

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

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



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

Algerian Journal of Arid Environment

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

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

ISSN 2170-1318

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

Volume 3, numéro 2, Décembre 2013



ALGERIAN JOURNAL OF ARID ENVIRONMENT

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



<p>Directeur de la revue Pr. BOUTERFAIA Ahmed</p>	<p>ADRESSE DE LA DIRECTION DE LA PUBLICATION <i>Algerian Journal of Arid Environment</i> Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers, BP 511, Université Kasdi Merbah Ouargla 30000 Ouargla, Algérie Tél. : (+213) 29 71 65 71/29 71 56 89 Fax. : (+213) 29 71 56 89 Web: www.ouargla-univ.dz E-mail: ecosys.infos@yahoo.fr</p>
<p>Directeur de la publication Mr KHELIFA Abdelkader</p>	<p>Instructions aux auteurs</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 : <ul style="list-style-type: none"> - 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>Directeur scientifique de la publication Pr. BISSATI Samia</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>Rédacteur en chef Pr. OULD EL HADJ Med Didi</p>
<p>Rédacteur en chef Pr. OULD EL HADJ Med Didi</p>	
<p>Comité de rédaction</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pr. CHELOUFI Hamid - Dr DADDI BOUHOUN Mustapha - Dr SAKER Med Lakhdar - Dr IDDER Mohamed Taher 	
<p>Mise en page Mr CHAABENA Ahmed</p>	
<p>Comité scientifique</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. SAMRAOUI B., Algérie - Pr. COTE M., France - Pr. MICHAUD P., France - Pr. SERGE MARLET C., France - Pr. CHERITI A., Algérie - Pr. TAMISIER A. J., France - Pr. BOUTIN C., France - Pr. HAMDIA AISSA B., Algérie - Pr. BISSATI S., Algérie - Pr. CHELOUFI H., Algérie - Pr. O/ EL HADJ-KHELIL A., Algérie - Pr. SIBOUKER O., Algérie - Pr. SAKER M. L., Algérie - Dr ESNALUT M. A., France - Dr M'SADAK Y., Tunisie - Dr SANON S., Burkina Faso - Dr BOUTATAOU D., Algérie - Dr ADAMO A., Algérie - Dr IDDER M. T., Algérie - Dr DADDI BOUHOUN M., Algérie 	

Algerian Journal of Arid Environment

“AJAE”

vol. 3, n°2 - 2013

Sommaire

- Impact de l'état hydrique du sol sur le comportement écophysologique d'une oliveraie adulte aménagée en Meskat (Sahel Tunisien)**
BEN SALEM Asma, MAJDOUB Rajouene, M'SADAK Youssef et BOUJNAH Dalenda..... 4
- Action des principes actifs naturels d'une plante aromatique algérienne vis-à-vis des entérobactéries pathogènes**
BENKHERARA Salah, BORDJIBA Ouahiba et DJAHRA Ali Boutlelis..... 15
- L'arganeraie de Tindouf : un patrimoine floristique exceptionnel !**
KAABÈCHE Mohammed, BENKHEIRA Abdelkader, MOUZAOUI Abdelmoumen, KHAZNADAR Mouna et BENIA Farida..... 24
- Toxicité comparée des huiles essentielles brutes foliaires de trois plantes spontanées récoltées au Sahara algérien sur les larves et les imagos de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae)**
KEMASSI Abdellah, HELLALI Naima, BOUAL Zakaria, BOUZIANE Nawel, OULD EL HADJ-KHELIL Aminata, HADJ-MAHAMMED Mahfoud et OULD ELHADJ Med Didi..... 34
- Paramètres d'élevage et de traite associés aux élévations cellulaires individuelles en élevage bovin laitier hors sol (Tunisie)**
M'SADAK Youssef, HAJ MBAREK Rim, MIGHRI Leila et KRAIEM Khemais..... 43
- Premiers résultats sur la germination de luzerne arborescente en conditions contrôlées**
NEDJIMI Bouzid, GUIT Brahim, MOHAMMEDI Nessrine, BELKHEIRI Samira..... 53
- Efficacité des institutions locales organisatrices des marchés locaux de la ressource fourragère biologique**
ABIDI Fatima, KHARROUBI Hadjer, ATCHEMDI Komi Apédo..... 59
- Situation sanitaire mammaire et pertes quantitatives laitières générées par les élévations cellulaires dans des élevages bovins hors sol en Tunisie**
M'SADAK Youssef, MIGHRI Leila et KRAIEM Khemais..... 74
- Etude de l'activité antibactérienne de la nisine contre *Pseudomonas fluorescens***
SOUID Wafa, BOUDJENAH Saliha, SIBOUKEUR Oumelkher..... 86
- Gestion des potentialités hydriques en régions sahariennes**
SAKER Mohamed Lakhdar, DADDI BOUHOUN Mustapha, BOUTOUTAOU Djamel et OULD EL HADJ Mohamed Didi..... 96

