 individus répartissant entre 10 espèces de rongeurs. L'espèce *Meriones shawii* est la mieux représentée avec 32 individus capturés (57, 1%). Il est à signaler que *Meriones shawii* n'a pas été recensée par HAMDINE *et al.* (2006) [13] à Béni-Abbès et El Goléa. C'est une espèce inféodée dans les milieux steppiques et le Nord du Sahara [16]. Dans la présente étude à Taâdmit, la Mérieone de shaw est suivie par *Gerbillus gerbillus* avec sept individus (8,75). La petite gerbille *Gerbillus gerbillus* est recensée par HAMDINE *et al.* (2006) [13] par une forte abondance. Elle est surtout présente dans les milieux naturels d'El Goléa et de Béni-Abbès. Ces mêmes auteurs ont noté des abondances élevées pour les espèces appartenant au genre *Gerbillus*. En plus de *Gerbillus gerbillus* cité précédemment, il y a lieu de citer *Gerbillus nanus* avec une abondance maximale (66,6%) enregistrée dans un milieu cultivé à l'Oubared à Beni-Abbès, *Gerbillus tarabuli* avec une abondance de 58% notée dans un milieu naturel à Juifa et *Gerbillus campestris* avec une abondance de 66,6% dans un milieu naturel à Hassi El Gara (El Goléa).

Mus musculus est représenté avec cinq individus (6,25%), cette espèce n'est pas recensée par HAMDINE *et al.* (2006) [13]. BEN LAHRAECH (2008) [21] dans la même station a recensé la souris domestique avec un taux de 3,4 %.

3.3.- Indice de diversité de Shannon-Weaver et équitabilité appliqués aux espèces de rongeurs

La valeur de l'indice de diversité de Shannon-Weaver obtenue dans le milieu agricole de Taâdmit est de 1,81 bits. La valeur obtenue reflète une diversité faible. Cette valeur est inférieure à celle trouvée par BEN LAHRAECH (2008) [21] dans la même station d'étude. Cet auteur a trouvé une valeur égale à 2,14 bits. Il en est de même pour HAMDINE *et al.* (2006) [13], ces auteurs ont noté 2,39 bits dans un milieu cultivé à Krroua (Béni-Abbès). Quant à l'équitabilité sa valeur est de 0,60. Cette valeur se rapproche

de 1. Cela signifie que la régularité est élevée et les effectifs des espèces recensées pendant la période d'échantillonnage sont en équilibre entre eux. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par BEN LAHRAECH (2008) [21] à Taâdmit et par HAMDINE *et al.* (2006) [13] dans différents milieux à Béni-Abbès et à El Goléa.

3.4.- Sex ratio de différentes espèces de rongeurs

Dans la présente étude, nous avons noté chez *Meriones shawii* un nombre élevé de mâles capturés par rapport à celui des femelles. Chez les autres espèces de rongeurs la tendance est à la capture de couples avec une différence non significative entre les effectifs des mâles et celui des femelles. Dans la présente étude la valeur du sexe ratio enregistrée pour *Meriones shawii* (1,62) est supérieure à celle obtenue par DJELAILA (2008) [19] à Cheguig (1,16). DAKO *et al.* (2002) [22] au sud du Bénin ont noté chez l'espèce *Mastomys natalensis* un nombre élevé de mâles capturés par rapport à celui des femelles.

3.5.- Structure de la population des rongeurs

L'évolution mensuelle de la représentation de chaque classe d'âge dans l'effectif total montre que les jeunes représentent 48 individus (59,3%). Quant aux sub-adultes, 18 individus (22,2 %) sont recensés. Les adultes sont notés avec 14 individus (17,3%). Il est à signaler que les juvéniles sont recensés durant toute la période d'échantillonnage (juillet 2009-mars 2010), avec des effectifs élevés en novembre (14 individus) et en décembre (13 individus). La présence de jeunes sujets tout au long de la période d'étude confirme le non-arrêt de la reproduction au cours de la période d'échantillonnage et la forte représentation des juvéniles et des sub-adultes entre novembre et février confirme que cette période est caractérisée par une forte activité de reproduction. La répartition des classes d'âge selon les espèces montre que la totalité des espèces capturées appartiennent à la catégorie des juvéniles. L'espèce *Meriones shawii* est représentée par trois classes d'âge, nous avons recensé 41 individus juvéniles (74,6%), 10 individus subadultes (18,2%) et 4 individus adultes (7, %). Quant à l'espèce *Gerbillus gerbillus* nous avons recensé trois classes d'âge avec 4 individus juvéniles (57,1%), 2 individus subadultes (28,6%) et un individu adulte (14,3%). Pour *Gerbillus nanus* nous avons recensé 3 individus juvéniles (75%) et un seul individu subadulte (25%). Au sein des Murinae, *Mus musculus* est représenté par 3 individus adultes (60%), un individu subadulte et un individu âgé. Tandis que *Mus spretus* est signalé par 2 individus adultes (50%) et un seul individu pour les classes juvéniles et subadultes. Nos résultats sont proches de ceux trouvés par BEN LAHRAECH (2008) [21] dans la même station d'étude. Cet auteur signale qu'au sein des Gerbillinae, *Meriones shawii* est représentée par les quatre classes d'âge, nous avons recensé 13 individus subadulte (40,6%), 10 individus juvéniles (31,3%), 5 individus adultes (15,6%) et 4 individus âgés (12,5%). La forte dominance des jeunes individus par rapport aux individus adultes et âgés peut être expliqué par la vulnérabilité des juvéniles face au piège, ce sont des individus moins expérimentés.

Conclusion

Il ressort de cette étude, que le milieu agricole de Taâdmit est riche en espèces de rongeurs ($S = 8$ espèces). *Meriones shawii* (Mérieone de shaw) est la plus abondante. La pullulation est une caractéristique de cette espèce, elle est parfaitement adaptée aux milieux agricoles. La disponibilité du milieu en nourriture, ajoutant à cela les facteurs écologiques favorables.

Références bibliographiques

- [1].- Aulagnier S. et Thevenot M., 1986.- Catalogue des mammifères sauvages du Maroc. Travx. Insti. Scie., sér. Zool., Rabat, 164 p.
- [2].- Ouzaouit A., 2000.- La situation des rongeurs au Maroc. Séminaire national sur les surveillances et la lutte contre les rongeurs, Marrakech. 7 et 8 juin 2000: 24-30.
- [3].- Ameur B., 2000.- Importance des rongeurs en santé publique. Séminaire national sur les surveillances et la lutte contre les rongeurs, Marrakech. 7 et 8 juin 2000 : 11-14.
- [4].- Lataste F., 1885.- Etude de la faune des vertébrés de Barbarie (Algérie, Tunisie et Maroc). Catalogue provisoire des Mammifères apélagiques sauvages. Act. Soc. Lin. Bordeaux 39 : 129-299.
- [5].- Petter F., 1961.- Répartition géographique et écologie des rongeurs désertiques (Sahar occidental à l'Iran oriental). Mammalia, suppl. : 1-219.
- [6].- Heim de Balsac H., 1936.- Biogéographie des mammifères et des oiseaux de l'Afrique du Nord. Bull. Biol. Fr., Belg., 21(suppl.) : 1-466.
- [7].- Petter F. et Saint Girons M. C., 1965.- Les rongeurs du Maroc. Trav. Inst. Sci. Chérifien, Rabat. ser. Zool. 31 : 1-58.
- [8].- Bernard J. 1969.- Les mammifères de Tunisie et des régions voisines. Bull. Fac. Agr. Tunis., n° 24 et 25, 159 p.
- [9].- Cockrum E. L. 1977.- Status of the hairy footed gerbil *Gerbillus latastei* Thomas and Trouessart. Mammalia, 41 : 75-80.
- [10].- Zyadi F., 1988.- Répartition de *Gerbillus hoogstrali* Lay, 1975 (Rongeurs, Gerbillidés) au sud du Maroc. Mammalia, 52: 132-133.
- [11].- Kowalski K. et Rzebik-Kowalska B., 1991.- Mammals of Algeria. Ed. Ossolineum, Wroklaw, 353 p.
- [12].- Hamdine W., 2000.- Biosystématique et écologie des populations de Gerbillidés dans les milieux arides, région de Béni-Abbès (Algérie). Thèse Doc. État, Fac. Sci. ing., Univ. Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 147 p.
- [13].- Hamdine W., Khammar F., et Gernigon T., 2006.- Distribution des Gerbillidés dans les milieux arides d'El Goléa et de Béni-Abbès (Algérie). Soc. Hist. Natu. Afrique du Nord, T. 73, pp. 45-55.
- [14].- Adamou-Djerbaoui M., Djelaila Y., Adamou M. S., Baziz B., Nicolas V. et Denys C. 2010.- Préférence édaphique et pullulation chez *Meriones shawii* (Mammalia, Rodentia) dans la région de Tيارت (Algérie). Rev. Ecol. (Terre Vie), 65 : 63-72.
- [15].- Gaisler J., 1983.- Mammifères de la région sétifienne. Bull. Zool. Agr., Inst. Nat.

Agro., El Harrach, 8 : 32-36.

[16].- Le Berre M., 1990.- Faune du Sahara – Mammifères. Raymond Chabaud-Lechavalier, T. 2, 360 p.

[17].- Zaim A. et Gautier J. Y., 1982.- Comparaison des régimes alimentaires de trois espèces sympatriques de Gerbillidae en milieu saharien au Maroc. Rev. Ecol. (Terre et Vie), 44 (3) : 153-163.

[18].- Ramade F., 1984.- Éléments d'écologie-écologie fondamentale. Ed. Mc Graw-Hill, Paris, 397 p.

[19].- Djelaila Y., 2008.- Etude des rongeurs de la région d'El Bayadh. Thèse Magister, Dep. Zool. Agri. Forest., Inst. nati. agro., El Harrach, 149 p.

[20].- Zaim A. K. et Pascal M., 1988.- Recherche d'un indice craniométrique discriminant deux espèces de mériones (*Meriones shawi* et *Meriones libycus*) vivant en sympatrie sur le site de Guelmime (Maroc). Mammalia, 52 (4) : 575-582.

[21].- Ben Lahraech F., 2008.- Biodiversité des rongeurs dans un milieu agricole à Taâdmit (Djelfa). Mém. Ing. Agro., Inst. sci. natu. & vie, Cent. Univ. Dejlfa, 84 p.

[22].- Dako G. E. A., Codja. J. T. C. et Bokonon Ganta A. H., 2002.- Evaluation de quelques paramètres corporels pour l'identification des petits rongeurs du Sud Bénin. Acte du séminaire sur la mammalogie et la biodiversité. Abomey-Calavi, Bénin du 30 octobre au 18 novembre 2002 : 41-54.

STUDY ON MILK STIMULATION INTERVAL IN CAMEL USING THE NOMADIC TRADITIONAL METHOD

EISA Mohamed Osman¹, ABU-NIKHAILA Abd Elmoneim Mukhtar², ABD EL MAJID Ali Mohamed³ and ABDEL MONIEM Mahmoud Ali El hag⁴

⁽¹⁾Department of animal production, faculty of Agriculture
Islamic University of Omdurman (moeisa3@gmail.com)

⁽²⁾Department of dairy production, faculty of animal production, University of Khartoum

⁽³⁾National research center (NRC), Khartoum, Sudan

⁽⁴⁾Department of Animal Production and Range, Agriculture Research Corporation (ARC) El-Obeid Research Station, Sudan

Abstract- 16 she-camels were chosen from a large herd of camel belonging to the Lahween tribe in Eastern Sudan. The breed is known locally as (Arabi-Lahwee). This study was thus initiated to identify the actual time needed to stimulate the milk let-down reflex by introduction of the calf and to investigate on the effect of parity orders, dams body weight and time of milking on milk stimulation interval. Neither parity order, body weight groups nor day hours (morning and evening) not showed any sig. impact on milk stimulation interval (MSI). For the 3rd, 4th and 5th parity orders MSI was 116.4 ± 21.5 , 127.0 ± 42.8 and 109.8 ± 7.7 seconds, respectively (means 116.3 ± 12.7 seconds). Body weight groups scored 113.8 ± 18.2 and 118.9 ± 18.9 seconds for <500 and >500 kg, respectively, and at morning and evening time reported 68.1 ± 5.4 and 70.9 ± 7.3 seconds, respectively as MSI. Milk yield (MY) (912 ± 119.6 ml), milking duration (MD) (78.2 ± 4.2 sec.), udder measurements including size, depth, circumference, teat length and diameter showed negative and non-sig. correlation with MSI. While body weight (517.9 ± 19.3 kg) was positively and sig. ($P < 0.05$) correlated and milk flow rate (11.7 ± 1.3 ml/sec) reported positive and non-sig. correlation with MSI. Sig. ($P < 0.01$) variations in the measurements of the udder depth, circumference, size, teat length and teat diameter before and after milking were observed.

Keys words: Camel, milk, stimulation, body weight, milking time, udder measurements

دراسة زمن التحنين (إدرار اللبن) في الإبل باستخدام الطريقة التقليدية للبدو

الخلاصة - تم إجراء هذه الدراسة في 16 ناقة تم إختيارها من قطيع من الإبل العربية اللحوية التي تنتمي الي قبيلة اللحويين في شرق السودان (الشوك). الهدف من هذه الدراسة معرفة المدة الزمنية المطلوبة لنزول اللبن (التحنين) باقتراب الحوار من امه ومعرفة تأثير كل من عدد الولادات، وزن الأم ووقت الحلابة على فترة التحنين. في هذه الدراسة لم يلاحظ أي تأثير معنوي لاي من عدد الولادات، المجموعات الوزنية للنوق أو وقت الحلابة (الصباح والليل) في زمن التحنين. لمجموعات النوق التي كانت في الولادة الثالثة، الرابعة والخامسة الزمن المستغرق في عملية التحنين هو (116.4 ± 21.5)، (127.0 ± 42.8) و (109.8 ± 7.7) ثانية علي التوالي (المتوسط 116.3 ± 12.7 ثانية). المجموعات الوزنية للنوق سجلت (113.8 ± 18.2) و (118.9 ± 18.9) ثانية لكل من المجموعتين أقل من 500 وأكثر من 500 كيلو جرام علي التوالي. في كل من ساعات الصباح والليل سجلت فترة التحنين (68.1 ± 5.4) و (70.9 ± 7.3) ثانية علي التوالي. كل من إنتاج اللبن مل (912 ± 119.6) ، الوقت المستغرق في عملية الحلابة (78.2 ± 4.2 ث) وقياسات الضرع التي شملت العمق، المحيط والحجم وطول الحلمة وقطرها سجلت إرتباطاً سالباً وغير معنوياً مع الزمن المستغرق في عملية التحنين. بينما وزن الجسم (517.9 ± 119.3) كج سجل إرتباطاً موجباً ومعنوياً ($P < 0.05$) وتدفق اللبن مل/ثانية (11.7 ± 1.3) سجل إرتباطاً موجباً ولكنه غير معنوياً مع الزمن المستغرق في عملية التحنين (الإدرار). كما لوحظ أن هنالك فروقات معنوية في كل من القياسات التي أجريت لعمق الضرع، محيط الضرع، حجم الضرع، طول الحلمة وقطرها قبل وبعد الحلابة ($P < 0.01$).

المفتاح: الإبل، فترة التحنين، اللبن، الوزن، فترة الحلابة، قياسات الضرع

Introduction

In the she-camel as in others dairy animals, milk is stored within two compartments of the mammary gland: the cistern (including teat and gland cisterns and large milk ducts) and alveoli (small milk ducts and alveoli lumni). The cisternal milk, which comprises only a small portion, can be easily removed by suckling, hand and or machine milking, without any previous stimulation. In contrast, the alveolar milk can only be removed under milk ejection reflex activation. Tactile stimuli on the teat initiate a neuroendocrine mechanism resulting in the release of oxytocin from the posterior lobe of the hypophysis into the blood stream. Oxytocin causes the contraction of the myoepithelial cells that surround the alveoli, thus forcing the alveolar milk into the cisternal compartment [1].

In she-camels, the presence of calf is considered imperative for milk let-down, and hand massaging of the teat plays a complementary role to enhance milk let-down responses. If a calf dies, the dam dries up if milking is not stimulated [2]. For this a foster calf or conditioning of the mother is necessary. Often arranging for the dam to see the skin of her dead calf is enough to stimulate let-down of milk. Milk let-down response in the she-camel is easily noticeable shortly following the introduction of the calf manifested by sudden swelling of the teats. This necessitates a quick removal of milk because of the short duration of response, which last only for 1.5 minutes according to [3].

Data on the actual milk yield of she-camels are not very accurate for judging the milk potential, because the calf must be allowed to suckle and how much the calf drinks varies with its age, size and health. The amount of grazing and water available to the dam will also determine the amount of milk suckled by calves.

Epistein (1971) documented that the amount of milk the calf is allowed is determined by its needs and the milking capacity of the mother. He continued that when calves have finished suckling the amount left for consumption by the tent dwellers can vary from 1 to 4kg [4]. This aspect, no doubt, result in giving erroneous estimates of actual milk yield of camel herds especially under traditional husbandry system where calves run freely with their dams.

The present study was thus initiated to identify the actual interval needed to stimulate the milk let-down reflex by introduction of the calf and to investigate on the effect of parity orders, dams body weight and time of milking on milk stimulation interval.

1.- Material and methods

1.1.- Experimental animals

16-lactating she-camels of type Arabi-Lahawi with different parities, stage of lactation (3rd, 4th and 5th) and age were randomly selected from the village herd, maintained under natural habitat and managed according to the traditional husbandry system deeply rooted in the society. The system is characterized by transhumance mode of life dictated by the prevailing ecosystem.

For the purpose of this study, young calves are kept in isolation from dams and were allowed to their dam only at milking times, which was performed twice a day in the morning and the evening, since the presence of the calf is imperative for milk let-down in

the she-camel.

1.2.- Monitoring of milk stimulation interval (MMSI)

For determining the MMSI, the calves are introduced to their respective dams. Just before milking time. Once, the calf is introduced to his mother certain behavioural signals seem to be involved in the initiation of milk let-down. These signals can be summarized as follows:

- (i) Once the calf is introduced and finds his way between the mothers rear legs, the mother first smell the calf back and the latter will raise his tail upwards. This is considered as the beginning of milk let-down response and is recorded using a stopwatch.
- (ii) The calf start whiggling his tail in an up and down movement in a quick manner and simultaneously grasp with his tongue all the teat in very fast way. The teats then start to swell.
- (iii) Eventually, the calf will end-up with suckling one teat and maintain his tail horizontally with the end piece in an S-shaped. Signaling that it received milk. This was considered as the terminal point for the MSI. This time was recorded by means of the stopwatch.

This procedure was adopted to measure the MSI (time lapse between step (i) and step (iii)) in the experimental animals, in morning and evening milking through 6-month period).

1.3.- Udder measurement

Udder measurement, including udder depth (UD), udder circumference (UC), udder size (US), teat length (TL) and teat diameter (TD) were monitored. Throughout the experimental period on a monthly basis pre and post-milking to assess changes associated with MSI.

1.4.- Determination of milk yield (MY), milking duration (MD) and milk flow rate (MFR)

The MY is taken as the total milk yield (in ml) obtained from the four quarters per milking. MD is the time required to obtain that amount of milk (in second by stopwatch). MFR is the amount of milk (ml/sec) obtained by dividing MY/MD.

1.5.- Statistical analysis

The data was subjected to statistical analysis programme described by Minitab 12.1 (1997). Analysis of variance (ANOVA) was used for variables affecting the MSI (parity order, body weight and milking time), while persons correlation was adopted to describe the relationship between MSI with MY, MD, MFR, body weight and udder measurement.

2.- Results

2.1.- Parity order

The data describing the mean MSI as affected by parity order is presented in Table I. The result indicates that, the MSI in the three parities studied were 116.4 ± 21.5 , 127.0 ± 42.8 and 109.8 ± 7.7 seconds for the 3rd, 4th and 5th parities, respectively. The data

reflects a non-consistent pattern. The shortest MSI was secured by the group in the 5th parity, followed by the third parity group, while the longest MSI was in the 4th parity group. The statistical analysis showed a non-significant ($P < 0.05$) effect of parity order in MSI.

Table I.- Average MSI/sec according to parity order

Parity order	N	Mean	\pm S.E
3 rd	8	116.4 ^a	21.5
4 th	3	127.0 ^a	42.8
5 th	5	109.8 ^a	7.7
Total	12	116.3	12.7

When the minimum and maximum MSI were considered the result in Table II showed that, the minimum MSI in the three parities were 55, 59 and 82 second, while the maximum values were 240, 206 and 128 seconds, respectively for the 3rd, 4th and 5th parities, respectively. Table II also indicated that, maximum MSI decreases with the increase in parity order. The differences, however maintained a non-significant value ($P < 0.05$).

Table II.- Minimum and maximum MSI/sec according to parity order

Parity order	Minimum	Maximum
3 rd	55 ^a	240 ^a
4 th	59 ^a	206 ^a
5 th	82 ^a	128 ^a

2.2.- Body weight

The data in Table III concerning the effect of body weight of the dams on MSI revealed non-significant effect ($P < 0.05$). However, the lighter females (< 500 kg) secured shortest MSI than the heavier (> 500 kg). The lighter group mean MSI was 113.8 ± 18.2 second as compared to 118.9 ± 18.9 seconds for the heavier group.

Table III.- Average MSI/sec according to body weight

Parity order	N	Mean	\pm S.E
< 500 kg	8	113.8 ^a	18.2
> 500 kg	8	118.9 ^a	18.9
Total	16	116.3	12.7

In the figure 1 minimum and maximum MSI for the two body weight, groups were 55, 206, 59 and 240 for the lighter and heavier groups, respectively.

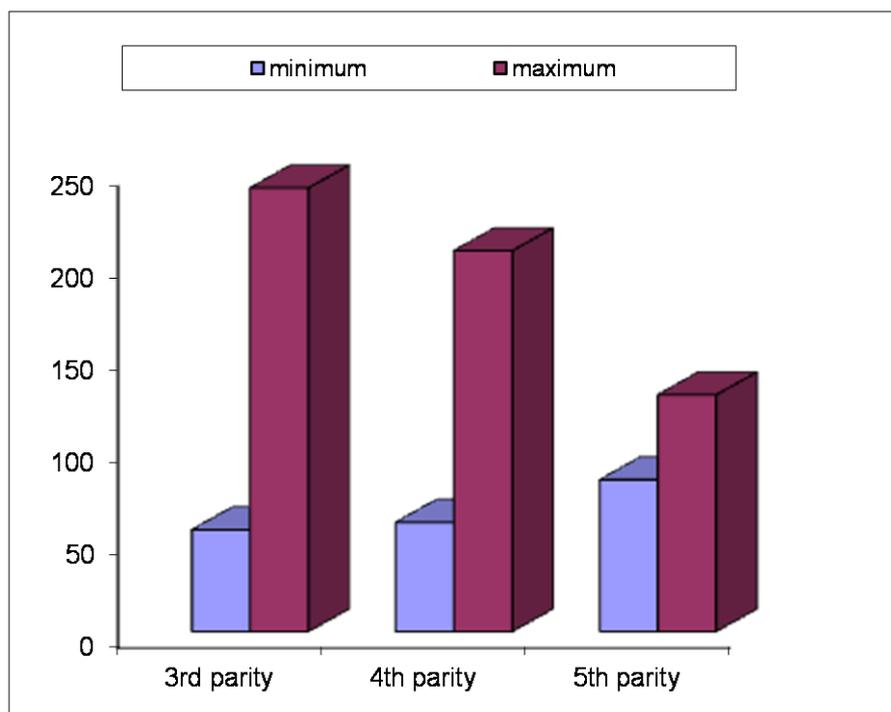


Figure 1.- Minimum and maximum MSI/Sec according to parity order groups

2.3.- Udder measurements

The results on udder measurement monitored pre and post milking are presented in table IV the obtained values indicated a highly significant difference in all measured parameters ($P < 0.01$). The udder depth (UD) before milking was 16.9 ± 0.109 cm, which declined to 15.9 ± 0.109 cm post milking. The udder circumference (UC) was 91.4 ± 0.688 cm prior to milking, and which declined to 85.3 ± 0.688 cm after milking. The udder size (US) too witnessed a sharp decrease, 1559.5 ± 18.5 cm³ before milking compared to 1375.1 ± 18.5 cm³ after completion of milking. The teat length (TL) and diameter (TD) also showed significant ($P < 0.01$) increase when compared before and after milking. The results showed that UD, UC and US increased by 6.3%, 7.2% and 13.4% during the pre-milking and post-milking, respectively. Similarly, the teat length and teat diameter increased by 12.8% and 15% when compared during pre and post-milking episodes.

Table IV.- Udder measurements before and after milking ($P < 0.01$)

Measurement (cm)	Mean		\pm S.E	% increase
	Before	After		
Udder depth	16.9 ^a	15.9 ^b	0.109	6.3
Udder circumference	91.4 ^a	85.3 ^b	0.688	7.2
Udder size (cm ³)	1559.5 ^a	1375.1 ^b	18.5	13.4
Teat length	4.4 ^a	3.9 ^b	0.106	12.8
Teat diameter	2.3 ^a	2.0 ^b	0.057	15.0

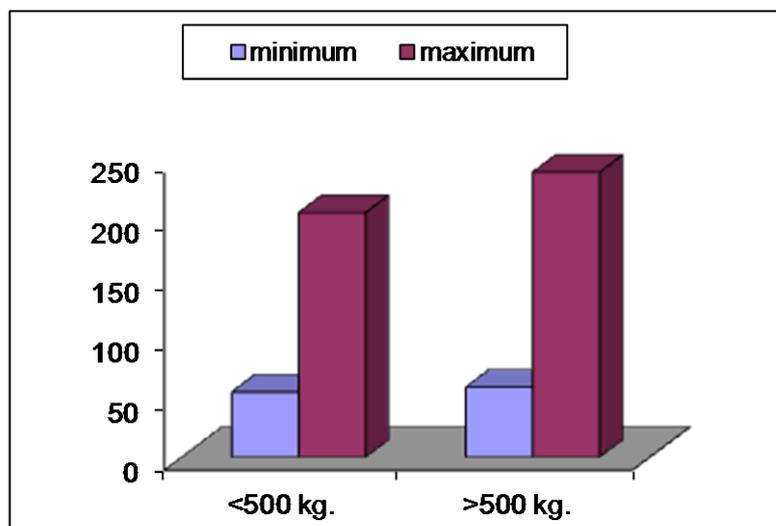


Figure 2.- Minimum and maximum MSI /sec. according to body w.t groups

2.4.- Time of milking

The data pertaining to MSI as affected by morning and evening milkings, are presented in table V. The result indicated that, the MSI during the morning and milking (6–9 am) was 68.4 ± 5.4 second, while that of the evening milking (8–11 pm) was 70.9 ± 7.3 second with non-significant ($P < 0.05$) differences suggested that time of milking did not influence MSI.

Table V.- Average morning and evening MSI/sec

Time	Hours	N	Mean	\pm S.E
Morning	6-9 am	16	68.1 ^a	5.4
Evening	8-11 pm	16	70.9 ^a	7.3

2.5.- Correlation between MSI with milk yield and milk traits

Data describing the correlations between MSI in one hand and milk yield (MY), milking duration (MD) and milk flow rate (MFR) on the other hand are tabulated in table VI. The MY per-milking of the four quarters averaged 912 ± 119.6 ml, while mean milking duration (MT) was 78.2 ± 4.2 seconds. Both traits showed negative and non-significant ($P < 0.05$) correlation with MSI. The average MFR measured in ml/second secured a value of 11.7 ± 1.3 ml/second and was found to be positively with non-significant ($P < 0.05$) correlation with MSI ($r = 0.048$).

Table VI.- Correlation between MSI with MY, MD and MFR
(n.s: non-significant, $P < 0.05$; N: number of observation)

Parameters	N	Mean	\pm S.E	(r)
Milk yield/milking ml	16	912	119.6	- 0.154 ^{n.s}
Milking time/second	16	78.2	4.2	- 0.454 ^{n.s}
Milk flow, ml/sec	16	11.7	1.3	0.048 ^{n.s}

2.6.- Correlation with body w.t and udder measurements

The correlation between body weight of the dam and MSI was found to be positive and significant ($P < 0.05$) (tab. VII) The udder measurement, including US, UD, UC, TL and TD have negative and insignificant correlation with the MSI.

Table VII.- Average body weight and udder measurement and their correlation with MSI (n.s : non-significant, $P < 0.05$; *: significant, $P < 0.05$)

Parameters	N	Mean	S.E \pm	(r)
Weight/kg	16	517.9	19.3	0.600*
Udder size/cm ³	16	1559.5	97.1	- 0.311 ^{n.s}
Udder depth/cm	16	16.9	0.63	- 0.298 ^{n.s}
Udder circumference/cm	16	91.4	2.5	- 0.317 ^{n.s}
Teat length/cm	16	4.4	0.35	- 0.182 ^{n.s}
Teat diameter/cm	16	2.3	0.20	- 0.108 ^{n.s}

3- Discussion

A few authors documented that, the presence of the calf is imperative to milk let-down in the she-camel. In the present study, which allowed close observation of the behavioral signals from both the mother and calf following the introduction of the calf prior to milking and the subsequent activation of milk let-down response emphasizes the importance of the calf presence to initiate milk ejection reflex. Mares (1954) postulated that, if a calf dies the dam dries up if milking is not stimulated. The adoption of a foster calf by arranging for the dam to see the skin of her dead calf is enough to stimulate let-down of milk [2]. In the present study and due to the close observation and recovering of the dam and calf behavior it can be anticipated that both a visual and olfactory stimuli are important for milk ejection reflex to be initiated. This is also true for tropical breeds of dairy cattle, which are usually milked with the calf penned at the rear quarters of the dam.

The release of oxytocin from the posterior pituitary gland is essential for the contraction of the myoepithelial cells surrounding the alveoli, thus forcing the alveolar milk into milk ducts. This is reflected by the swelling of the udder and teats. The measurements of udder depth, size and circumference and teat length and diameter witnessed significantly higher values during the evoke of the MSI as compared to their values after milking, suggesting the flow of milk following the introduction of the calf and initiation of milk ejection reflex. This result emphasizes previous reported claimed by Lefcourt and Akers (1983); Bruckmaier and Blum (1998) [1]. The oxytocin is released in response to tactile stimulation of the teat [1]. The authors also claimed that in camel the smell of the young by his mother is an important psychosomatic stimulation, which may cause increased release of oxytocin and facilitate milk ejection. This fact is re-emphasized in the present study by the significant ($P < 0.01$) increases in udder and teat measurement during the pre milking interval.

The mean MSI found in this study was 116 ± 12.7 seconds falls well within the range reported by Yagil *et al.* (1999) who found that MSI in the she- camel is initiated shortly after suckling (1.5 seconds) and is easily noticeable through the engorgement of udder and teats [3].

The present results highlighted that parity order does not affect significantly the MSI, despite the fact that it decreases with increasing parity. The high value of MSI recorded for the 4th parity group may be attributed the small number of observation in this group (only 3 animals). The results also indicated non-significant ($P > 0.05$) effect of body weight on MSI. However, the lighter group (<500 kg) maintained a shorter (113.8 ± 18.2 seconds) MSI as compared to the heavier group (>500 kg) MSI (118.9 ± 18.9 seconds).

The MSI during day time was slightly shorter in the morning than that of evening-milking (68.1 ± 5.4 versus 70.9 ± 7.3) seconds. The difference was insignificant. The milk yield /milking amounted to 912 ± 119.6 ml, while the milking duration averaged 78.2 ± 4.2 second. Both parameters showed negative and non-sig. ($P < 0.05$) correlation with MSI. The MFR on the other hand was 11.7 ± 1.3 ml/seconds and was positive and non-significant correlated with MSI. These traits (MY, MT and MFR) are beyond doubt affected by the milker and milking interval. In the present study the milking intervals were maintained constant whereby, the morning milking was practiced between 6 – 9 am, while the evening milking between 8-11 pm.

The present study could have provided more solid data on interval of time needed to evoke the milk ejection reflex if oxytocin profiles in the plasma were monitored.

Acknowledgment- Thanks are due to Dr. Ali H. Taha (Head of Camel Research Center – Al-Showak), Al-Khalefa Hawa Al-Nabi and his sons for kind permission and facilities offered for collection of data.

References

- [1].- Bruckmaier R. M. and Blum J. L., 1998.- Oxytocin release and milk removal in ruminants. *J. Dairy Sci.*, 81: 939-949.
- [2].- Mares R. G., 1954.- Animal husbandry, animal industry and animal disease in the Somali land protectorate. *Brit. Vet. J. I.*, 110: 470-481.
- [3].- Yagil R., Van Creveld C., Abu-R'Kaik G. and Merin U., 1999.- Milk "Let-down" in camels. *J. Camel prac. Res.*, 6 (1): 27-29.
- [4].- Epstein H., 1971.- The origin of the domestic animals of Africa. African Publishing Co.: 545-584

LES STEPPES ALGÉRIENNES: CAUSES DE DÉSÉQUILIBRE

NEDJIMI Bouzid et GUIT Brahim

Laboratoire d'Exploration et de Valorisation des Écosystèmes Steppiques
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Djelfa, 17000 Djelfa, Algérie
Adresse E-mail: bnedjimi@yahoo.fr

Résumé- Les steppes algériennes, situées entre les isohyètes 100 à 400 mm, couvrent plus de 20 millions d'hectares d'une végétation basse et rabougrie, soumise à une exploitation humaine très accentuée. La vocation des steppes est principalement l'élevage extensif d'ovins, complété par une céréaliculture aléatoire. De nos jours, le constat majeur est celui d'une diminution de la superficie de ces steppes due à une dégradation parfois extrême. Le tout est aggravé par des sécheresses périodiques plus ou moins sévères et prolongées. La croissance démographique permanente et le désir de l'amélioration du revenu familial, associés à la précarité climatique, ont été à l'origine d'une profonde transformation du milieu naturel en steppe algérienne. Cette transformation s'observe par la genèse d'un certain nombre de phénomènes, indicateurs de la dégradation du milieu. Parmi les plus frappants, on cite essentiellement la détérioration de la qualité des parcours avec la baisse de leur productivité, la salinisation et désertification des sols et enfin, l'érosion des ressources génétique et la baisse de la biodiversité. Dans le but de contribuer à une meilleure connaissance des zones steppiques, pour une plus grande prise de conscience de la complexité du développement rural et de l'état actuel de dégradation qu'a connu ces régions fragiles, il a été jugé à la fois opportun et utile de réaliser une mise au point sur les profonds changements, accélérés durant la décennie écoulée, notamment les causes naturelles et anthropiques de déséquilibre de ces écosystèmes.

Mots clés : Steppes algériennes, cheptel, désertification, surpâturage, sécheresse.

ALGERIAN STEPPES: CAUSE OF DISEQUILIBRIUMS

Abstract- The Algerian steppes, located between isohyets 100 to 400 mm, cover more than 20 million hectares of a low vegetation and rabougrie, subjected to a very accentuated human exploitation. The vocation of the steppes is mainly the extensive breeding of sheep, supplemented by a random cultivation of cereals. Nowadays, the major report is that of a reduction in the surface of these steppes due to a sometimes extreme degradation. The whole is worsened by more or less severe and prolonged periodic drynesses. The permanent population growth and the desire of the improvement of the family income, associated with climatic precariousness, were at the origin of a deep transformation of the natural environment into Algerian steppe. This transformation is observed by the genesis of a certain number of phenomena, indicators of the degradation of the medium. Among more striking, one quotes primarily the deterioration of the quality of the courses with the fall of their productivity, the salinisation and turning into a desert of the grounds and finally, the genetic erosion of the resources and the fall of the biodiversity. With an aim of contributing to a better knowledge of the steppe zones, for a greater awakening of the complexity of rural development and actual position of degradation which knew these fragile areas, he was considered to be at the same time convenient and useful to carry out a development on the deep changes, accelerated during the passed decade, in particular the natural and anthropic causes of imbalance of these ecosystems.

Key words: Algerian steppes, livestock, turning into a desert, overgrazing, dryness.

Introduction

La dégradation des milieux naturels dans les zones arides et semi-arides s'est dramatiquement amplifiée au cours de ces dernières décennies en raison de l'accélération de la croissance démographique, des mutations socio-économiques et des transformations concomitantes des systèmes d'exploitation des ressources naturelles. L'extension des

surfaces cultivées dans les zones steppiques, l'accroissement du cheptel et les modes de gestion et d'exploitation inappropriés ont entraîné différents processus de dégradation: défrichement et prélèvement du couvert végétal, surpâturage, érosion des sols et détérioration de leur fertilité [1,2].

Les steppes algériennes constituent l'espace privilégié de l'élevage ovin extensif. Ces parcours naturels qui jouent un rôle fondamental dans l'économie agricole du pays sont soumis à des sécheresses récurrentes et à une pression anthropique croissante : surpâturage, exploitation de terres impropres aux cultures... Depuis plus d'une trentaine d'années, ils connaissent une dégradation de plus en plus accentuée de toutes les composantes de l'écosystème (flore, couvert végétal, sol et ses éléments, faune et son habitat). Cette dégradation des terres et la désertification qui en est le stade le plus avancé, se traduisent par la réduction du potentiel biologique et par la rupture des équilibres écologique et socio-économique [3].

En Algérie, l'équilibre de l'écosystème steppique a été pour longtemps assuré par une harmonie très rigide entre l'homme et le milieu dans lequel il vit. Cet équilibre a été à l'origine des pratiques humaines ancestrales qui pouvaient assurer la durabilité et la régénération des ressources naturelles. Cependant, ce territoire qui fut l'espace du nomadisme et des grandes transhumances, a subi des modifications profondes ces dernières décennies, par l'apparition de nouvelles pratiques, étrangères au mode de vie des populations steppiques. La conséquence de ces modifications étant une dégradation de plus en plus importante ressentie à tous les niveaux du territoire steppique [4].

Les tendances actuelles dans les steppes arides et semi-arides sont la régression des espèces pérennes ou à cycle long au profit des annuelles ou des plantes à cycle court. Les plantes herbacées pérennes ont fortement régressé, alors que les peuplements graminéens annuels n'ont pas sensiblement changé. On observe une augmentation de l'hétérogénéité dans la répartition du couvert herbacé, avec l'apparition d'une structure "en mosaïque". Ces phénomènes traduisent à la fois les effets des successions d'années sèches et ceux du surpâturage [5].

Partant de cette problématique d'évaluation des ressources naturelles dans les steppes algériennes, le présent travail tente de dresser les grandes lignes de l'état actuel des milieux steppiques. Pour ce faire, il s'appuiera sur les synthèses régionales et sur quelques études de cas.

1.- Localisation et limites

D'une superficie estimée à environ 20 millions d'hectares, les steppes algériennes constituent un ensemble géographique dont les limites sont définies par le seul critère bioclimatique. Elles sont situées entre les isohyètes 100 et 400 mm, et se localisent entre deux chaînes montagneuses en l'occurrence, l'Atlas tellien au Nord et l'Atlas saharien au Sud (fig. 1).

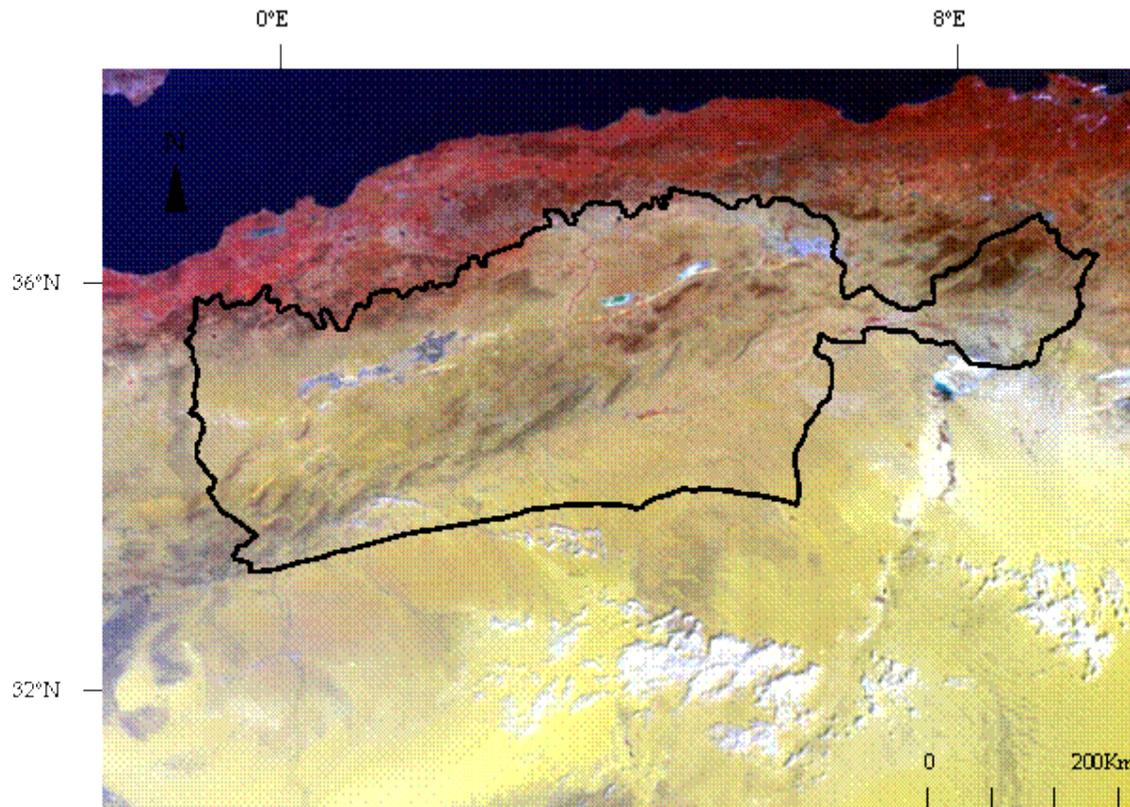


Figure 1.- Délimitation de la région des steppiques algériennes
(Image satellite spot végétation Avril 1999)

2.- Nature des sols

Les sols steppiques sont peu profonds et pauvres en matières organiques, caractérisés par une forte sensibilité à l'érosion et à la dégradation. Les bons sols sont destinés à une céréaliculture aléatoire et se localisent dans les dépressions, les lits d'oued, les dayas et les piémonts de montagne du fait que leur endroit permet une accumulation d'éléments fins et d'eau.

Les principaux types de sols selon la CPCS (1967) sont les suivants [6]:

- Les sols minéraux bruts d'érosion,
- Les sols peu évolués d'apport éolien et d'apport alluvial,
- Les sols calcimagnésiques,
- Les sols halomorphes,
- Les sols isohumiques.

3.- Climat

Les steppes se caractérisent par un climat de type méditerranéen avec une saison estivale sèche et chaude alternant avec une saison hivernale pluvieuse, fraîche sinon froide. Diminution et irrégularité accrue des pluviosités, augmentation des températures et de la longueur des périodes de sécheresse estivale rendant encore plus difficiles les conditions de développement des plantes avec un bilan hydrique déficitaire [7].

En général, la pluviométrie moyenne annuelle est faible (entre 100 et 400 mm/an) et sa répartition est irrégulière dans le temps et dans l'espace. Les pluies se caractérisent par leur brutalité (averses) et leurs aspects orageux. Ces deux phénomènes favorisent l'érosion hydrique. Le régime thermique des steppes est du type continental. Selon la classification faite par LE HOUÉROU (2004) [8], l'Algérie steppique reste dans sa plus grande partie comprise entre les isothermes +1°C et +3°C, l'amplitude thermique annuelle est généralement supérieure à 20°C. Une autre caractéristique du climat steppique est le vent violent. En effet, celui de l'hiver occasionne des dégâts; celui de l'été venant du Sahara (sirocco), est le plus catastrophique; est un vent chaud qui souffle de 20 à 30 jours par an et a des effets dégradants sur la végétation.

Ces variations de précipitations et de températures ont des conséquences sur l'état de la végétation, et par conséquent sur la conduite du cheptel et la vie des éleveurs qui remédiaient autrefois à ces contraintes par de longs déplacements (transhumance). Ces déplacements épargnaient le surpâturage des parcours fragilisés et peu productifs. Mais cette pratique a diminué considérablement ses dernières décennies et elle a été remplacée par la sédentarisation des éleveurs.

4.- Occupation du sol

Les 20 millions d'hectares que compte les steppes se répartissent en parcours, terres improductives, forêts, maquis et cultures marginales (tab. I). L'importance que représente la part des parcours (soit plus de 80% de la superficie totale des steppes en 2000) est liée à la vocation de cet espace pastoral. En termes d'évolution de l'occupation du sol, on constate une augmentation de la superficie des parcours dégradés et donc une régression de la superficie des parcours palatables. D'autre part, on constate une augmentation de la superficie des cultures marginales au détriment des superficies des parcours palatables [4].

Tableau I.- Evolution de l'occupation du sol steppique entre 1985 et 2000 [4,9]

Désignation	1985		2000	
	Superficie (10 ⁶ ha)	Part (%)	Superficie (10 ⁶ ha)	Part (%)
Parcours palatables	10	50	8,7	43,5
Parcours dégradés	5	25	7,5	37,5
Terres improductives	2,5	12,5	0,1	0,5
Forêts et maquis	1,4	7	2,1	10,5
Cultures marginales	1,1	5,5	1,6	8
Total	20	100	20	100

La végétation steppique est de très inégale valeur, tant pour sa composition floristique que par sa densité [10]. Si on impute les zones de cultures, les forêts et les zones improductives, il nous reste 15 millions d'hectares de végétation steppique qu'occupent les parcours. La végétation steppique est dominée par l'Alfa (*Stipa tenacissima*) qui occupe 4 millions d'hectares, suivie par le Chih (*Artimisea herba alba*) avec 3 millions d'hectares, puis le Sennagh (*Lygeum spartum*) et le Guettaf (*Atriplex halimus*) en association, avec respectivement 2 et 1 million d'hectares. Le reste est occupé par des associations diverses (*Aristida pungens*, *Thymelaea microphylla*, *Retama retam*, *Artemisia campestris*, *Arthrophytum scoparium* et *Peganum harmala*) [11].

Selon DJBAILI (1984) la combinaison des facteurs pédo-climatiques et la répartition spatiale de la végétation fait ressortir trois types de steppes [12]:

- La steppe graminéenne à base d'Alfa (*Stipa tenacissima*) (fig. 2) et/ou de Sparte (*Lygeum spartum*) que nous trouvons dans les sols argileux à texture plus fine. Sur les sols sableux, nous trouvons la steppe à Drinn (*Aristida pungens*);
- La steppe à chamaephytes représentées par l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) qui occupe les sols à texture fine.
- La steppe à halophytes ou crassulescentes qui occupe les terrains salés. On y trouve *Atriplex halimus*, *Salsola vermiculata* et *Suaeda fruticosa*.



Figure 2.- Steppe à Alfa (*Stipa tenacissima*), Mise en défens d'Ain F'kah, Djelfa (Photo NEDJIMI, 2007).

Les indicateurs de la dégradation des ressources végétales sont multiples. Ils se manifestent surtout à travers la diminution du taux de recouvrement et le changement du cortège floristique par la diminution des espèces pérennes productives au profit des espèces annuelles à faible biomasse. Le constat à faire est que la plus grande part des parcours steppiques se trouve soit dégradée, soit dans un état avancé de dégradation. Les statistiques officielles nous montrent que la part des parcours steppiques relativement bons s'élève à 20% (tab. II).

Tableau II.- L'état des parcours steppiques en 2005 [13,14]

Etat des parcours	Superficie (millions d'ha)	(%)	Production (UF/ha)
Dégradés	6,5	43,3	30
Moy. dégradés	5,5	26,7	70
Bons	3	20	120
Total	15	100	220

5.- Causes de déséquilibre

Face à l'accroissement de la population humaine et animale sur un espace vital de plus en plus réduit, on assiste actuellement à une surexploitation de ce qui reste des

parcours steppiques. La dégradation des parcours est issue de l'interaction de deux types de facteurs. Des facteurs naturels liés aux conditions du milieu physique en général, et des facteurs socio-économiques, anthropiques qui favorisent une action anarchique de l'homme sur l'écosystème.

5.1.- Causes naturelles

Les facteurs naturels qui sont à l'origine de la dégradation des parcours steppiques sont fortement liés à la fragilité de l'écosystème de ces zones. L'action combinée des facteurs climatiques et édaphiques font que les parcours sont soumis à une dégradation accentuée par le phénomène de l'érosion [15].

Les risques d'érosion éolienne et hydrique sont forts en steppes arides en raison de la violence des événements climatiques et de la faible protection du sol par la végétation. L'importance du recouvrement végétal est à la fois une conséquence de l'érosion et un indice de risque érosif, que l'on peut associer à des indices d'érodibilité pour faire des prédictions [4].

Les écosystèmes steppiques sont marqués par une grande variabilité interannuelle des précipitations. Les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviosité annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante. L'action de l'érosion éolienne accentue le processus de désertification. Elle varie en fonction de l'importance du couvert végétal [16].

Les steppes algériennes sont marquées par une grande variabilité interannuelle des précipitations. En outre, les dernières décennies ont connu une diminution notable de la pluviosité annuelle, avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante [3].

Dans un milieu ouvert où la végétation a un recouvrement inférieur à 30%, l'action du vent opère un tri en emportant les fines particules telles que les limons et les argiles et laisse sur place des sols squelettiques à dominance d'éléments grossiers présentant un faible pouvoir de rétention d'eau, qui ne peut favoriser la remontée biologique. Ce type d'érosion provoque une perte de sol 150 à 300 t/ha/an, dans les steppes défrichées [7].

L'érosion hydrique est due en grande partie aux pluies torrentielles qui, sous forme d'orages violents désagrègent les sols peu épais, diminuent leur perméabilité et leur fertilité. Les éléments fins, l'humus et les éléments minéraux sont emportés par le ruissellement qui provoque la formation de rigoles et de ravines entaillant profondément la surface du sol. Comme conséquence directe de ce phénomène d'érosion, un volume de 50 à 250 tonnes par hectare et par an de terre sont ainsi entraînées par le ruissellement sur les sols dénudés à forte pente [15].

5.2.- Problème de salinité des sols

Plus de 95% des sols des régions arides sont soit calcaires, gypseux ou salsodiques [6]. Du fait des hautes températures qui sévissent pendant une longue période de l'année, les précipitations subissent après leur infiltration, une forte évaporation entraînant la remontée vers la surface du sol, des particules dissoutes qui se concentrent en croûtes et stérilisent le sol. On trouve deux types de dépressions salées aux niveaux des

régions arides et semi-arides dont les termes vernaculaires sont Chott et Sebkha [17]; la différence entre ces deux noms réside dans le mode d'alimentation. Les sebkhas sont sous la dépendance d'apport des eaux de crues et les Chotts sont alimentés respectivement par les apports de ruissellement et aussi par les nappes artésiennes profondes arrivant jusqu'en surface par des sources et/ou des suintements. Les Chotts seraient de véritables «machines évaporatoires», en période pluvieuse normale (hiver, printemps) une couche d'eau de quelques centimètres, saturée en sel (300-400g/l) recouvre la surface, laissant après évaporation des dépôts surtout de chlorure de sodium, parfois exploitables. Après de fortes pluies, les Chotts peuvent constituer de véritables lacs de plusieurs mètres de profondeurs; quelques mois après, l'évaporation très forte assèche complètement la surface. Le vent balayant cette surface desséchée et dénudée peut, dans certaines conditions, entraîner des particules argileuses et des cristaux de sels (chlorure de sodium, gypse) qui s'accumulent en bordure de la dépression [18,19]. Tout autour de ces systèmes, la présence d'une nappe phréatique plus ou moins salée et inégalement profonde contribue à la formation de sols halomorphes [20].

6.- Causes anthropiques

L'équilibre des écosystèmes naturels a été fortement perturbé au cours des récentes décennies dans la plupart des régions arides et semi-arides sous l'effet de la modification des systèmes d'exploitation du milieu liée à la transformation des conditions socio-économiques et à l'évolution des techniques de production [5]. En effet, suite à l'accroissement démographique et à la sédentarisation d'une partie croissante de la population, on assiste à une extension rapide de l'agriculture au détriment des meilleures zones pastorales dont la végétation naturelle est détruite par des moyens mécaniques de plus en plus puissants. Cette destruction est également aggravée par l'accroissement de la pression animale sur les surfaces pastorales de plus en plus réduites et par le prélèvement des produits ligneux destinés à la satisfaction des besoins en combustibles [21]. Ces différents phénomènes ont contribué à accroître la fragilité des écosystèmes, à réduire leur capacité de régénération et à diminuer leur potentiel de production.

Dans les zones les plus vulnérables, la surexploitation des ressources naturelles renouvelables a eu pour effet de favoriser différents processus de dégradation conduisant à une progression rapide de la désertification. L'économie de ces zones est basée sur l'élevage extensif des ovins, ainsi que la culture sporadique de céréales en sec [10]. Le problème majeur auquel l'élevage fait face dans ces zones est la rareté et l'irrégularité des ressources alimentaires. La production animale des ruminants dans les zones arides se caractérise par des crises périodiques dues à des disettes résultant de la sécheresse [1].

Compte tenu de l'état de dégradation des écosystèmes naturels et de la forte pression humaine et animale qui s'exerce sur ces écosystèmes, la reconstitution du couvert végétal ne peut plus être assurée dans la plupart des cas par les mécanismes naturels de régénération et nécessite le recours à des techniques récentes d'aménagement et de gestion des terres. Ces techniques se basent sur l'utilisation judicieuse des eaux de pluie et la plantation d'espèces ligneuses contribuant aussi bien à l'accroissement de la production qu'à la protection des sols contre l'érosion [22].

La dégradation des parcours steppiques due aux phénomènes naturels est amplifiée par la pression croissante que l'homme et ses troupeaux exercent sur ces écosystèmes, ce qui accélère le processus de dégradation des végétations steppiques. La sédentarisation des

éleveurs, la situation du foncier ainsi que celle du marché de la viande et des céréales incitent au développement des formes d'exploitation dite minière des steppes [2,23].

Evolution de la population steppique

Le nomadisme et notamment la transhumance (Achaba-Azzaba) constitue la principale activité pastorale qui découle des facteurs historiques économiques et sociaux. C'est une forme d'adaptation à un milieu contraignant où l'offre fourragère est marquée par une discontinuité dans le temps et dans l'espace. Ces déplacements, s'effectuant en été vers les zones telliennes (Achaba) et en hivers vers les parcours présahariens (Azzaba), allègent la charge sur les parcours steppiques leur permettant ainsi de se régénérer [14].

Une forte croissance démographique est enregistrée durant la dernière moitié du siècle. La population de la steppe qui était de 900 milles habitants en 1954, est estimée à plus de sept (07) millions d'habitants en 1999 [13]. La transhumance ou déplacement de grande amplitude (Azaba; transhumance d'été vers les chaumes des zones telliennes ou Achaba; transhumance d'hiver vers les piémonts Nord de l'Atlas Saharien) qui permettait dans le passé une utilisation rationnelle des ressources naturelles, ne concerne plus que cinq (5%) de la population steppique [24]. Le reste de la population est devenu semi-sédentaire. Les pasteurs ont modifié leur système de production en associant culture céréalière, élevage et sédentarisation [25]. La principale conséquence de cette transformation du mode de gestion des parcours est la surexploitation des ressources biologiques et la dégradation des terres. L'équilibre social et biologique se trouve fortement perturbé par l'intensification des besoins engendrés par la croissance démographique et la mutation de la population steppique, dont une grande partie a rejoint d'autres secteurs d'activités. La diminution de la population vivante en zones éparées et la baisse de la population nomade traduisent l'importance de la sédentarisation qu'ont vécue les steppes ces dernières années. Il ressort que, la croissance démographique et la sédentarisation de plus en plus importante ont eu comme conséquences l'augmentation de la pression sur les ressources et l'intervention anarchique de l'homme. La pression humaine continue est à l'origine de l'important déséquilibre écologique des zones steppiques.

Surpâturage

Le souci majeur de tout pasteur en milieu steppique, est le désir permanent d'accroître l'effectif de son cheptel, avec une diversification des espèces animales. Ainsi, si les ovidés et les caprinés constituent les deux composantes majeures des troupeaux, l'effectif des camélidés reste également à considérer, en particulier sur les formations végétales halophiles de la steppe algérienne. Cette composition des troupeaux se traduit par une incontestable pression animale sur la végétation steppique du milieu aride, élargissant de fait le spectre d'acceptabilité et d'appétabilité des espèces pastorales.

L'exploitation permanente des pâturages naturels, utilisant une charge animale nettement supérieure au potentiel de production des parcours, a pour effet de réduire leur capacité de régénération naturelle (fig. 3). L'effectif du cheptel pâturant en zones steppiques et dont la composante prédominante est l'espèce ovine (environ 83% du cheptel), n'a cessé d'augmenter depuis 1968. La croissance accélérée de l'effectif a pratiquement triplé le troupeau ovin en l'espace de trente (30) ans. De 5.600.000 têtes en 1968, le cheptel ovin passe à 18.000.000 de têtes en 2003 (tab. III).

Il ressort donc selon le tab. III, que l'effectif du cheptel pâturant sur la steppe, a subi une croissance vertigineuse depuis 1968. La superficie des parcours a en revanche subi une régression considérable, en particulier sous l'effet du défrichement pour la céréaliculture. De ce déséquilibre, résulte une augmentation de la charge pastorale, communément désignée par surpâturage.

Tableau III.- Effectif du cheptel en régions steppiques (10^3 têtes) [9]

Cheptel	1968	1999	2003
Ovins	5 600	15 000	18 738
Caprins	300	1 400	3 186
Bovins	120	240	1 464
Camelins	100	100	333
Equidés	250	750	-
Total	6 370	17 490	23 721

Il y a surpâturage quand l'effectif du bétail est trop nombreux par rapport à la surface pâturée ou bien y est maintenu trop longtemps, les bonnes espèces prennent un aspect chétif et rabougri avant de disparaître et sont remplacées par des espèces moins appréciées par le bétail, puis ces dernières sont à leur tour surpâturées et certaines d'entre elles disparaissent, jusqu'à l'obtention d'un sol quasi nu très vulnérable à l'érosion.



Figure 3.- Exploitation permanente des parcours naturels par une charge animale croissante, Commune de Dar Chioukh, Djelfa (Photo NEDJIMI, 2010).

Défrichement des parcours et pratiques culturales

Dans le souci de combler le déficit alimentaire du cheptel, causé par la sécheresse, les éleveurs des steppes, ont opté pour les céréales par le défrichement des parcours. Or, les terres steppiques sont réputées pour être squelettiques. La conséquence du labour sur de telles terres est l'augmentation de leur risque de dégradation par érosion (hydrique ou

éolienne) [4,21].

Au cours des années 70, l'extension de la céréaliculture fut caractérisée par la généralisation de l'utilisation du tracteur à disques pour le labour des sols à texture grossière fragile. Les labours par ces derniers constituent en un simple grattage de la couche superficielle accompagné de la destruction quasi totale des espèces pérennes. Ces techniques de labour ont aussi une action érosive, détruisant l'horizon superficiel et stérilisant le sol, le plus souvent de manière irréversible [14].

La superficie labourée en milieu steppique est estimée à plus de 02 millions d'hectares [26], la plus grande partie de ces terres se situe sur des sols fragiles en dehors des terres favorables des fonds d'oueds ou de Dayates. La technique de labour utilisée est une technique particulièrement érosive. L'utilisation de la charrue à disque ou le cover-crop pour un labour superficiel des sols à texture grossière, se justifie par son coût moins élevé pour des agro-pasteurs soumis à des aléas climatiques importants et donc obligés de minimiser leurs coûts du fait de la faible probabilité qu'ils ont d'obtenir une récolte correcte. En effet, cette culture épisodique détruit les plantes vivaces qui sont remplacées par des espèces annuelles incapables de retenir le sol [27]. Les faibles rendements obtenus (2 à 5 qx/ha) sont loin de compenser la perte de sol qui en résulte et les nuisances générées [5].

Conclusion

Au passé, dans les steppes algériennes, un certain équilibre s'est maintenu, entre les ressources pastorales disponibles et le cheptel existant, avec un mode de vie adapté à ce milieu fragile (nomadisme et transhumance), ce qui a permis au parcours de se régénérer facilement après de longues périodes de sécheresse. De nos jours, cet équilibre est perturbé et la rupture se manifeste par une dégradation générale du milieu. L'accroissement des effectifs du cheptel, la pratique des labours mécanisés inadaptés à ce milieu fragile, la désorganisation de la transhumance et la surexploitation des ressources pastorales ont conduit à ce déséquilibre alarmant, qui se traduit sur le plan écologique par une dégradation visible des pâturages et l'extension des paysages désertiques. Une gestion et un aménagement appropriés des parcours, selon leur situation et les contraintes vécues, s'imposent comme préalable où il va falloir envisager une politique rationnelle pour l'utilisation de l'espace steppique.

Remerciements

Le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Algérien est vivement remercié (Projets PNR et CNEPRU code F-02820100012).

Références bibliographiques

- [1].- Le Houérou H. N., 2006. Environmental constraints and limits to livestock husbandry in arid lands. *Sécheresse*, 17 (1-2): 10-18.
- [2].- Nedjimi B., 2012 a. Rangeland improvement and management options in the arid steppes of Algeria. In: Germano, M. Denise (Ed.) *Steppe ecosystems: Dynamics, land use and conservation*. Nova Science Publishers, Inc. New York:157-170.

- [3].- Nedjraoui D., Bédrani S., 2008. La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo*, 8 :1-15.
- [4].- Bensouiah R., 2006. Vue d'ensemble de la steppe algérienne. Doc en ligne: (<http://desertification.voila.net/steppealgerienne.htm>).
- [5].- Le Houérou H. N., 2002. Man-made deserts: Desertization processes and threats. *Arid Land Res. Manag.*, 16: 1-36.
- [6].- Halitim A., 1988. Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p.
- [7].- Le Houérou H. N., 1996. Climate change, drought and desertification. *J. Arid Environm.*, 34: 133-185.
- [8].- Le Houérou H. N., 2004. An agro-bioclimatic classification of arid and semiarid lands in the isoclimatic mediterranean zones. *Arid Land Res. Manag.*, 18: 301-346.
- [9].- Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information, 2003. Recensement général de l'agriculture, Rapport général des résultats définitifs, 125p.
- [10].- Le Houérou H. N., 2001. Biogeography of the arid steppe land north of the Sahara. *J. Arid Environ.*, 48: 103-128.
- [11].- Nedjraoui D., 2002. Les ressources pastorales en Algérie. Doc FAO en ligne : www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/Algeria/Algerie.htm.
- [12].- Djebaili S., 1984. Steppe algérienne phytosociologie et écologie. OPU, Alger, 177 p.
- [13].- HCDS, 2005. Problématique des zones steppiques et perspectives de développement. Rap. Synth., haut commissariat au développement de la steppe, 10 p.
- [14].- Nedjimi B., Homida M., 2006. Problématique des zones steppiques algériennes et perspectives d'avenir. *Revue du Chercheur*, 4 :13-19.
- [15].- Le Houérou H. N., 1995. Bioclimatologie et biogéographie des steppes aride du Nord de l'Afrique- Diversité biologique, développement durable et désertisation. *Options médit.*, 10: 1-397.
- [16].- Aïdoud A., Le Floc'h E., Le Houérou H. N., 2006. Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, 17: 19-30.
- [17].- Pouget M., 1980. Les relations sol-végétation dans les steppes Sud- algéroises. Thèse Doc., Travaux et documents de l'OROSTOM, Paris, 555 p.
- [18].- Boumezbeur A. et Ben hadj M., 2003. Fiche descriptive sur les zones humides RAMSAR, Chott Zahrez chergui (Algérie). Direction générale des forêts, 10 p.
- [19].- Nedjimi B., 2012b. Seasonal variation in productivity, water relations and ion contents of *Atriplex halimus* spp. *schweinfurthii* grown in Chott Zehrez wetland, Algeria. *J. Saudi Soc. Agri. Sci.*, 11: 43-49.

- [20].- Pouget M., 1973. Une manifestation particulière et méconnue de la salure dans les steppes du sud-algérois: Les plages de salure sur les glacis quaternaires à croûte calcaire. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 64: 15-24.
- [21].- Floret C., Le Floch E. et Pontanier R., 1992. Perturbation anthropique et aridification en zone présaharienne In: Le Floch E., Grouzis M., Cornet A., Bille J. C. (Eds) L'aridité une contrainte de développement, caractérisation, réponses biologiques et stratégie de sociétés. Ed. Orostom, Paris: 449-463.
- [22].- Le Houérou H. N., 1992. Agroforestry and sylvopastoralism to combat land degradation in the mediterranean basin: old approaches to new problems. Agri. Ecosy. Environm. 33:99-109.
- [23].- Benabdeli K., 2000. Évaluation de l'impact des nouveaux modes d'élevage sur l'espace et l'environnement steppique. Commune de Ras El Ma (Sidi Bel Abbes-Algérie). Options Médit., 39: 129-141.
- [24].- Nedjimi B., Sebti M., Naoui T. H., 2008. Le problème du foncier agricole en Algérie. Revue Droit Sci. Hum., 1: 1-11.
- [25].- Khaldoun A., 2000. Évolution technologique et pastoralisme dans la steppe algérienne. Le cas du camion Gak en hautes-plaines occidentales. Options Médit., 39: 121-127.
- [26].- Ministère de l'agriculture, 1998. Plan national d'action pour l'environnement. Rapp. synth., Alger, 15 p.
- [23].- Abdelguerfi A., Laouar M., 1997. La privatisation du foncier: impact sur l'environnement et sur les ressources génétiques en Algérie. Options Médit., 32: 203-207.

CROISSANCE COMPARÉE DES PLANTES DE GOMBO EN CULTURE DE PLEINE TERRE SELON LES MODES SEMIS DIRECT ET REPIQUAGE

M'SADAK Youssef ^{*}, ELOUAER Mohamed Aymen et DHAHRI Moez
 Département du Génie des Systèmes Horticoles et du Milieu Naturel
 Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, Université de Sousse, Tunisie
 E-mail: msadak.youssef@yahoo.fr

Résumé- *Plusieurs travaux de recherche agronomique, relatifs à la production hors sol des plants ont mis en évidence l'importance du substrat de croissance sur le développement et la qualité des plants élevés en pépinière. Cependant, peu de travaux de recherches sont disponibles sur l'influence de la nature du substrat sur l'évolution des plantes maraîchères produites après repiquage en pleine terre. Face à ce constat, la présente étude est réalisée en vue de tester l'incidence du type de substrat utilisé en pépinière sur la croissance végétative et la qualité des plantes de gombo obtenues après transplantation et de mener la comparaison par rapport au semis direct. Les résultats laissent apparaître que les plants de gombo issus du semis direct manifestent les meilleures performances de croissance (hauteur de la plante, biomasse sèche de la partie aérienne, racinaire et du plant entier) par rapport aux plants issus du repiquage (quelque soit le type de substrat étudié, avec incorporation ou non du compost à l'égard du substrat de référence: tourbe). Toutefois au vu des résultats, le semis direct du gombo reste encore la meilleure alternative de production sans pour autant avoir recours au stade pépinière.*

Mots clés: *Gombo, semis direct, substrat de croissance, compost, croissance végétative.*

COMPARATIVE GROWTH OF OKRA PLANTS GROWING IN THE GROUND ACCORDING TO THE DIRECT SEEDING AND TRANSPLANTING MODES

Abstract- *Several agronomic researchs have highlighted the importance of growth substrate on the production and development of quality plants in aboveground nurseries, however, little research is available on the influence of growth substrate on the evolution of produced plants after transplanting in the ground. For this reason, the present study was conducted to test the influence of the substrate used in the nursery on the vegetative growth and quality of okra plants obtained after transplantation and to conduct the comparison to direct seeding. The results obtained showed from work undertaken, under experimental conditions, that okra plant produced from direct seeding show better growth parameters (plant height, dry biomass of the aerial part, root and whole plant) in comparison to plants from transplanting (whatever the type of substrate studied, with incorporation of compost or not with regard to the reference substrate: peat). These results suggest that direct seeding of okra is still the best alternative production without resorting to the nursery stage.*

Keywords: *Okra, direct seedling, growth substrate, compost, vegetative growth.*

Introduction

La qualité des plants produits est un critère primordial pour la réussite de la poursuite de la production en pleine terre. En effet, les plants issus de la pépinière doivent avoir des caractères végétatifs optimaux afin de bien poursuivre leur croissance à la parcelle. La mortalité après transplantation est souvent élevée, nécessitant de coûteuses opérations d'entretien et de regarnis. Par ailleurs, les lots de plants produits à l'aide des méthodes traditionnelles se caractérisent couramment par l'existence d'une très forte hétérogénéité de taille rendant leur gestion problématique [1]. Les critères de qualité des

plants doivent également prendre en compte, même pour ceux élevés en conteneurs selon les méthodes modernes, les contraintes liées à la transplantation et l'adaptation aux conditions fréquemment défavorables du site d'accueil. En outre, il n'est pas certain que les substrats permettant une croissance maximale en pépinière soient également ceux entraînant l'optimisation des performances après repiquage [1]. Or, plusieurs travaux de recherches ont noté que la qualité des plants produits en pépinière, est influencée par la nature du substrat utilisé [2, 3, 4]. Cette qualité influence aussi leur transplantation dans le champ [5] et leur productivité éventuelle [6]. C'est ainsi que la nature et la composition du substrat utilisé influence la qualité végétative des plants produits en pépinière hors sol [7, 8, 9], et par la suite, leur développement rigoureux en plein champ.

Dans ce cadre, la présente étude expérimentale se propose de comparer, dans le contexte tunisien semi-aride, le comportement végétatif des plants de Gombo installés en plein champ du point de vue croissance en hauteur et évolution des biomasses fraîche et sèche, selon les modes semis direct et repiquage des plants installés sur divers substrats de culture, à base de tourbe à l'état pur ou en mélange avec un matériau produit localement (Co-compost oléicole ou compost sylvicole), en vue de réduire les importations de tourbe.

1.- Matériels et Méthodes

1.1.- Site expérimental

L'expérimentation mise en œuvre est menée dans la région du Chott-Mariem relevant de la délégation Akkouda du gouvernorat de Sousse, zone côtière à climat semi-aride (pluviométrie annuelle ne dépassant pas généralement 350 mm).

1.2.- Matériel végétal

Pour étudier la réponse du végétal à différents substrats de croissance, on a utilisé l'espèce maraîchère : *Abelmoshus esculentus* : Gombo, variété Marsaouia.

Les semences maraîchères utilisées (Photo 1) sont issues de la Société BADDAR, sise au Cap Bon (Tunisie). Le semis se fait manuellement à raison d'une graine par cavité dans des plaques alvéolées. L'opération de semis a lieu vers la mi-Mars.



Photo 1.- Semences de Gombo

1.3.- Substrats de culture

Pour évaluer le comportement végétatif des plants, quinze plaques alvéolées (de 104 alvéoles chacune) ont été remplies manuellement par cinq substrats (quatre issus de mélange et un pur). Les substrats de croissance mis à l'essai sont confectionnés en incorporant avec le substrat de référence (Tourbe), d'une part, un compost (compost sylvicole criblé), et d'autre part, un Co-compost oléicole parmi trois considérés de composition différente (tab. I). Ainsi, la tourbe est employée à l'état pur (témoin) ou en mélange avec un Co-compost ou Compost (tab. II).

Tableau I.- Composition des substrats purs de culture utilisés

Désignation	Signification	Composition
CSC	Compost sylvicole criblé	100% broyat des branches d'Acacia criblé à la maille 15 mm après compostage
CCO1	Co-compost oléicole 1	30% fumier bovin + 20% fumier de volailles + 50% grignons d'olives
CCO2	Co-compost oléicole 2	30% fumier bovin + 20% fumier de volailles + 50% grignons d'olives + margines
CCO3	Co-compost oléicole 3	25% fumier de volailles + 75% grignons d'olives + margines

Tableau II.- Composition des mélanges de tourbe avec Co-compost ou compost

Désignation	Composition
SCA	100% Tourbe
SCB	75% Tourbe + 25% CCO1
SCC	75% Tourbe + 25% CCO2
SCD	75% Tourbe + 25% CCO3
SCE	50% Tourbe + 50% CSC

1.4.- Travaux en pleine terre

Pour assurer de meilleures conditions de croissance des plants produits en pépinière hors sol durant le stade plein champ, des opérations culturales ont été mises en œuvre.

1.4.1.- Repiquage

Le repiquage s'effectue 20 jours après le semis, la présence de motte est indispensable pour éviter le choc physiologique qui peut se produire.

1.4.2.- Irrigation

La culture est installée sur des lignes équipées d'un réseau d'irrigation au goutte à goutte. L'ouverture de la vanne est adoptée une fois tous les deux jours pour arroser les plants tant semés que repiqués en pleine terre.

1.4.3.- Protection de la culture

Vu l'absence de brise vents et l'exigence des plantes de Gombo en chaleur, il est installé la culture sous de petits tunnels en plastique. L'aération se fait chaque jour le matin et le plastique est étalé le soir.

1.4.4.- Désherbage

Durant le suivi de la culture du Gombo, une opération manuelle de désherbage pour se débarrasser autant que possible des mauvaises herbes envahissantes, est effectuée.

1.5.- Stade pleine terre

La culture du Gombo a été installée en pleine terre en repiquant 195 plants sur cinq lignes, soit 39 plants/substrat. Le repiquage se fait sur 5 lignes (1 ligne/substrat testé en pépinière). Le dispositif expérimental adopté est en trois blocs aléatoires complets avec répétitions. Un semis direct est adopté au moment du semis en pépinière (vers mi-Mars) sur une seule ligne. Cette ligne est considérée comme témoin (T), d'où, au total, 6 lignes suivies (6 niveaux du facteur étudiés), à savoir: T (semis direct), repiquage des plants produits sur (SCA, SCB, SCC, SCD et SCE).

Lors du semis direct ainsi que lors de la transplantation, il est respecté un interligne de 150 cm et un interplant de 40 cm (imposé par l'écartement opté pour les goutteurs).

La méthodologie d'étude appliquée se fait comme suit:

- Prélèvement destructif de 9 plants (20 jours après semis) semés directement en plein champ pour les mesures morphologiques au laboratoire (hauteur des parties racinaire et aérienne, nombre des feuilles, évolution de la masse fraîche et la masse sèche). A la même date, le prélèvement a touché aussi 45 plants issus de la pépinière, à raison de 9 plants par substrat.
- Prélèvement destructif (40 jours après semis) de 54 plants (45 plants issus de substrats de culture et 9 plants témoins) pour prendre également des mesures morphologiques au laboratoire (masse fraîche, masse sèche, hauteur de la partie aérienne, hauteur de la partie racinaire et nombre de feuilles).
- Prélèvement destructif (50 jours après semis) de 54 plants pour relever aussi les mêmes mesures morphologiques au laboratoire, signalées précédemment. La photo 2 illustre un plant de Gombo installé directement en plein champ.

1.6.- Analyses statistiques

Les résultats obtenus relatifs aux paramètres morphologiques considérés ont subi l'analyse de la variance (ANOVA) et la comparaison des moyennes par le Test de Duncan en ayant recours au logiciel SPSS (13.0). Les différences sont considérées significatives au seuil de 5% (moyennes suivies de lettres différentes).



Photo 2.- Plant de Gombo en pleine terre selon le mode semis direct

2.- Résultats et discussion

2.1.- Croissance en hauteur des plantes de Gombo

La figure 1 montre l'évolution de la hauteur moyenne des plantes de Gombo en pleine terre dans le cas du semis direct et l'effet des différents substrats de croissance initiale (à 20 jours après semis) sur la croissance ultérieure en plein champ au cours des 30 jours après repiquage (à 40 et à 50 jours après semis). Les plantes issues des plants cultivés sur le substrat SCD ont dévoilé un accroissement en hauteur moins important que celui des autres plantes. Pour ces dernières plantes, on peut repérer une légère différence. Il s'agit notamment des plantes issues des plants cultivés sur SCA présentant une légère élongation de la tige. De même, 50 jours après semis, les plantes issues des plants cultivés sur SCA, ont eu un accroissement de 20% par rapport aux plantes issues des plants cultivés sur le substrat SCD. L'accroissement enregistré pour les plantes issues du semis direct est intéressant étant donné sa proximité du résultat acquis dans le cas des plantes issues des plants cultivés sur SCA (100% tourbe).

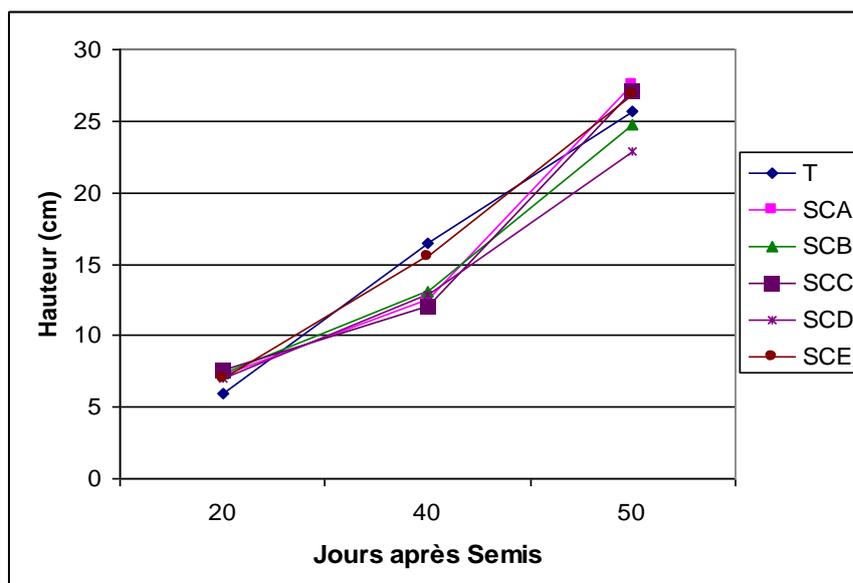


Figure 1.- Evolution de la hauteur moyenne des plantes de Gombo en pleine terre

2.2.- Masse sèche de la partie aérienne des plantes de Gombo

La figure 2 illustre l'évolution de la masse sèche moyenne de la partie aérienne des plantes de Gombo en pleine terre dans le cas du semis direct et l'incidence des différents substrats de croissance initiale (20 jours après semis) sur la croissance subséquente en plein champ au cours des 30 jours après transplantation (à 40 et à 50 jours après semis).

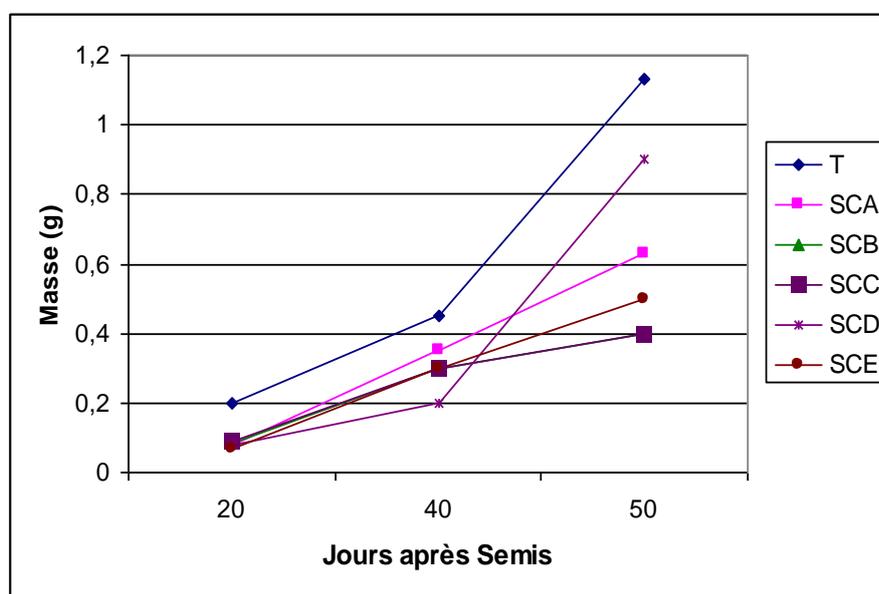


Figure 2.- Evolution de la masse aérienne moyenne des plantes de Gombo en pleine terre

Il est remarqué que les plantes issues du semis direct détiennent un accroissement important par rapport aux autres plantes qui présentent des différences entre elles. On constate aussi que les plantes issues des plants cultivés sur le substrat SCD montrent un accroissement remarquable durant la période située entre 40 et 50 jours après semis.

2.3.- Masse sèche de la partie racinaire des plantes de Gombo

La figure 3 expose l'évolution de la masse sèche moyenne de la partie racinaire des plantes de Gombo en pleine terre dans le cas du semis direct et l'impact des différents substrats de croissance initiale (à 20 jours après semis) sur la croissance postérieure en plein champ au cours des 30 jours après plantation (à 40 et à 50 jours après semis).

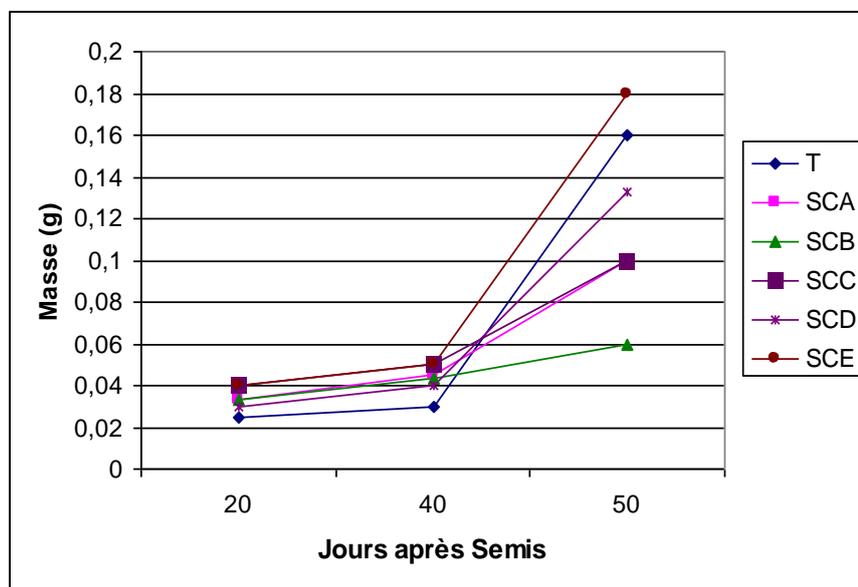


Figure 3.- Evolution de la masse racinaire moyenne des plantes de Gombo en pleine terre

Il est à noter que, les plantes issues du semis direct marquent un accroissement remarquable par rapport aux autres plantes. Les plantes issues des plants cultivés sur le substrat SCE marquent également un accroissement remarquable. Le résultat obtenu dans le cas des plantes issues des plants cultivés sur SCA (100% Tourbe) est de loin moins intéressant que celui acquis dans le cas du semis direct.

1.4.- Masse sèche de la plante entière de Gombo

La figure 4 exprime l'évolution de la masse sèche moyenne des plantes de Gombo en pleine terre dans le cas du semis direct et l'influence des différents substrats de croissance initiale considérée (à 20 jours après semis) sur la croissance successive en plein champ au cours des 30 jours après repiquage (à 40 et à 50 jours après semis).

La résistance des plants au stress de transplantation est directement liée à la teneur en matière sèche, qui améliore l'établissement des plants dans le sol [10]. Les plantes issues du semis direct présentent un accroissement remarquable au niveau de la masse sèche totale par rapport aux autres plantes. On peut aussi évoquer que les plantes issues des plants cultivés sur le substrat SCD ont un accroissement important durant la période située entre 40 et 50 jours après semis. Les autres plantes ne présentent pas une grande différence entre elles (fig. 4).

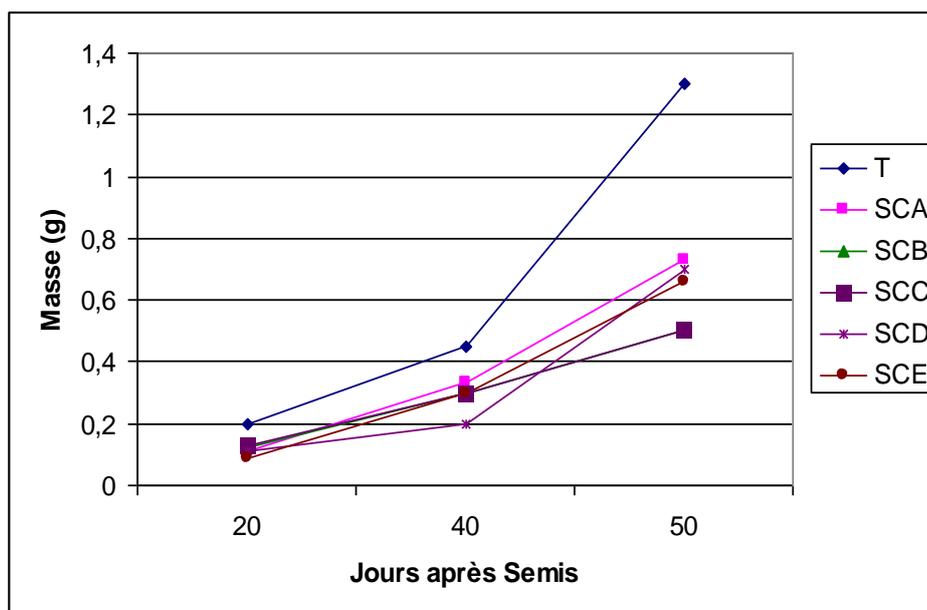


Figure 4.- Evolution de la masse sèche moyenne des plantes entières de Gombo en pleine terre

2.5.- Analyse statistique des paramètres végétatifs considérés

Pour le dernier suivi de croissance (50 jours après semis), le tableau III synthétise, pour chaque substrat considéré, la valeur moyenne de chaque paramètre morphologique étudié, tout en précisant la signification statistique correspondante.

Tableau III.- Analyse statistique des paramètres végétatifs des plantes de Gombo (*: Moyennes suivies de la même lettre ne se diffèrent pas significativement selon le test Duncan au seuil de 5% ; **: HPA ou hauteur de la partie aérienne; MSPA: matière sèche de la Partie Aérienne; MSPR: matière sèche de la partie racinaire; MSPE: matière sèche de la plante entière)

Substrats	HPA	MSPA	MSPR	MSPE
T	25,733 ^{ab}	1,133 ^a	0,167 ^a	1,300 ^a
SCA	27,667 ^a	0,633 ^{ab}	0,100 ^a	0,733 ^{ab}
SCB	24,767 ^{ab}	0,400 ^b	0,067 ^a	0,433 ^b
SCC	27,000 ^{ab}	0,400 ^b	0,100 ^a	0,500 ^b
SCD	22,967 ^b	0,400 ^{ab}	0,133 ^a	1,033 ^{ab}
SCE	26,867 ^{ab}	0,500 ^b	0,180 ^a	1,033 ^{ab}

Du tableau III, il ressort ainsi les constatations ci-après:

- Aucune différence significative n'est observée entre les six traitements considérés concernant la matière sèche de la partie racinaire des plantes.
- La différence est significative entre les traitements tant pour la hauteur des plantes (celle-ci est en faveur des plantes issues des plants produits sur SCA) que pour les matières sèches de la partie aérienne et de la plante entière (ces paramètres sont en faveur des plantes issues du semis direct).

Conclusion

L'étude réalisée dans des conditions tunisiennes semi-arides, de la croissance comparée des plantes de Gombo en culture de pleine terre selon les modes de semis direct et le repiquage des plants (produits sur divers substrats de culture) a permis de dégager, au vu des résultats préliminaires morphologiques obtenus lors du suivi des plantes de Gombo en pleine terre, que le maraîcher pourrait effectuer un semis direct au lieu de survenir par le stade pépinière (technique actuelle amplement adoptée). Le comportement végétatif performant des plantes dont les graines ont été semées directement en pleine terre permet ainsi de minimiser les coûts de production hors sol des plants de Gombo en évitant le passage par le stade pépinière.

Références Bibliographiques

- [1].- Guehl J.M., Falconnet G., Gruez J., 1989.- Caractéristiques physiologiques et survie après plantation de plants de *Cedrus atlantica* élevés en conteneurs sur différents types de substrats de culture. *Ann. Sci. For.*, 46: 1- 14.
- [2].- Baiyeri K.P., 2005.- Response of *Musa* species to macro-propagation: II: The effects of genotype, initiation and weaning media on sucker growth and quality in the nursery. *Afr. J. Biotechnol.*, 4(3): 229–234.
- [3].- Sahin U., Ors S., Ercisli S., Anapali O., Esitken A., 2005.- Effect of pumice amendment on physical soil properties and strawberry plant growth. *J. Central Europ. Agric.*; 6(3): 361–366.
- [4].- Agbo C.U., Omaliko C.M., 2006.- Initiation and growth of shoots of *Gongronema latifolia* Benth stem cuttings in different rooting media. *Afr. J. Biotechnol.*; 5(5): 425–428.
- [5].- Baiyeri K.P., Mbah B.N., 2006.- Effects of soilless and soil-based nursery media on seedling emergence, growth and response to water stress of African breadfruit (*Treculia africana* Decne). *Afr. J. Biotechnol.*, 5(15): 1405-1410.
- [6].- Baiyeri K.P., Ndubizu T.O.C., 1994.- Variability in growth and field establishment of Falsehorn plantain suckers raised by six cultural methods. *Mus Africa.*, 4: 1–3.
- [7].- Corti C., Crippa L., Genevini P.L., Centemero M., 1998.- Compost use in plant nurseries: hydrological and physicochemical characteristics. *Compost Sci. Utilization*, 6: 35–45.
- [8].- Wilson S.B., Stoffella P. J., Graetz D.A., 2001.- Use of compost as a media amendment for containerized production of two subtropical perennials. *J. Environ. Hort.*, 19(1): 37– 42.
- [9].- Baiyeri K.P., 2003.- Evaluation of nursery media for seedling emergence and early seedling growth of two tropical tree species. *Moor J. Agric. Res.*, 4(1): 60 – 65.
- [10].- Mami Y., Peyvast G., 2010.- Substitution of municipal solid waste compost for peat in cucumber transplant production. *Journal of Horticulture and Forestry*, 2(7): 154-160.

IMPACT DES EAUX PHRÉATIQUES SUR LA SALINITÉ ET LE RENDEMENT DU PALMIER DATTIER À OUARGLA

DADDI BOUHOUN Mustapha¹, SAKER Mohamed Lakhdar¹, BOUTOUTAOU Djamel², BRINIS Louhichi³, KEMASSI Abdellah¹ et OULD EL HADJ Mohamed Didi¹

⁽¹⁾Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides
Université Kasdi Merbah Ouargla, 30000 Ouargla, Algérie

⁽²⁾Laboratoire d'Exploitation et de Valorisation des Ressources Naturelles en Zones Arides
Université Kasdi Merbah Ouargla, 30000 Ouargla, Algérie

⁽³⁾Laboratoire d'amélioration génétique des plantes
Université Badji Mokhtar, 23000 Annaba, Algérie

Email : daddibm@yahoo.fr

Résumé- La salinité des sols dans la cuvette de Ouargla est liée à celle des eaux d'irrigation et au niveau élevé des eaux phréatiques salées. Cette situation a des conséquences sur la chute des rendements du palmier dattier. La plupart des palmeraies échantillonnées présentent un niveau de nappe phréatique élevé et une salinité excessive. Les sols sont irrigués par submersion avec des eaux fortement salées. La salinité des sols à la surface augmente avec le niveau des eaux phréatiques. Elle est en nappes profondes moins élevées que la salinité des sols en nappes superficielles. Le rendement en dattes augmente en général avec la profondeur de la nappe. De même, la diminution des rendements est liée significativement à l'augmentation de la salinité du sol, de la nappe et de l'eau d'irrigation dans les sols de nappes superficielles, et uniquement à la salinité des eaux d'irrigation dans les sols de nappes profondes.

Mots clés : eau phréatique, salinité, rendement, palmier dattier, Ouargla.

IMPACT OF THE PHREATIC WATERS ON SALINITY AND DATE PALM YIELD IN OUARGLA

Abstract- The soils salinity in the Ouargla basin is linked to the irrigation water salinity and to high level of water table. This situation has the consequence on the yields decrease of date palm. The most of date plantation sampled present a high level of water table and excessive salinity. The soils are irrigated by submersion with strong salt water. The soils surface salinity increase with water table levels. It is at the deep water table high less than the soil salinity at shallow water table. The date palm yield increase generally with water table depth. Moreover, the yields decrease is linked significantly at the salinity increase of soil, water table and water irrigation in the soil of shallow water table, and only at the water irrigation salinity in the soil of deep water table.

Key words: phreatic waters, salinity, yield, date palm, Ouargla.

Introduction

En 1996, la surface irriguée dans le monde représente 275 millions d'hectares, soit un peu moins du sixième des terres cultivées. Il faut dire que, sous un climat aride, l'irrigation apparaît indispensable [1].

L'irrigation entraîne généralement la remontée des nappes dans les sols jusqu'à l'engorgement de la zone racinaire des cultures. La nature saline des nappes phréatiques, en particulier dans les régions arides et semi-arides du monde, provoque l'accumulation des sels dans la zone racinaire [2].

La salinisation des sols mal drainés, par les eaux d'irrigation et les eaux phréatiques chargées en sels, provoque la diminution des rendements du palmier dattier [3, 4].

La mauvaise gestion des eaux d'irrigation et de drainage présente des conséquences préjudiciables sur l'environnement phoenicicole dans les régions sahariennes [5]. Elle a entraîné dans les régions du Sud Est algérien, notamment dans l'Oued Righ et dans la cuvette de Ouargla la salinisation des sols et la chute des rendements [6, 7, 8, 9].

C'est dans ce contexte, que s'insère la présente étude. Elle a pour objectif l'étude dans les sols, sans obstacles de croûtes gypseuses, l'impact du niveau des eaux phréatiques sur la dégradation des sols des palmeraies irriguées, par salinisation, et sur les rendements des palmiers dattiers, de type Déglet Nour.

1.- Matériels et méthodes

L'étude est réalisée en 2002 sur un échantillon de 167 palmeraies, appartenant à cinq secteurs phoenicicoles de la cuvette de Ouargla: Bamendil, Mékhadma, Ksar, Said Otba et Beni Thour.

Il est choisi dans cette cuvette de Ouargla des palmeraies de nappes superficielles, inférieures ou égales à 1,2 m de profondeur, celle-ci constitue la zone de drainage critique, et des palmeraies de nappes profondes, supérieures à 1,2 m de profondeur.

Des mesures sont effectuées en hiver sur la salinité des eaux d'irrigation et celle des eaux des nappes phréatiques, ainsi que les niveaux de ces derniers, situés entre 0-40 cm, 40-80 cm, 80-120 cm et supérieur à 120 cm de profondeur.

Egalement, il est mesuré la salinité l'extrait 1:5 des sols à 0-40 cm de profondeur. Les sols sont irrigués par submersion, les palmeraies sont conduites traditionnellement, avec des amendements organiques peu fréquents et sans fertilisation minérale.

Les mesures de rendements moyens par palmeraie portent sur les palmiers dattiers, de type Déglet Nour, vu son importance économique. Les rendements sont estimés pour des palmiers adultes, en pleine production, et âgés de 15 à 45 ans.

2.- Résultats et discussions

2.1.- Conditions hydro-édaphiques

L'étude portée sur les secteurs phoenicicoles indique que 53,9% des palmeraies montrent une profondeur de nappe phréatique de moins de 120 cm, comprise entre 29 à 119,4 cm (fig. 1). Nous constatons des variations entre les secteurs phoenicicoles étudiés, liée à la pratique de la conduite de l'irrigation-drainage.

43,1% des échantillons des palmeraies étudiés montrent des obstacles de nappes superficielles, 10,8% de nappes superficielles et de croûtes, 3% des croûtes superficielles et 43,1% sans obstacles superficiels (fig. 2).

Les contraintes de croûtes sont de prédominance gypseuse, d'origine de nappe [9], qui gênent le développement racinaire du palmier dattier et l'infiltration des eaux

d'irrigation [6].

Les eaux phréatiques sont dans l'ensemble des secteurs étudiés excessivement salées, de 10 à 39,7 dS / m. La salinité des eaux d'irrigation, des forages du complexe terminal est comprise entre 1,7 et 6 dS / m. 51,1% des eaux sont très fortement salées.

La salinité des eaux dépasse en majorité la limite standard du seuil de salinité qui est estimée à 3 dS / m [10]. Les eaux phréatiques de Ouargla sont chargées en sels, ce qui contribue à la forte salinisation des sols et à la dégradation des palmeraies.

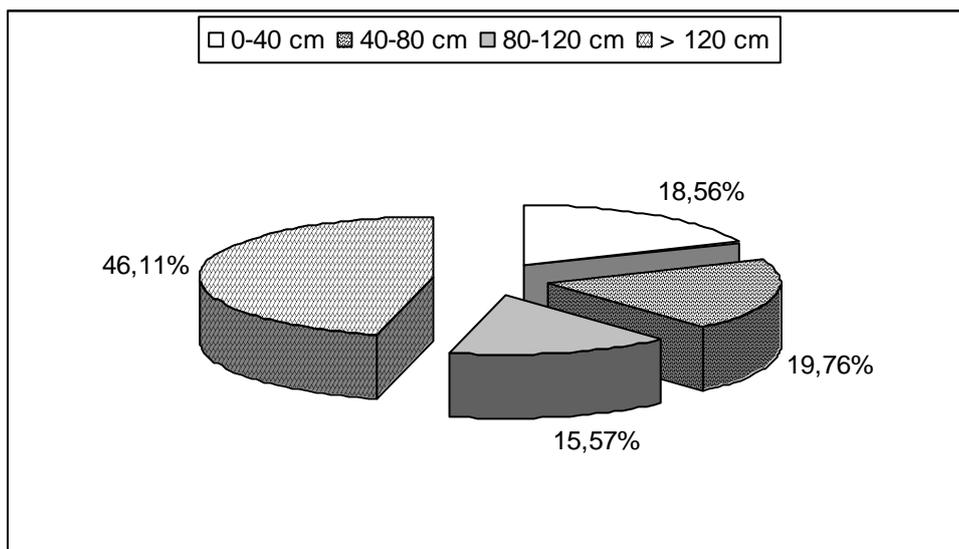


Figure 1.- Profondeurs de la nappe phréatique dans les secteurs phœnicicoles de Ouargla

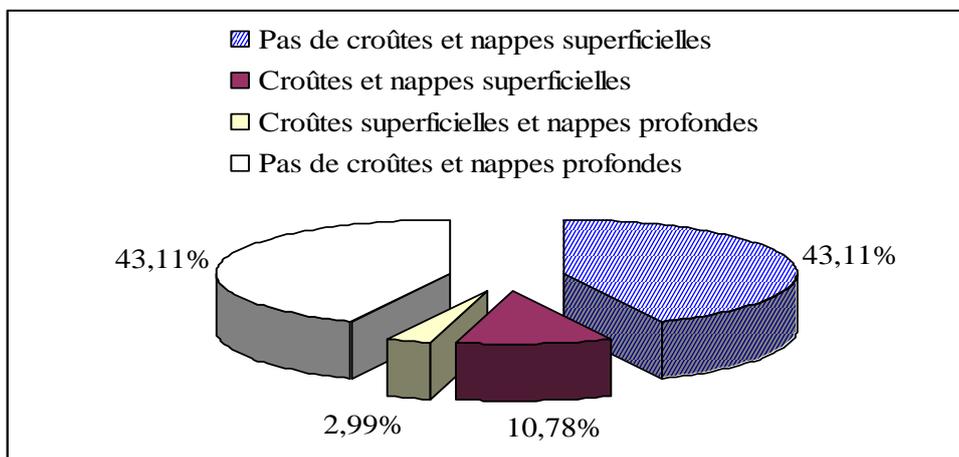


Figure 2.- Obstacles de croûtes et de nappes dans les sols des palmeraies

Le nombre de palmeraies observées par secteur traduit l'intérêt et l'importance de chaque secteur phoenicicole choisi dans le fond de la cuvette (tab. I). Notre échantillonnage s'est basé sur la disponibilité des agriculteurs et leur coopération.

Dans l'ensemble des secteurs, les palmeraies échantillonnées présentent une prédominance de nappes superficielles, sauf à Said Otba où les nappes profondes

prédominant, ce qui dénote l'efficacité d'un bon drainage dans ce secteur phoenicicole.

Tableau I.- Echantillonnage des palmeraies dans la cuvette de Ouargla
(Pns: Palmeraies de nappes superficielles, Pnp: Palmeraies de nappes profondes)

Secteurs	Nombre de palmeraies sans croûtes			Nombre de palmeraies avec croûtes		
	Total	Pns	Pnp	Total	Pns	Pnp
Bamendil	38	23	15	6	3	3
Mékhadma	38	20	18	10	10	0
Said Otba	34	6	28	0	0	0
Ksar	21	13	8	4	3	1
Beni Thour	13	10	3	3	2	1
Total	144	72	72	23	18	5

Dans notre étude, il apparaît que la salinité des sols dans les zones de nappes profondes est inférieure à celle des sols de nappes superficielles. Les accumulations salines dans les sols, sans obstacles de croûtes gypseuses, augmente avec le niveau des eaux phréatiques et la mauvaise conduite de l'irrigation-drainage (photo 1).



Photo 1.- Accumulations salines à la surface des sols de la palmeraie de Mékhadma

La salinité des sols dans les palmeraies de nappes profondes, de plus de 120 cm de profondeur, est peu salée à très salée, elle varie de 1,1 à 5,8 dS / m. 62,5% de ces mesures sont très salés. Cependant, la salinité des sols de nappes superficielles, de moins de 120 cm de profondeur, est salée à extrêmement salée, variant de 2,1 à 9,8 dS / m. 50% de ces mesures sont extrêmement salées.

La remontée des sels solubles par ascension capillaire dépend de la texture des sols et la profondeur de la nappe phréatique [7], et les dépôts salins dans les sols, qui diminuent avec le rabattement de la nappe phréatique [4].

Dans la cuvette de Ouargla, les accumulations salines augmentent avec l'évaporation et dans l'enracinement des palmiers dattiers [11, 12, 13].

2.2.- Impact sur les rendements des palmiers dattiers

Les rendements obtenus pour la Déglet Nour changent avec la profondeur des nappes phréatiques et la salinité des sols (fig. 3).

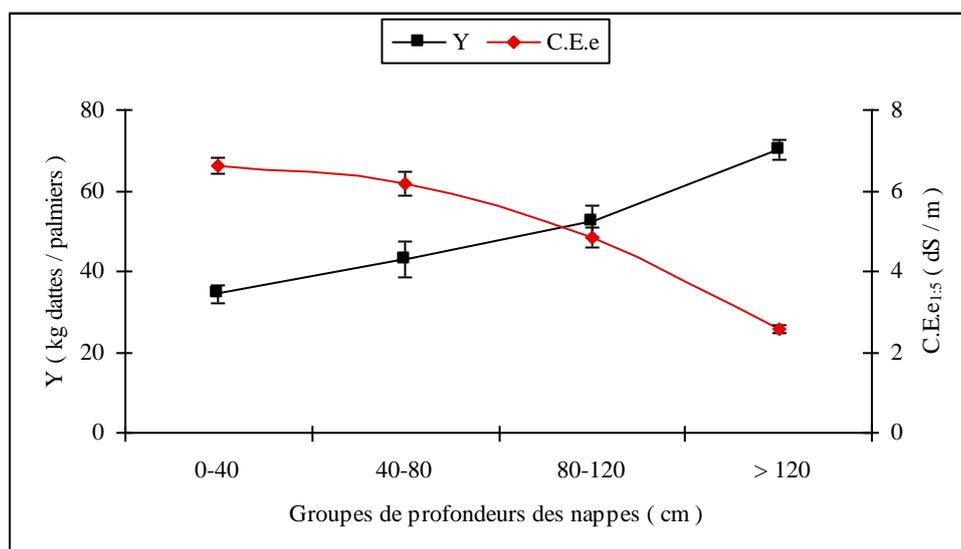


Figure 3.- Evolution de la salinité du sol et du rendement en fonction des groupes de profondeurs des nappes

Les rendements dans les sols de nappes profondes varient de 22,3 à 98 kg de dattes.palmier⁻¹. Cependant, les rendements des palmiers dattiers dans les zones de nappes superficielles sont compris entre 15,7 et 87,5 kg de dattes.palmier⁻¹.

La baisse des rendements dans les sols de nappes profondes est liée significativement à l'augmentation de la salinité des sols et des eaux d'irrigation. Cependant, dans les nappes superficielles, les rendements augmentent significativement avec l'augmentation de la profondeur de la nappe, et diminuent avec l'augmentation de sa salinité, celle du sol et celle de l'eau d'irrigation.

Mais, le niveau de ces relations ne semble pas expliquer à lui seul la chute des rendements. Ces derniers restent liés à d'autres paramètres, à savoir le niveau des croûtes, la conduite culturale des palmeraies, particulièrement la maîtrise de l'irrigation-drainage.

La chute des rendement en zones de nappes superficielles est la conséquence du contact des racines du palmier dattier avec les eaux phréatiques très salées [14], produisant une asphyxie racinaire et des effets négatifs sur la croissance et la production dattière [3, 4, 15].

Il faut rabattre la nappe phréatique en dehors de la zone racinaire. Les recherches en Algérie préconisent le plan d'eau à environ 1,3 m en terrains sableux, éventuellement à 1,5 m en sols limoneux [7].

3.- Conclusion

Au vu des résultats, il est à noter que le niveau élevé des eaux phréatiques salées constitue une source de salinisation pour les sols irrigués dans la cuvette de Ouargla.

La dégradation des sols par salinisation augmente avec le niveau des eaux phréatiques, provoquant un phénomène d'hydro-halomorphie, la formation de croûtes gypseuses et la baisse des rendements du palmier dattier, de type Déglet Nour. Cette situation peut s'aggraver davantage en l'absence d'aménagement hydro-agricole cohérent et adapté.

Les sels doivent être lixiviés par une bonne gestion de l'irrigation et entraînés en dehors de la zone racinaire du palmier dattier par bonne maîtrise de la pratique du drainage, combinée avec une bonne conduite agronomique pour une meilleure productivité des palmeraies de la région.

Références bibliographiques

- [1].- Robert M., Cheverry C., 1996.- Les ressources mondiales en eau et en sols : une limitation pour l'avenir. Cah. Agr., 5 : 243-248.
- [2].- Yeo A., 1999.- Predicting the interaction between the effects of salinity and climate change on crop plants. Sci Hortic-Amsterdam, 78 : 159-174.
- [3].- Furr J.R., 1975.- Water and salinity problems of Abadan Island date gardens. Date Growers' Inst. Rep., 52 : 14-17.
- [4].- Dubost D., Haddad D., Kafi A., Maane H., 1983.- Rapport préliminaire sur les essais d'irrigation localisée du palmier dattier à la station expérimentale de Sidi Mahdi (Touggourt). Bull. Agr. Saha., 5 : 26-60.
- [5].- Munier P., 1973.- Le palmier dattier. Techniques agricoles et productions tropicales. Paris : Maisonneuve et Larose, 367 p.
- [6].- Dutil P., 1971.- Contribution à l'étude des sols et paléosols du Sahara. Thèse Doct, Fac Sci Univ, Strasbourg, 346 p.
- [7].- Dubost D., 1991. - Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes. Thèse Doct, Université François Rabelais, Tours, 544 p.
- [8].- Saker M.L., 2000.- Les contraintes du patrimoine phoenicicole de la région de l'Oued Righ et leurs conséquences sur la dégradation des palmeraies. Problèmes posés et perspectives de développement. Thèse Doct, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 335 p.
- [9].- Hamdi Aïssa B., 2001.- Le fonctionnement actuel et passé des sols du nord Sahara (Cuvette de Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale. Thèse Doct, INA, Paris, 307 p.
- [10].- Ayers R.S., Westcot D.W., 1976.- La qualité de l'eau en agriculture. Bull. F.A.O. Irrig. Drain., 29 : 1-97.

[11].- Daddi Bouhoun M., Brinis L., 2006.- Etude de la dynamique des sels solubles dans un sol irrigue Gypso-salin : cas d'une palmeraie de la cuvette de Ouargla. J. Alg. Rég. Arid. N° spécial : 17-20.

[12].- Daddi Bouhoun M., Brinis L., Saker M.L., Côte M., Rabier J., 2009.- Effects of hydro-edaphic environment on the rooting of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) Deglet Noor in the Ouargla Basin (south-east algeria). *Ecologia mediterranea*, 35: 41-48.

[13].- Daddi Bouhoun M., 2010.- Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (Sud Est algérien). Thèse Doct., Université BADJI Mokhtar, Annaba, 365 p.

[14].- Weeks L.O., 1957.- Agricultural drainage in Coachella Valley. Date Growers' Inst. Rep., 34 : 1-14.

[15].- Nixon R.W., Carpenter J.B., 1978.- Growing dates in the United States. U.S. Government Printing Office, D.C. 20402, Washington, 63 p.

ETUDE COMPARATIVE DE LA PRODUCTION D'ÉTHANOL BRUT À PARTIR DE TROIS VARIÉTÉS DE DATTES COMMUNES (DEGLA BEIDA, TACHERWIT ET HAMRAYA) REPARTIES DANS LES DIFFÉRENTES CLASSES DE DATTES (MOLLE, DEMI-MOLLE ET SÈCHE) DE LA CUVETTE DE OUARGLA (SAHARA SEPTENTRIONAL EST ALGÉRIEN)

OULD EL HADJ Mohamed Didi, CHEICK Mohamed, HAMDI Wassila, SAYAH Zineb et
BOUAZIZ Sabrina

Laboratoire de protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-Arides

Université Kasdi Merbah-Ouargla, BP 511 Ouargla 30000 Algérie

E-mail: mohameddidid@yahoo.fr

Résumé- La production d'alcool brut à partir de trois variétés de dattes communes (Degla Beida, Tacherwit et Hamraya) réparties dans les trois classes de dattes (sèche, demi-molle et molle) de la cuvette de Ouargla, a été étudiée. La teneur en sucres totaux des moûts de ces différents cultivars est de $11,00 \pm 0,21\%$ de sucre pour Hamraya (datte molle), $11,3 \pm 0,12\%$ de sucre pour Tacherwit (datte demi molle) et $11,60 \pm 0,26\%$ de sucre pour Degla Beida (datte sèche). Après fermentation par la levure *Saccharomyces cerevisiae*, les moûts de ces cultivars des différentes classes biochimiques de dattes, titrent $7,8 \pm 1,3^\circ$ à $9,5 \pm 1,61^\circ$ d'alcool brut. Les rendements en alcool sont respectivement de $81,82 \pm 4,50\%$ pour la variété sèche, $71,30 \pm 2,97\%$ pour la variété demi molle et $70,90 \pm 3,69\%$ pour la variété molle. L'effet de la classe qui est fonction de la nature des sucres a une action notable sur l'évolution du rapport alcool brut produit/sucres consommés. Plus la datte est riche en saccharose plus sa productivité en alcool brut semble élevée.

Mots clés: Dattes communes, éthanol brut, *Saccharomyces cerevisiae*, moût, rendements.

COMPARATIVE STUDY OF THE PRODUCTION OF ROUGH ETHANOL STARTING FROM THREE VARIETIES OF COMMON DATES (DEGLA BEIDA, TACHERWIT AND HAMRAYA) LEFT AGAIN IN THE VARIOUS DATE CLASSES (SOFT, HALF-SOFT AND DRIES) OF THE BASIN OF OUARGLA (EAST SEPTENTRIONAL SAHARA ALGERIAN)

Abstract- The production of alcohol from the three varieties of common dates (Degla Beida, Tacherwit and Hamraya) divided according to three categories of dates (dry, semi-soft and soft) for the Ouargla basin has been studied. The total sugar amount of the must of these different cultivars is $11,00 \pm 0,21$ of sugar for Hamraya (soft), $11,3 \pm 0,12\%$ of sugar for Tacherwit (semi-soft) and $11,60 \pm 0,26\%$ of sugar for Degla Beida (dry). After fermentation through the yeast *Saccharomyces cerevisiae* these solutions titrate $7,8 \pm 1,3^\circ$ to $9,5 \pm 1,61^\circ$ of brut alcohol. The return in alcohol is respectively of $81,82 \pm 4,50\%$ for the dry variety, for the semi-soft variety and $70,90 \pm 3,69\%$ for the soft variety. The dates effect is fonction of the sugar nature wich have à notable action on the evolution of rapport coproduced alcohol consumed sugar. The more the date is rich of saccharose, the more it's but alcohol production is hight. Nevertheless, the griding dates during the preparation amount is indispensable for good yieldin alcohol.

Keys words: common dates, brut ethanol, *Sacchaomyces cerevisiae*, must, crops.

Introduction

Le potentiel phoenicicole algérien enregistre un accroissement important avec un effectif qui avoisine 15 millions de palmiers dattiers pour une superficie de plus de 350.000 ha; dont 11 millions productifs [1]. Pour une campagne déterminée, la production nationale peut atteindre 500.000 tonnes, dont 240.000 tonnes représentant environ 47% de Deglet Nour, considérée comme étant la meilleure variété de dattes commerciales, permettent à l'Algérie de se hisser au premier rang mondial du point de vue qualitatif; alors que près de 2600.000 tonnes soit 53%, sont de variétés dites communes [1,2]. Parmi ces derniers, 120.000 tonnes seulement sont commercialisables et plus de 14.000 tonnes sont de très faibles qualités marchandes [1,4]. L'importance économique de ces variétés communes, dont le nombre est estimé à 940 cultivars [5] se voit réduite. Elles sont marginalisées, si ce n'est complètement ignoré. Elles sont utilisées presque exclusivement comme aliment de bétail. La valorisation de ces 30% de la production annuelle de dattes de faible valeur marchande, ne peut avoir qu'un impact économique positif. L'Algérie importe 180.000 tonnes par an de mélasse de betterave sucrière, plus 130.000 tonnes de mélasse de canne, pour production de levure boulangère et d'alcool [3,6].

Les produits à base de dattes sont nombreux et diversifiés: le sucre liquide, les pâtes de dattes, les jus, les sirops, les boissons gazeuses, la confiserie, la pâtisserie, la biscuiterie, l'alcool, le vinaigre... Toutefois l'éthanol importé en quantité énorme et en devises étrangère à plus de 70% des besoins nationaux, reste le produit le plus important du point de vue impact économique. C'est un produit stratégique utilisé dans des secteurs variés telles que la chimie industrielle et l'industrie agro-alimentaire (matière première pour la fabrication de vinaigre).

En fermentation alcoolique, seuls les hexoses sont directement fermentescibles; les autres doivent d'abord être hydrolysés par l'intermédiaire des enzymes [7,8]. Les sucres constituent la principale composante des dattes. Ils sont diversifiés [9,10,11,12,13,14]. On distingue des sucres majeurs à savoir le saccharose, le glucose et le fructose; et des sucres mineurs, en très faible quantité, le galactose, l'arabinose et le xylose [13]. La nature des sucres varie en fonction de la consistance des dattes. Les variétés sèches renferment presque exclusivement du saccharose [15]. Par contre, les variétés molles sont très riches en sucres réducteurs et pauvres en saccharose. Les variétés demi-molles renferment, autant de saccharose que les sucres réducteurs. Face à ce constat, il est entrepris l'étude de la production d'alcool brut par bioconversion anaérobie à partir de trois types de classes de dattes (sèche, demi-molle et molle) réparties entre trois cultivars de dattes communes de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional Est algérien).

1.- Matériels et méthode

1.1.- Matériels

1.1.1.- Matériel végétal

Pour la présente étude, le choix a porté sur des variétés de dattes communes de faible valeur marchande, récoltées dans la cuvette de Ouargla située au Sahara septentrional

Est algérien. Les variétés choisies sont: Degla Beida, Tacherwit et Hamraya. Le choix de ces variétés de dattes, a été orienté par leur disponibilité, leur abondance et leur appréciation pour la fabrication du vinaigre traditionnel. Bien que reparti entre les trois classes de dattes, ces variétés sont classées comme sous produits du palmier dattier, à cause de leur valeur marchande. Elles sont destinées essentiellement à l'alimentation du bétail et comme appoint alimentaire pendant les périodes de disette.

- Degla Beida: C'est une datte sèche de couleur jaune pâle, produite en grande quantité au Sud-Est. Elle n'est pas appréciée par les populations sahariennes.
- Tacherwit: C'est une datte demi-molle, de couleur rouge foncé, destinée uniquement à la production du vinaigre traditionnel et à l'alimentation du bétail.
- Hamraya: De couleur rouge foncée, cette datte molle est connue aussi sous le nom de «Tzgart». Elle est très conseillée pour la production du vinaigre traditionnel.

1.1.2.- Matériel biologique

Le micro-organisme utilisé est la levure boulangère *Saccharomyces cerevisiae* nommée «VDH₂». C'est une souche pure importée et utilisée par la levulerie d'Oued Smar à Alger (Algérie). La souche a été conservée sur gélose inclinée à 4°C. Pour permettre aux levures de garder leur vitalité, des repiquages sont effectués.

1.2.- Préparation du moût de datte

CLEMENT (1978) définit le moût comme étant un liquide sucré servant de matière première dans les industries de fermentation [16]. Pour la préparation des différents moûts, des opérations tel que le lavage, l'égouttage, le séchage, le dénoyautage et le broyage des dattes sont effectués. Les dattes ainsi traitées sont ensuite diluées à raison d'un kilogramme de pulpes pour quatre litres d'eau distillée chaude à 70° C. Cette macération dans l'eau chaude permet une meilleure extraction des sucres et un bon épuisement des pulpes. Le moût obtenu constitue le milieu de culture. Pour ne pas faire perdre au moût sa richesse en éléments nutritifs et en matière azotées, il n'a pas été filtré. Le développement de la levure et son pouvoir ferment sont influencés par toute une série de facteurs chimiques et physico-chimiques. A cet effet, les moûts des différents cultivars sont enrichis par les sels suivants dans les proportions indiquées :

- Sulfate de magnésium : 0,2 g/l
- Phosphate diammonique : 0,5 g/l
- Sulfate d'ammonium : 0,5 g/l
- Urée: 1 g/l

Le pH des différents milieux expérimentaux, est ajusté entre 4,3 et 4,5, par une solution d'acide sulfurique normale. Ce pH acide préjudiciable au développement des bactéries s'avère propice à la prolifération des levures [17].

1.3.- Conduite de fermentation

1.3.1.- Préparation de l'inoculum

La souche entretenue sur milieu gélosé incliné doit être réactivée sur milieu de préculture identique aux milieux de culture. A l'aide d'une anse stérile, il est prélevé de la levure qui estensemencée dans un erlenmeyer d'une capacité d'un litre contenant 300 ml de

moût pour la préculture qui dure 18 heures à $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ dans les mêmes conditions que la fermentation.

1.3.2.- Conduite de la culture

Après tyndallisation réalisée au bain Marie des solutions mères, pour une stérilisation; les différents moûts sont inoculés à raison de 250 ml de préculture pour 4 litres. Puis la fermentation est conduite dans un fermenteur constitué d'un récipient en verre d'une capacité de 4,5 litres, plongé dans un bain Marie, afin de maintenir la température à $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ environ. Une agitation modérée du milieu est assurée grâce à un agitateur magnétique. La fermentation a été menée en anaérobiose et suivie pendant 72 heures. Toutefois, la fermentation est favorisée par le remontage qui consiste à pomper en surface le jus profond par agitation, afin de mélanger et d'aérer le moût.

Cette aération est nécessaire pour assurer une croissance convenable de la levure en aérobiose. Une molécule de glucose en aérobiose est dégradée en CO_2 en produisant 18 molécules d'ATP; en anaérobiose la fermentation d'une même quantité de sucre conduisant à l'éthanol, fournit 2 molécules d'ATP [7].

Pour suivre l'évolution de la fermentation, on procède chaque 24 heures à des prélèvements d'une prise d'essai de 300 ml, en vue de déterminer l'évolution de la biomasse, de doser les sucres, l'alcool brut et suivre le pH au cours de la fermentation.

1.3.3.- Détermination de la biomasse

L'évolution de la biomasse au cours de la fermentation est suivie par comptage hématimétrique (cellule de Malassez) de la population microbienne sous microscope (grossissement x 10) [17].

1.4.- Techniques analytiques

1.4.1.- Dosage des sucres dans les moûts

- Sucres réducteurs

Les sucres réducteurs sont dosés par titrimétrie par la liqueur de fehling. Le principe de la méthode consiste à faire réagir un excès de solution cupro-alcaline sur les sucres. Ces derniers sont séparés par décantation de l'oxyde cuivreux puis traités par une solution de sulfate ferrique. La titration se fait à l'aide de permanganate de potassium (0,1 N) [18].

- Sucres totaux

Après hydrolyse acide à l'aide de l'acide chlorhydrique concentré pendant 12 minutes au bain-Marie à 70°C , le dosage des sucres est effectué par la méthode de Bertrand.

- Saccharose

Après le dosage des sucres totaux, le taux de saccharose est déduit suivant la formule:

$$\text{Saccharose} = (\text{sucre totaux} - \text{sucre réducteurs}) \times 0,95 \text{ [18]}$$

1.4.2.- Dosage de l'alcool brut

Le dosage de l'alcool au cours de la fermentation est effectué par aérométrie. La méthode consiste à distiller le jus alcoolisé puis à mesurer la densité du distillat à l'aide d'un alcoomètre à la température ambiante [19].

1.4.3.- Détermination du pH

La détermination du pH, est essentielle pour le contrôle du moût, avant et au cours de la fermentation. Sa variation, renseigne sur l'activité métabolique de la levure, donc sur la transformation des sucres en alcool. La détermination du pH s'effectue dans les conditions de la présente étude par une lecture directe à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné.

1.4.4.- Dosage des protéines des moûts

La teneur en azote total du moût est déterminée par la méthode de Kjeldahl.

1.4.5.- Détermination des cendres des moûts

Les cendres totales sont déterminées par incinération. Un étuvage à 105°C pendant 24 heures des échantillons, est suivi par une calcination au four à moufle (1 heure à 600°C environ).

2.- Résultats et discussion

2.1.- Composition physico-chimique des moûts

La composition moyenne des milieux de cultures obtenus après trois essais, pour chaque variété de dattes sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Composition physico-chimiques des différents moûts

Variétés Caractères	Tacherwit	Degla Beida	Hamraya
Ph	5,65±0,17	5,18±0,28	5,20±0,14
Cendre (%)	0,40±0,11	0,42±0,08	0,45±0,03
Sucres totaux (%)	11,36±0,12	11,61±0,26	11,00±0,21
Sucres réducteurs (%)	8,12±0,83	5,39±1,14	9,77±1,15
Saccharose (%)	3,18±1,48	6,21±1,21	1,23±1,08
Protéines (%)	0,48±0,13	0,53±0,08	0,67±0,04

Le pH des différents milieux varie de 5,18±0,28 à 5,65±0,17. DOWSON et ATEN (1963), notent que le pH des dattes serait de 5,5 [20]. RYGG (1977), associe à une datte de bonne qualité un pH voisin de 6 et à une datte de mauvaise qualité un pH inférieur à 5 [21].

La teneur moyenne en sucres totaux des moûts des trois cultivars, va de $11,00 \pm 0,21\%$ pour Hamraya à $11,61 \pm 1,26\%$ pour Degla Beida. Le tableau 1 laisse apparaître que la nature des sucres dans les milieux de culture est en relation étroite avec les classes de dattes. Degla Beida qui est une datte sèche, renferme plus de saccharose ($6,21 \pm 1,21\%$), alors la datte molle Hamraya est très riche en sucres réducteurs ($9,77 \pm 1,15\%$) et pauvres en disaccharides ($1,23 \pm 1,08\%$). Mais les teneurs en protéines des moûts sont faibles. Ces taux de protéines bien que faible ne sont pas négligeables comme source de matières azotées après hydrolyse. Des auteurs tels que MAALALLAH (1970), AL ASWAD (1983), ALOGAIDI (1987), signalent que les protéines de dattes sont qualitativement bien équilibrées [9,22,23].

Le pourcentage des cendres ne dépasse pas les $0,45 \pm 0,03\%$. Néanmoins les paramètres qui renseignent sur l'évolution de la fermentation demeurent essentiellement: la production de biomasse, l'assimilation des sucres et la production d'éthanol.

2.2.- Fermentation

La fermentation se déroule en milieu non renouvelé. La croissance de *Saccharomyces cerevisiae* peut être limitée par l'accumulation de substances toxiques [24]. SASSON (1986) signale que les acides gras, en particulier l'acide octanoïque et l'acide decanoïque, formés par les levures à la concentration de quelques milligrammes par litre, deviennent toxiques pour la levure [25]. Pour remédier à ce phénomène, une pincée de charbon était additionnée aux moûts avant ensemencement pour faciliter la reprise de la fermentation.

Après 72 heures de fermentation des moûts, une dégradation remarquable des sucres est relevée. Les sucres résiduels à la fin de la fermentation sont sous forme de traces. Cette bioconversion était surtout active les premières 24 heures, pour la variété sèche Degla Beida où plus de 5% des sucres ont été convertis (fig. 1).

MAATALLAH (1970) suggère 7 jours pour une fermentation totale [9], alors que BOUGHNOU (1988) évoque trois à quatre jours [6]. Le temps de fermentation obtenu pour les trois moûts, est proche de celui préconisé par ELOGAIDI (1987) soit entre 36 à 72 heures [23].

La figure 1 montre de façon remarquable que la cinétique de production d'alcool brut pour la variété Degla Beida est meilleure que celles des trois autres variétés. L'effet de la nature des sucres sur l'évolution du rapport alcool/sucres consommés a été remarquable. Le degré alcoolique obtenu à la fin de la fermentation est de $9,5^\circ$ dans le moût de Degla Beida, est légèrement supérieur à celui des deux autres variétés n'excédant pas $8,1^\circ$ (fig. 1). ELOGAIDI (1987) a obtenu des degrés alcooliques allant de 13 et 15° , sur des milieux concentrés en sucres (22%) [23]. Toutefois, DOUGLAS et SACHINE cité par MAATALLAH (1970), avec des milieux très concentrés en sucres de 22 à 25%, n'ont obtenu des moûts titrant 11 à 13° d'alcool [9].

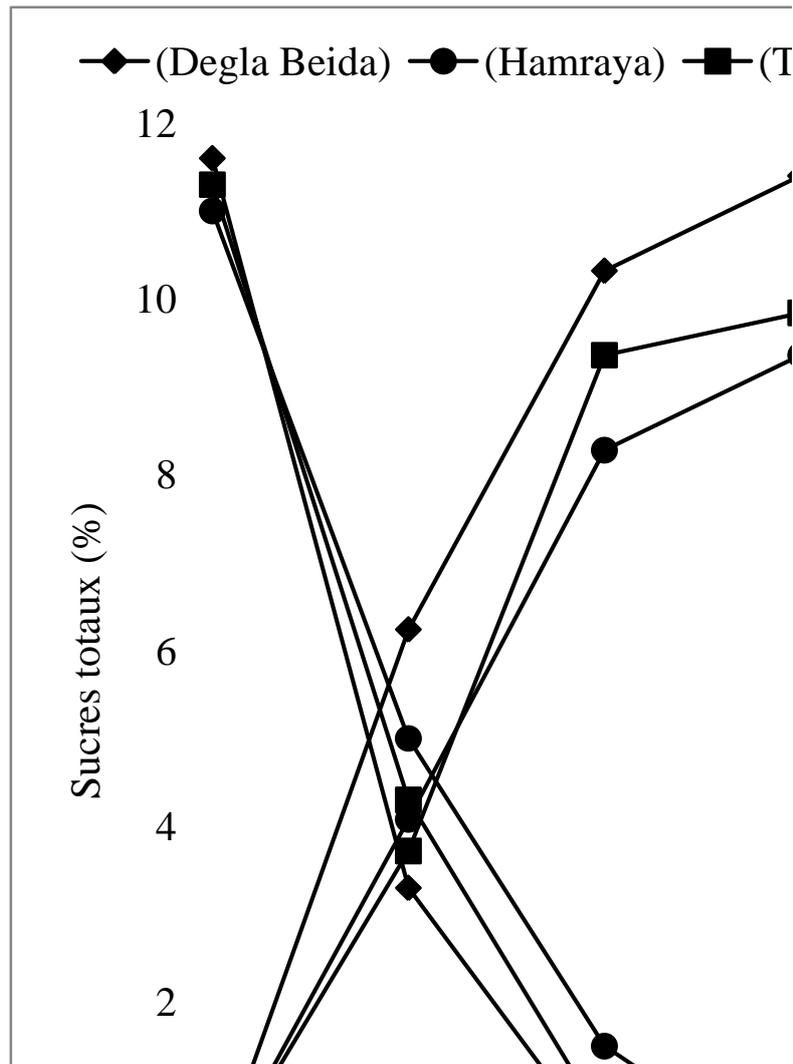


Figure 1.- Evolution de l'assimilation des sucres et de la production d'alcool brut par *S. cerevisiae* selon la classe biochimique de la datte

Au cours de la fermentation, la biomasse évolue normalement, et se développe progressivement pendant les premières 48 heures puis décroît durant les derniers 72 heures (fig. 2). A cette phase, on note une décroissance de la masse de cellules du fait de l'épuisement des nutriments dans les milieux. Les rendements calculés en alcool brut produit sur les sucres consommés correspondant à chaque cultivar, donnent $81,82 \pm 4,50\%$ pour la variété Degla Beida (datte sèche), $71,30 \pm 2,97\%$ pour la variété Tacherwit (datte demi-molle) et $70,90 \pm 3,69\%$ pour la variété Hamraya (datte molle). Ces rendements sont supérieurs à ceux obtenus par BOUGHNOU (1988), NADHIM (1982) et, NONU et MINNIAL (1988) qui avoisinent les 55% [6, 19, 8]. De leur côté MAIORELLA (1985) et GABRIEL (1985) suggèrent des rendements respectivement de 51% et 46% [26, 27]. Ceux-ci peuvent s'expliquer par le fait que la souche de levure utilisée pour la présente étude semble plus performante. Parallèlement, outre les conditions de fermentation, d'autres facteurs tel que le pouvoir des levures de continuer à fermenter les sucres même en phase de déclin, a favorisé le rendement (fig.1 et 2).

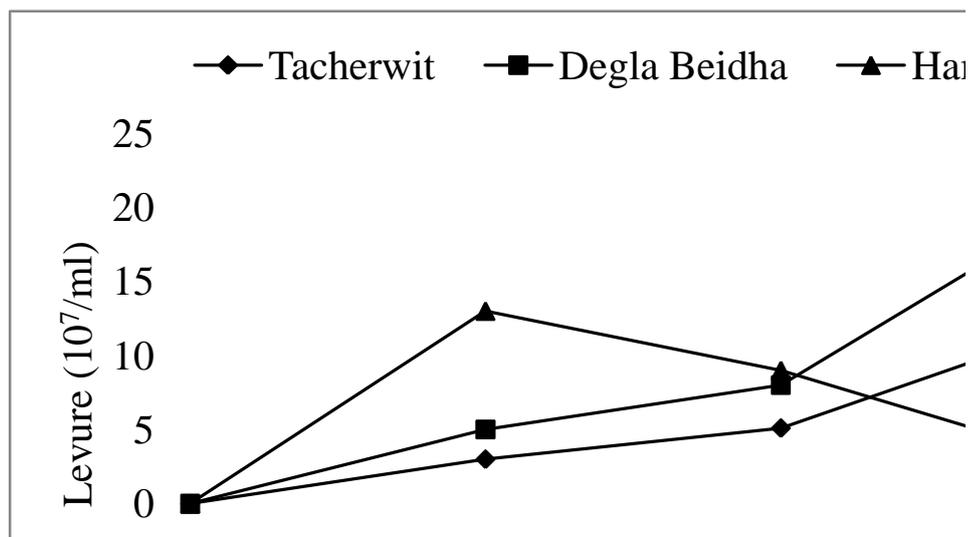


Figure 2.- Evolution de la biomasse en fonction du temps

Conclusion

Le moût de datte de par sa composition biochimique et son enrichissement en certains sels, permet en sucres facilement fermentescibles, la technique d'élaboration du moût, de la performance de la souche de levure utilisée et l'enrichissement du milieu, ont permis une assimilation des sucres en 72 heures. Pour optimiser la production d'éthanol, la filtration du moût est à éviter. Cette opération fait perdre au moût ses protéines et les éléments nutritifs indispensables pour la croissance des levures. Par contre le broyage des pulpes, s'avère indispensable pour obtenir une extraction poussée et des rendements élevés. Toutefois la nature des sucres a une action notable sur le rendement en alcool brut.

Les dattes communes de faible valeur marchande demeurent un substrat de choix pour la mise en œuvre d'un procédé de fabrication d'alcool industriel. Compte tenu de la simplicité du procédé, une telle industrie doit être mise en place dans les régions phoenicicoles, car elle permet certainement de limiter en partie l'érosion génétique dont souffre la palmeraie algérienne.

Références bibliographiques

- [1].- Saouli N., 2005.- Préambule du recueil des résumés. Journées d'étude sur la transformation des produits du palmier dattier, Biskra, les 6 et 7 décembre: 1-2.
- [2].- Feliachi S., 2005.- La transformation des produits du palmier dattier: potentiel et atouts-problématique-opportunités-thématique. Journées d'étude sur la transformation des produits du palmier dattier, Biskra, les 6 et 7 décembre, 18 p.
- [3].- OND, 1992.- Transformation et valorisation des dattes et sous produits des dattes. Recueil des recommandations, symposium de la datte, Biskra, les 24-25 Novembre: 65-69.
- [4].- Touzi A., 2005.- Production de substances à forte valeur ajoutée à partir des produits de la palmeraie algérienne. Journées d'étude sur la transformation des produits du palmier dattier, Biskra, les 6 et 7 décembre 2005: 6-7.

- [5].- Hannachi S., Khitri D., Benkhalifa A., Brac De La Perrière R. A., 1998.- Inventaire variétal de la palmeraie algérienne. Ed. Anep, Rouïba: 12-13.
- [6].- Boughnou N., 1988.- Essai de production de vinaigre à partir des déchets de dattes. Thèse Magister, INA, El Harrach, Alger: 40-50.
- [7].- Leclerc H., Buttiaux R., Guillaume J. et Watre P., 1977.- Microbiologie appliquée. Ed. Doin, Paris VI : 177-180.
- [8].- Nonus M., Minnial M. M., 1988.- Gain de productivité d'éthanol en fermentation alcoolique des produits de sucrerie. IAAT, Paris : 231-346.
- [9].- Maatallah S., 1970.- Contribution à la valorisation de la datte algérienne. Thèse ing. d'Etat, INA, El Harrach, Alger, 63 p.
- [10].- Munier P., 1973. Le palmier dattier. Techniques agricoles et productions tropicales. Ed. Larousse, Paris: 145-178.
- [11].- Nixon R. W., Carpenter B., 1978.- Growing dates in United States. United States department of agriculture information, Bulletin prepared by science and education administration : 44-45.
- [12].- Shubbar R., 1981.- Sugar extraction from dates. Formely with regiproject for palm and dates. Research centre in the near East and Nord Africa date palm, N°5: 61-78.
- [13].- Sawaya W. N., Khalil J. K., Khatcha-Dourian H. A., Safi W. et Mashadi A. S., 1983.- Sugars, tannins and some vitamins contents of twenty five date cultivars grown in Saudi Arabia at the khalal (nature color) and tamer (ripe) stages. The first symposium on the date palm. King Fayçal University Al Hassan Kigdom of Saudi Arabia: 468-478.
- [14].- Azzouz A., Dehbaoui B., 1992.- Analyse des glucides par CCM et HPLC. Application à l'étude des miels et de dattes. Thèse ing., USTHB, Alger, 143 p.
- [15].- Khateb A. G. H., El Tinay A. H., Nour A. A. M., 1983.- The chimical composition of some date palm cultivars grown in Sudan. The first symposium on the date palm. King Fayçal University Al Hassan Kigdom of Saudi Arabia: 706-710.
- [16].- Clement J. M., 1978.- Dictionnaires des industries alimentaires. Ed. Masson, Paris : 108-261.
- [17].- Guiraud H. et Galzi P., 1980.- Analyses microbiologiques dans les industries agro-alimentaires. Ed. Usine nouvelle, Paris : 70-90.
- [18].- Audigie C., Figiralla J., Zonszain F., 1980.- Manuel d'analyses biochimiques. Ed. Doin, Paris, 270 p.
- [19].- Nadhim D. J., 1982.- Production d'éthanol à partir des sucres de dattes. Séminaire sur les dattes, 4-5 décembre 1982, Bagdad: 115-130.

- [20].- Dawson W. H. et Aten H., 1963.- Récolte et conditionnement des dattes. FAO, Rome, 334 p.
- [21].- Rygg G., 1977.- Date development handling and packing in the United States agriculture. Research service agriculture, Hand book, N°482 : 28-29.
- [22].- Al Aswad M. B., 1970.- The amino acids content of some Iraqi date. J. Foo Sci., 36: 1019-1025.
- [23].- Alogaidi H. K. H., 1987.- Dates and microbial biotechnology. Regional project for palm and dates research center in the Near Est and Nord Africa. Al Watan printig press Co, Libana: 301-318.
- [24].- Meyer A., 1988.- Cours de microbiologie générale. Ed. Doin, Paris, 333 p.
- [25].- Sasson A., 1986.- Nourrir demain les hommes. Ed. UNESCO, Pays Bas, 765 p.
- [26].- Maiorelle B. L., 1985.- Ethanol comprehensive biotechnology, the principal application and regulation of biotechnology in industry, agriculture and medecine. Ed. Perganon press., vol. 3, Paris : 816-900.
- [27].- Gabriel H., 1985.- Les carburants de substitution. La recherche, N° 175: 376-384.

RÉPONSE ADAPTATIVE DES PLANTS DE *Parkinsonia aculeata* L. À UNE CONTRAINTE OSMOTIQUE

BENADJAOUD Ali¹ et AÏD Fatiha²

⁽¹⁾Université Abderrahmane Mira, 06000 Béjaïa, Algérie

⁽²⁾Université Houari Boumediene, 16110 Bab-Ezzouar, Algérie

Résumé- *Parkinsonia aculeata* L. ou genêt épineux est une légumineuse de la sous-famille des *Caesalpiinoideae*, fortement répandu dans presque tous les pays tropicaux et subtropicaux et dans les régions semi-arides et arides. En Algérie, sa récente introduction réussie en premier lieu dans les parcs et jardins, surtout dans une région de stress typique comme Tamanrasset, suscite l'attention. Une première évaluation de la réaction de l'espèce à une contrainte osmotique imposée par le PEG₆₀₀₀ montre une réponse de l'espèce en relation avec l'intensité du stress et son temps d'application. La première réponse concerne la capacité de rétention de l'eau au niveau foliaire, appréciée grâce à des mesures de la teneur relative en eau. Cette capacité de rétention est observable lorsque le temps d'application du stress imposé est de 24 heures pour une concentration en PEG₆₀₀₀, n'allant pas au-delà de 20% ; pour un temps d'application de 48 heures, mais pour une concentration en PEG₆₀₀₀ ne dépassant pas 15% ; ou encore pour un temps d'application de 72 heures, mais pour une concentration en PEG₆₀₀₀ n'excédant pas 10%. La seconde réponse concerne l'accumulation de la proline observable lorsque la concentration en PEG₆₀₀₀ ne dépasse pas 15% pour un temps d'application du stress de 24 heures ; ne dépasse pas 10% pour un temps d'application de 48 heures ; ou encore ne dépasse pas 5 % pour un temps d'application de 72 heures.

Mots Clés: *Parkinsonia aculeata* L.; stress osmotique; PEG₆₀₀₀; teneur relative en eau; proline

ADAPTIVE RESPONSE OF THE SEEDLINGS OF *Parkinsonia aculeata* L. TO A CONSTRAINT OSMOTIC

Abstract- *Parkinsonia aculeata* L. or broom is a leguminous plant of the subfamily of *Caesalpiinoideae*, strongly widespread in almost all the tropical and subtropical countries and in the semi-arid and arid areas. In Algeria, its recent introduction successful initially into the parks and gardens, especially in a typical area of stress like Tamanrasset, cause the attention. A first evaluation of the reaction of the species to an osmotic constraint imposed by the PEG6000 shows an answer of the species in relation to the intensity of the stress and its time of application. The first answer relates to the water holding capacity at the foliar level, appreciated thanks to measurements of the relative content water. This holding capacity is observable when the time of application of the imposed stress is 12 midnight for a concentration in PEG6000 not going beyond 20%; for a time of 48 hours application, but for a concentration in PEG6000 not exceeding 15%; or for a time of 72 hours application, but for a concentration in PEG6000 not exceeding 10%. The second answer relates to the accumulation of the observable proline when the concentration in PEG6000 does not exceed 15% for a time of application of the 24 hours stress; do not exceed 10% for a time of 48 hours application; or 5% for a time of 72 hours do not exceed application.

Key words: *Parkinsonia aculeata* L.; osmotic stress; PEG6000; relative content water; proline

Introduction

Parkinsonia aculeata L. dénommé également genêt épineux ou épine de Jérusalem est natif des régions désertiques. Il est abondant dans les canyons du Mexique et au sud-ouest des USA. C'est une légumineuse de la famille des *Caesalpinaceae*, qui se présente sous forme d'arbuste, pérenne, épineux, verdoyant, à port étalé, tronc court et branches frêles et pendantes. Ses feuilles semi persistantes sont alternes bipennées, le rachis aplati porte 20 à 30 paires de folioles presque opposées et à la base de la feuille pousse une épine

vigoureuse et deux stipules non lignifiées. Ses fleurs en grappes axillaires sont jaunes et développent des gousses cylindriques avec des graines coriaces.

Parkinsonia aculeata L. est fréquent dans les plantations de brise-vent ou d'ornement et convient pour la réhabilitation des sols. Il peut constituer un pacage pour les caprins et ovins, fournit un bois de feu de qualité médiocre et la pulpe fraîche de ses fruits est comestible. *Parkinsonia aculeata* L. nécessite des régions de 350 à 400 mm de précipitation par an et tolère une légère salinité. Il résiste à la chaleur et à la sécheresse du milieu et sa croissance est rapide en plein soleil. Il pousse aussi bien sur des sols sableux ou graveleux et tolère des sols calcaires ou alcalins [1].

La germination rapide des graines de *Parkinsonia aculeata* L. aux hautes températures et lorsque l'humidité est suffisamment disponible offre de meilleures chances d'établissement et de survie, dans une région de stress typique, comme Tamanrasset, principalement durant la période de la mousson qui coïncide avec les mois de mai et juin. Néanmoins, dès l'installation de la période sèche, les jeunes plants sont confrontés aux conditions adverses du milieu dont le manque d'eau et les fortes températures. Ces plantes échappent aux conditions adverses du milieu en développant des mécanismes d'adaptation [2]. L'objectif de la présente étude est de voir la réaction des jeunes plantes face à une contrainte osmotique induite par l'utilisation du PEG₆₀₀₀.

1.- Matériel et méthodes

Les graines de *Parkinsonia aculeata* L. proviennent de l'arboretum de la station régionale de l'Institut National de Recherche Forestière de Tamanrasset. Les graines sont désinfectées par de l'hypochlorite de soude (12°), abondamment rincées puis scarifiées à l'aide d'un scalpel. Après imbibition, la germination se déroule dans une étuve réglée à 27°C et à l'obscurité [3]. Au quatrième jour, les plantules sont repiquées dans des pots contenant du coton saturé d'eau. L'arrosage est régulier et le développement dure jusqu'à l'apparition des deux premières feuilles. Le stress osmotique est imposé dans des milieux hydroponiques par l'utilisation de différentes concentrations de PEG₆₀₀₀ (0, 5, 10, 15, 20 et 25%) pour trois temps d'application (24, 48 et 72 heures).

La teneur relative en eau est déterminée après excision des deux premières feuilles par la méthode de Clarke et Mc Caig [4]. La proline est extraite par le méthanol et sa teneur est déterminée par la méthode de Bates *et al.* [5]. Sa densité optique est mesurée à $\lambda = 515$ nm au spectrophotomètre UV-1240 Shimadzu.

Les teneurs relatives en eau et en proline sont données en (% et mg/100 mg de matière végétale sèche), respectivement et représentent la moyenne de 9 expérimentations avec calcul de l'écart type.

2.-Résultats et discussion

Sous les effets d'un stress osmotique imposé par une utilisation du PEG₆₀₀₀, les plantes de *Parkinsonia aculeata* L. montrent une capacité de rétention d'une quantité appréciable d'eau dans leurs feuilles (fig. 1). Cette capacité de rétention d'eau est observable notamment lorsque le temps d'application du stress imposé est de 24 heures pour des concentrations en PEG₆₀₀₀, n'allant pas au-delà de 20%, ou encore pour un temps d'application de 48 heures, mais des concentrations en PEG₆₀₀₀, ne dépassant pas 15% et

enfin pour un temps d'application de 72 heures, mais des concentrations en PEG₆₀₀₀ n'excédant pas 10%. Hormis toutes ces données, le stress imposé est plus fort et les conséquences sur la teneur relative en eau se traduisent par des baisses plus ou moins notables.

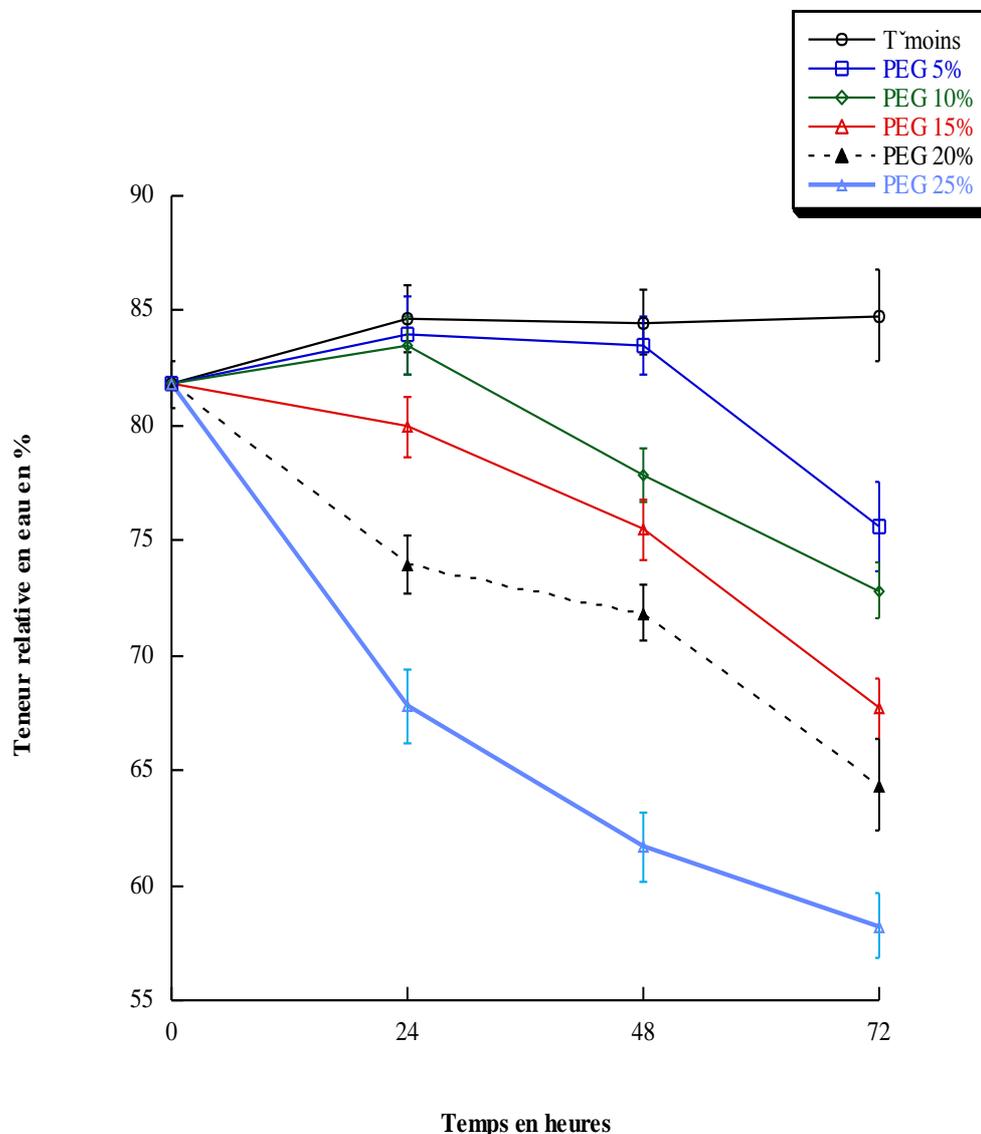


Figure 1.- Evolution en fonction du temps, de la teneur relative en eau des feuilles des plants de *Parkinsonia aculeata* L. témoins et stressés par différentes concentrations en PEG₆₀₀₀

La capacité de rétention d'eau des espèces tolérantes des conditions de sécheresse, dépend de quelques mécanismes mis en jeu, orientés vers une faible évapotranspiration. Ces mécanismes combinent entre une réduction de l'indice de surface foliaire [6], et une effective régulation de l'activité des stomates [7]. Au niveau des parties foliaires des plants de *Parkinsonia aculeata* L., l'un des moyens de résistance à la sécheresse, outre une très faible surface foliaire, est la diminution très rapide de la perte graduelle en eau ou transpiration résiduelle qui nécessite peu de coût énergétique, avant l'installation progressive du mécanisme de l'ajustement osmotique grâce aux solutés compatibles dont

la proline [8].

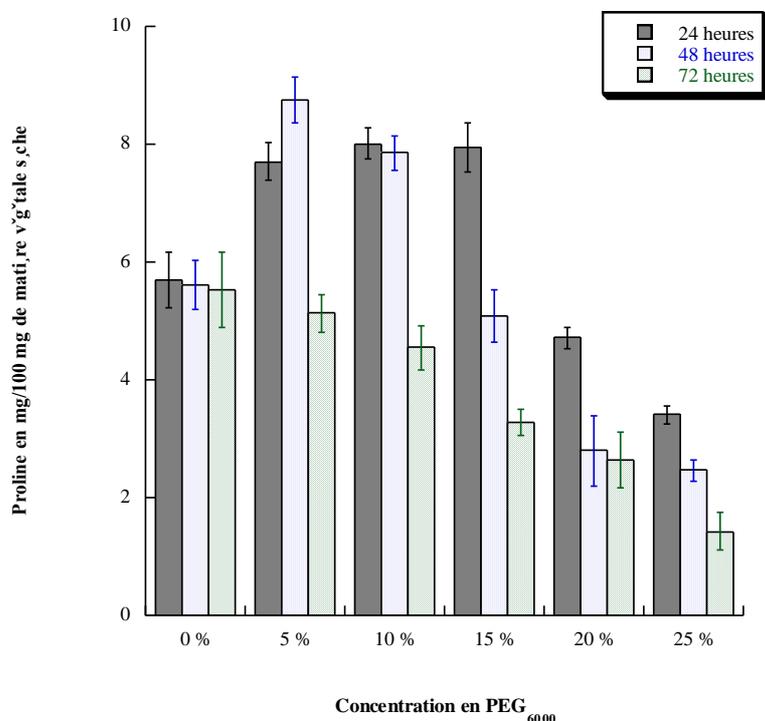


Figure 2.- Evolution de la quantité en proline des feuilles des plants de *Parkinsonia aculeata* L. en fonction de la concentration en PEG₆₀₀₀ appliquée durant 24, 48 et 72 heures

L'application d'un stress osmotique par l'utilisation du PEG₆₀₀₀ aux plants de *Parkinsonia aculeata* L. induit des changements de la quantité en proline de deux façons (fig. 2). Le premier changement correspond à une augmentation du taux de proline, observable surtout lorsque la concentration en PEG₆₀₀₀ appliquée ne dépasse pas 15% pour un temps d'application de 24 heures, ne dépasse pas 10% pour un temps d'application de 48 heures et ne dépasse pas 5% pour un temps d'application de 72 heures. Le second changement correspond à une diminution de la quantité en proline, observable dès que l'intensité du stress devient plus forte et les temps d'application du stress plus longs.

L'augmentation de la teneur en proline est positivement corrélée avec le maintien du niveau assez élevé des teneurs relatives en eau des plantes. Un niveau plus élevé en proline libre contribue efficacement au maintien de la turgescence cellulaire [9], constitue un supplément nutritif et énergétique à la distribution de l'azote et du carbone durant la croissance et le développement des plantes [10], et confère aux jeunes cellules un support mécanique comme constituant majeur des protéines de structure de la paroi cellulaire [11].

Lorsque l'intensité du stress osmotique est plus forte pour des temps d'application plus longs, la diminution de la teneur relative en eau est très importante et la quantité en proline ne permet pas de compenser cette perte. Au contraire, on enregistre une diminution très importante de cette dernière, ne permettant plus de maintenir l'état de turgescence cellulaire, encore moins la capacité de rétention d'eau.

Conclusion

Les plantes de *Parkinsonia aculeata* L., en présence d'une contrainte osmotique imposée par l'utilisation du PEG₆₀₀₀ présentent une suite d'événements en relation avec l'intensité du stress et son temps d'application.

Quand l'intensité du stress est faible et le temps d'application est court, les plantes de *Parkinsonia aculeata* L. montrent une capacité de sauvegarde d'une quantité relativement appréciable d'eau dans leurs feuilles, dépendants en grande partie de la réduction de l'indice de surface foliaire et de la baisse de l'intensité de la transpiration résiduelle par fermeture des stomates.

Dès que le stress devient fort et le temps d'exposition est grand, la teneur relative en eau est stabilisée par une élévation de la quantité en proline. Un niveau plus élevé en proline dans les cellules des plantes de *Parkinsonia aculeata* L. assure l'ajustement osmotique et procure un potentiel hydrique foliaire interne plus favorable à empêcher une perte facile d'eau. Ce système nécessite une dépense énergétique et une régulation génique.

Lorsque le stress osmotique est plus accentué et son temps d'application beaucoup plus long, la diminution de la teneur relative en eau est très importante et la quantité en proline ne permet pas de compenser cette perte. Au contraire, on observe une diminution considérable de la quantité en proline et l'état de turgescence cellulaire n'est plus maintenu au-delà d'une certaine amplitude du stress. Si le stress est persistant, les pertes d'eau sont incontrôlables et la phase d'épuisement s'installe progressivement chez les plantes de *Parkinsonia aculeata* L., entraînant une perte progressive de la vitalité des cellules.

Références Bibliographiques

- [1].- Von Maydell H. J., 1983.- Arbres et arbustes du Sahel : leurs caractéristiques et leurs utilisations. GTZ, ISBN : 3-88085-195-6, 531 p.
- [2].- Benadjaoud A., 2002.- Effets de la déshydratation et de la réhydratation sur le métabolisme cellulaire de plantules de *Parkinsonia aculeata* L. : Aspects physiologiques. Thèse de Magister, USTHB, Alger, 78 p.
- [3].- Benadjaoud A., Aïd F., 2004.- Effets de quelques traitements physico-chimiques et de la température sur la faculté germinative des graines de *Parkinsonia aculeata* L. Annales de l'Institut National Agronomiques, El Harrach, n° 25: 19-30.
- [4].- Clarke M. J., Mc Caig T. N., 1982.- Evaluation of techniques for screening for drought resistance in wheat. Crop Science 22, 503-506.
- [5].- Bates L. S., Waldren R. P., Teare I. D., 1973.- Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil, n°39: 205-207.
- [6].- Collinson S., Clawson E., Azam-Ali S., Black C., 1997.- Effects of soil moisture deficits on the water relations of bambara groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc.). Journal of Experimental Botany, n° 48: 877-884.

- [7].- Tognetti R., Minnocci A., Penuelas J., Raschi A., Jones M. B., 2000.- Comparative field water relations of three mediterranean shrub species co-occurring at a natural CO₂ vent. *Journal of Experimental Botany*, n° 51 : 1135-1146.
- [8].- Benadjaoud A., Aïd F., 2005.- Impacts de la déshydratation et de la réhydratation sur le métabolisme cellulaire des plants de *Parkinsonia aculeata* L. *Annales de l'Institut National Agronomiques*, El Harrach, n° 26 : 1-14.
- [9].- Handa S., Handa A., Hasegawa P. M., Bressan R. A., 1986. Proline accumulation and the adaptation of cultured plant cells to water stress. *Plant Physiology* 80: 938-945.
- [10].- Nakashima K., Satoh R., Kiyosue T., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K., 1998. A gene encoding proline dehydrogenase is not only induced by proline and hypoosmolarity, but is also developmentally regulated in the reproductive organs of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology* 118: 1233-1241.
- [11].- Nanjo T., Kobayashi M., Yoshiba Y., Sanada Y., Wada K., Tsukaya H., Kakubari Y., Yamaguchi-Shinozaki K., Shinozaki K., 1999. Biological functions of proline in morphogenesis and osmotolerance revealed in antisense transgenic *Arabidopsis thaliana*. *Plant Journal* 18 : 185-193.

DETERMINATION DE L'EVAPORATION DES SURFACES DES PLANS D'EAU POUR LES CONDITIONS CLIMATIQUES DE L'ALGERIE

BOUTOUTAOU Djamel^{1*}, SAKER Mohamed Lakhdar², DADDI BOUHOUN Mustapha²,
SAGGAI Sofiane¹ et OULD EL HADJ Mohamed Didi²

⁽¹⁾Laboratoire d'Exploitation et Valorisation des Ressources Naturelles en Zones Arides
Université Kasdi Merbah Ouargla, 3000 Ouargla, Algérie

⁽²⁾Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides
Université Kasdi Merbah Ouargla, 3000 Ouargla, Algérie
E-mail: boutoutaoudjamel@yahoo.fr

Résumé- L'évaporation des plans d'eau en Algérie reste le plus souvent absente dans les bulletins et les atlas climatologiques, publiés annuellement par l'office national de la météorologie. Par manque de données, sa détermination est basée sur une analyse sommaire de quelques éléments météorologiques (insolation, température, etc.), qui reste en général une évaluation grossière et manque de précision. En hydrologie, l'évaporation présente un intérêt pratique évident, puisqu'elle est responsable des pertes de volumes d'eau (des barrages des lacs etc.), parfois considérables. La présente étude se propose l'application d'une méthodologie de calcul de l'évaporation par des formules qui relient cette dernière aux éléments météorologiques.

Mots clés : évaporation, plan d'eau, éléments météorologiques, Algérie

DETERMINATION OF EVAPORATION FROM WATER PLANS FOR ALGERIAN CLIMATE

Abstract- The evaporation from water plans in Algeria remains mostly absent in bulletins and atlas of climatology, published annually by the national office of the meteorology. Due to lack of data, its determination is based on a summary analysis of some meteorological elements (sunstroke, temperature etc.), which remains generally an unrefined evaluation, and missing of precision. In hydrology, evaporation presents an obvious practical interest, because it is responsible for losses of water volumes (of dams and of lakes etc.), sometimes considerable. In this study, we propose the application of a methodology of evaporation calculation by formulas which relate this evaporation to the meteorological elements.

Key words: evaporation, water plan, meteorological elements, Algeria.

Introduction

L'établissement par exemple d'un bilan hydrique d'une réserve d'eau d'un barrage, d'un chott ou d'un lac exige la connaissance de l'évaporation. La valeur de cette dernière est très nécessaire aussi pour la conception des bassins de lagunage dans l'épuration des eaux usées.

En Algérie, la mesure de l'évaporation est confiée aux services de l'Office National de la Météorologie (ONM) et aux services de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH). La détermination de la valeur de l'évaporation des plans d'eau en Algérie est effectuée donc à partir des stations météorologiques équipées de bacs d'évaporation de ces deux organismes (ONM et ANRH). En absence de bacs, elle est

déterminée par analogie avec les plans d'eau mesurés.

L'erreur liée à l'évaluation par analogie, peut atteindre des valeurs considérables (mauvais choix du plan d'eau analogue). Quant aux stations météorologiques (bacs d'évaporation), offrant de bons résultats, elles sont malheureusement limitées en nombre et elles ne couvrent que quelques régions du pays.

1.-Matériels et méthodes

Il existe plusieurs méthodes de calcul de l'évaporation. Des plus connues entre, on peut noter la méthode du bilan hydrique, la méthode des bacs d'évaporation et celle hydrométéorologique.

1.1.- Méthode du bilan hydrique des étendues d'eau (cas d'une retenue) (fig.1)

La méthode du bilan hydrique est basée sur l'égalité de la recette et de la dépense du volume d'eau dans la retenue, tout en prenant en compte la variation du stockage. L'évaporation en volume d'eau est déterminée par la relation suivante:

$$V_E = V_P + V_S + V_{ST} - V_{QS} - V_{QST} \pm \Delta V \quad (1)$$

L'estimation de l'évaporation par cette méthode du bilan est très peu employée du fait de l'imprécision et de la difficulté d'effectuer des mesures de la plupart des composants de l'équation (1), en particulier les entrées et les sorties souterraines (tab. I).

Tableau I.- Eléments du bilan hydrique de la retenue

Entrée (recette)	Sortie (dépense)
V_P : volume de pluie reçue par la retenue (m^3)	V_{QS} : volume d'eau évacué (m^3)
V_S : volume d'eau superficiel entrant dans la retenue (m^3)	V_{QST} : volume d'eau souterrain sortant de la retenue (infiltration) (m^3);
V_{ST} : volume d'eau souterrain entrant dans la retenue (exfiltration) (m^3)	V_E : volume d'eau évaporé de la surface de la retenue (m^3)
$\pm \Delta V$: stockage ou déstockage subi par la retenue (m^3)	



Figure 1.- Retenue d'un barrage

1.2.- Méthode des bacs d'évaporation

Le phénomène de l'évaporation à partir des bacs d'évaporation (fig. 2), est aussi basé sur la loi du bilan hydrique, avec l'absence totale des débits souterrains et des pertes par infiltration qui sont très difficiles à estimer.



Figure 2.- Bacs d'évaporation classe A et Colorado

L'expression simplifiée du bilan hydrique d'un bac peut se traduire comme suit :

$$E_{\text{Bac}} = \Delta H \pm P \quad (2)$$

E_{Bac} : évaporation du bac (mm),

P : pluie tombant sur le bac (mm),

ΔH : différence de côte du plan d'eau dans le bac entre deux mesures (mm).

Le passage de l'évaporation du bac à l'évaporation du plan d'eau se fait en multipliant les résultats de mesures sur le bac par le coefficient du bac, d'où:

$$E = K.E_{\text{Bac}} \quad (3)$$

E : évaporation du plan d'eau (mm),

K : coefficient du bac, ($K=0,7-0,8$, pour le bac class A et Colorado),

E_{Bac} : évaporation mesurée sur le bac (mm).

Il existe d'autres méthodes de calcul de l'évaporation des plans d'eau, telles que la méthode du bilan énergétique et la méthode de la diffusion turbulente. Quoique précises, ces deux méthodes ne sont employées que dans des études exceptionnelles.

1.3.- Méthode hydrométéorologique

La méthode hydrométéorologique est la méthode la plus employée pour la détermination de l'évaporation des étendues d'eau. Elle est basée sur la loi physique de Dalton. Les valeurs numériques de cette méthode sont des données standards qui sont toujours disponibles dans les atlas et les bulletins météorologiques de l'Office National de la Météorologie (ONM).

Pour l'établissement de telle méthode, des données de 5 à 10 ans d'observation; disponibles aux niveaux des stations météorologiques où sont implantées près des sites des

barrages réservoirs algériens (barrage Meffrouche, Gargar, Hamiz, Guenitra, Bakhada, Keddara, Beni Bahdel, barrage Sidi Mohamed Ben Aouda et la station expérimentale d'El Abiod Sidi Cheikh), sont nécessaires. La formule de calcul de l'évaporation proposée par BOUTOUTAOU (1995) [1], est la suivante :

$$E = 0,233 n (e_s - e_a) (1 + 0,39 V) \quad (4)$$

E : évaporation (mm),

e_s : tension de vapeur d'eau saturante correspondant à la température de la surface évaporante (millibar),

e_a : tension de vapeur d'eau dans l'atmosphère (millibar),

$(e_s - e_a)$: déficit de saturation dans l'atmosphère (millibar),

V : vitesse du vent (m/s),

n : nombre de jours du mois considéré (pour janvier n = 31, février n = 28 etc., pour les calculs journaliers n = 1).

2.- Résultats et discussion

Les valeurs de l'évaporation calculées par la méthode 4 proposée, sont comparées à celles mesurées sur plusieurs barrages en exploitation, situés dans les différentes zones géographiques et climatiques de l'Algérie.

La comparaison montre que la différence entre les valeurs calculées par la formule 4 et mesurées au niveau des différents barrages ne dépasse pas $\pm 25\%$. L'erreur systématique de calcul n'apparaît pas. Cette différence n'est pas tout à fait homogène (un petit peu élevée en hiver et en automne, et faible au printemps et en été), durant l'année. Quelques comparaisons choisies arbitrairement sont présentées sur les figures 3, 4, 5 et 6.

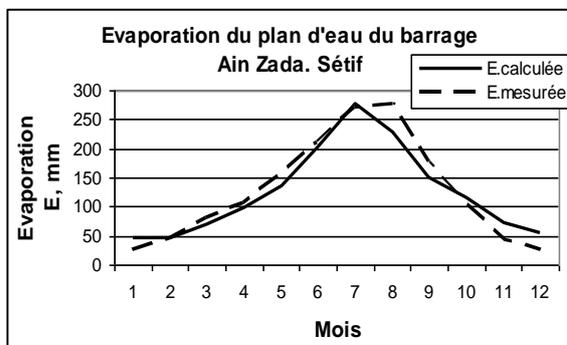


Figure 3.- Évaporation au barrage Ain Zada

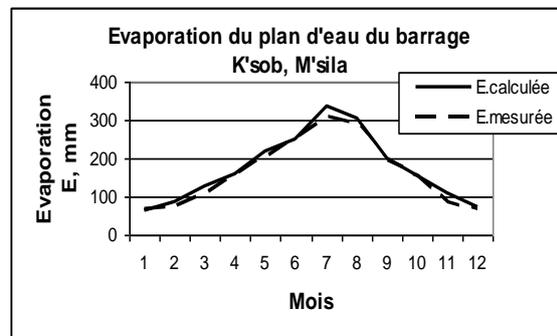


Figure 4.- Évaporation au barrage K'sob

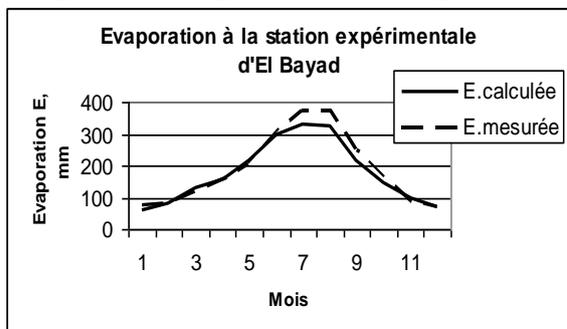


Figure 5.- Évaporation à la St. d'El Bayad Fergoug

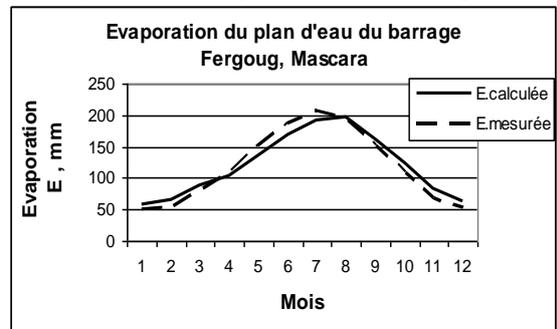


Figure 6.- Évaporation au barrage Fergoug

Exemple pratique

On se propose de calculer la valeur moyenne mensuelle et annuelle du plan d'eau d'un futur barrage réservoir implanté dans la région de Biskra.

Données de base

Les données météorologiques nécessaires au calcul de l'évaporation sont empruntées de l'atlas climatologique (wilaya de Biskra) de l'Office National de la Météorologie (ONM). Les données sont consignées dans le tableau II.

Tableau II.- Paramètres météorologiques nécessaires au calcul de l'évaporation

	Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Caractéristiques													
Température de l'air (°C)		11.7	13.6	16.4	19.8	24.3	30.2	33.4	32.5	28.0	21.7	15.8	12.5
Tension de vapeur (mb)		7.2	7.8	7.5	8.4	1.0	11.7	12.1	13.7	14.6	12.0	9.6	8.0
Vitesse du vent, (m/s)		3.6	3.9	4.4	4.4	4.9	4.2	3.5	3.5	3.2	3.2	3.2	3.3

Solution

La température de la surface évaporante [température de l'eau (t_e), nécessaire pour la détermination de la tension de vapeur d'eau saturante (e_s) ne figure pas dans les Atlas climatologiques. Elle peut être déterminée en fonction de la température de l'air (t_a) et la tension de vapeur d'eau de l'atmosphère (e_a) (tab. III), en utilisant l'abaque de données, et par conséquent, la tension de vapeur d'eau saturante (e_s) par la table de données [1]. Un exemple de calcul pour le mois de janvier est donné sur l'abaque pour déterminer « t_e » et à la fin de la table pour déterminer « e_s ».

Tableau III.- Tension de vapeur saturante

	Mois	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Caractéristiques													
Température de l'air (°C)		11.7	13.6	16.4	19.8	24.3	30.2	33.4	32.5	28.0	21.7	15.8	12.5
Tension de vapeur d'eau (mb)		7.2	7.8	7.5	8.4	10.0	11.7	12.1	13.7	14.6	12.0	9.6	8.0
Température de l'eau (°C)		11.1	13.0	14.4	17.6	21.0	25.8	29.4	28.8	24.9	20.4	14.5	12.4
Tension de vapeur saturante (mb)		13.2	15.0	16.4	20.1	24.9	33.2	41.0	39.6	31.5	24.0	16.5	14.4

L'évaporation du plan d'eau de la future retenue est donnée par la formule 4:

$$E = 0,233 n (e_s - e_a) (1 + 0,39 V)$$

Le résultat de calcul est récapitulé dans le tableau IV.

Tableau IV.- Résultats de calcul de l'évaporation

Caractéristiques	Mois												année
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
n (jour)	31	28.5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	---
es (mb)	13.2	15.0	16.4	20.1	24.9	33.2	41.0	39.6	31.5	24.0	16.5	14.4	---
ea (mb)	7.2	7.8	7.5	8.4	10.0	11.7	12.1	13.7	14.6	12.0	9.6	8.0	---
es – ea (mb)	6.0	7.2	8.9	11.7	14.9	21.5	28.9	25.9	16.9	12.0	6.9	6.4	---
V (m/s)	3.6	3.9	4.4	4.4	4.9	4.2	3.5	3.5	3.2	3.2	3.2	3.3	---
E (mm)	104	120	174	222	313	396	493	442	265	195	108	106	2938

Il est intéressant de comparer les valeurs de l'évaporation calculées par la formule 4 à celles observées au barrage Foug El Gherza, situé dans la wilaya de Biskra (tab. V).

Tableau V.- Comparaison entre les valeurs de l'évaporation calculées et observées

Caractéristiques	Mois												Année
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Evaporation observée, E _{obs} (barrage Foug El Gherza)	88	110	170	229	313	375	443	413	230	210	121	92	2794
Evaporation calculée, E _{cal} (formule 6)	104	120	174	222	313	396	493	442	265	195	108	106	2938
Erreur, (E _{cal} – E _{obs})/E _{obs} (%)	18	9	2	-3	0	6	11	7	13	-7	-11	15	5%

Les valeurs de l'évaporation calculées par la méthode proposée 4 ne s'écartent pas sensiblement des valeurs de l'évaporation mesurées du barrage Foug El Gherza à Biskra (Algérie).

Détermination de l'évaporation par le déficit de saturation de l'air «D»

Généralement, le choix d'une méthode de calcul d'une caractéristique hydrologique est lié à la disponibilité des données de mesure ou d'observation exigée par la méthode choisie. Parfois, les données de quelques éléments météorologiques sont manquantes, en particulier la donnée de la tension de vapeur d'eau «ea» ou bien elle peut exister sous forme d'humidité relative «H» en pourcent (%). L'évaporation du plan d'eau dans ce cas peut-être déterminée à partir du déficit de saturation de l'air «D» [2]:

Pour le nord de l'Algérie :

$$E = 0.342 n D^{0.80} (1 + 0.39 V) \quad (5)$$

Pour le sud de l'Algérie, en zones arides et semi-arides :

$$E = 0.403 n D^{0.73} (1 + 0.39 V) \quad (6)$$

E : évaporation du plan d'eau (mm),

n :- nombre de jours du mois considéré (n = 30 ou 31 selon le mois pour les calculs mensuels et n = 1 pour les calculs journaliers),

V : vitesse du vent, il est considéré les moyennes mensuelles (m/s),

D : déficit de saturation de l'air en millibars (mb), est donné par la relation suivante:

$$D = 0.0632 (H-100) e^{0.0632 (t)}$$

- H : moyenne mensuelle de l'humidité de l'air (%),
- t : moyenne mensuelle de la température de l'air (°C).

Exemple pratique

Calculer les valeurs mensuelles et annuelles de l'évaporation du plan d'eau de la région de l'Oued Souf (Algérie) par la formule 6 (zones arides et semi-arides).

- Température moyenne mensuelle de l'air (°C),
- Humidité moyenne mensuelle de l'air (%),
- Vitesse du vent moyenne mensuelle (m/s).

Le détail de calcul est donné dans le tableau VI :

Tableau VI.- Détail de calcul de l'évaporation

Mois Caractéristiques	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Année
Nombre de jours du mois	31	28,5	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	*
température de l'air (°C)	10	13	16	20	25	30	32	33	28	22	16	11	*
Humidité de l'air (%)	65	58	51	44	39	36	32	35	45	53	61	68	*
déficit de saturation (mb)	4	6	9	12	19	27	33	32	21	12	7	4	*
vitesse du vent (m/s)	3	3	4	4	5	5	4	2	2	2	2	2	*
Evaporation calculée (mm)	71	95	143	197	291	382	380	304	222	147	92	61	2386

La valeur annuelle de E = 2386 mm, représente la somme des valeurs mensuelles.

Conclusion

La construction et l'exploitation d'un barrage réservoir exige la connaissance de l'évaporation de l'eau en surface libre qui intervient dans le calcul de la régularisation des apports pour le dimensionnement du barrage et dans les calculs du bilan hydrique de la retenue pendant l'exploitation au profit de l'agriculture saharienne. L'évaluation de l'évaporation par analogie, peut atteindre des valeurs considérables (mauvais choix du réservoir analogue). Quant aux stations météorologiques qui offrent de bons résultats, elles sont malheureusement limitées en nombre et elles ne couvrent que quelques régions du pays. Pour éluder à ces inconvénients, dans la présente étude, différentes formules sont proposées.

D'application simple, ces méthodes sont mises à la disposition des ingénieurs (hydrologues, hydrauliciens, météorologues, agronomes, etc...), des agents d'exploitation des barrages et des étudiants des universités et des écoles spécialisées en hydraulique et en agronomie.

Références bibliographiques

[1].- Boutoutaou D., 1995.- Evaporation des surfaces des plans d'eau des retenues et barrages en Algérie. Thèse de Doctorat PhD en Sciences Techniques. Institut d'Hydraulique, Moscou, 200 p.

[2].- Boutoutaou D., 1995.- Méthode de calcul de la tension de vapeur d'eau saturante par la température et la tension de vapeur d'eau de l'air aux stations météorologiques. Annales de l'Institut de Recherche Agro-Industrie et Information (NIITEI), n° 150 : 43-51.