IMPACT DE L'ETAT HYDRIQUE DU SOL SUR LE COMPORTEMENT ECOPHYSIOLOGIQUE D'UNE OLIVERAIE ADULTE AMENAGEE EN MESKAT (SAHEL TUNISIEN)

BEN SALEM Asma^{1*}, MAJDOUB Rajouene¹, M'SADAKYoussef¹
et BOUJNAH Dalenda²

(1) Département du Génie des Systèmes Horticoles et du Milieu Naturel, Université de Sousse
Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, 4042 Chott Mariem, Tunisie
rmajdoub@yahoo.com; salem.asma@yahoo.fr; msadak.youssef@yahoo.fr

(2) Institution de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur Agricoles, Institut de l'Olivier, 3000
Sfax, Tunisie. dalenda_boujnah@yahoo.fr

Résumé.- *Le système Meskat est la technique la plus adoptée depuis l'antiquité pour l'irrigation de la culture de l'olivier, spéculation la plus répandue dans le Sahel Tunisien. L'évaluation du comportement écophysiole des oliviers plantés dans les mankaas selon l'état hydrique du sol a été effectuée à travers le suivi des paramètres écophysioles suivants: la conductance stomatique, le contenu relatif en eau au niveau des feuilles et le potentiel hydrique foliaire. Le dispositif expérimental retenu dans la région de Kroussia (gouvernorat de Sousse), est formé de trois bandes. Chacune est constituée de quatre casiers. Chaque casier est occupé par deux oliviers de variété «chemlali». L'état hydrique du sol a été apprécié par la mesure de l'humidité du sol. Les résultats obtenus ont montré l'impact positif du système Meskat sur l'ensemble des indicateurs considérés. La conductance stomatique a augmenté, selon le gradient hydrique, de 50%. Une variation hautement significative a été relevée lors du suivi du potentiel hydrique foliaire également selon l'état hydrique des mankaas se traduisant par un accroissement de 30% pour une élévation de 8% pour l'humidité du sol. L'effet de la teneur en eau des mankaas sur l'écophysiole de l'olivier a été également constaté par une amélioration de 45% du contenu relatif en eau. La contrainte hydrique du sol au niveau des casiers éloignés de l'impluvium a engendré une baisse remarquable au niveau des différents paramètres écophysioles étudiés.*

Mots clés: *Système Meskat, état hydrique du sol, écophysiole, olivier, Tunisie littorale.*

IMPACT OF THE HYDRIC STATES OF THE SOIL ON THE ECOPHYSIOLOGICAL BEHAVIOR OF ADULT OLIVERAIE DESIGNED BY THE MESKAT (SAHEL OF TUNISIA)

Abstract.- *The Meskat system is the most common technique adopted since antiquity for irrigation of olive cultivation, the most widespread speculation in the Sahel of Tunisia. The evaluation of ecophysiological compartment of olive trees planted in mankaas according to the humidity of the soil was performed by monitoring the following ecophysiological parameters: stomatic conductance, relative water content in leaves and foliar hydric potential. In this context, an experimental device has been retained in the region of Kroussia (Governorate of Sousse). This device consists of three bands; each one consists of four compartments, each one occupied by two olive variety "chemlali". The hydric state of the soil was assessed by measuring of humidity. The results have demonstrated the positive impact of Meskat system on all indicators considered. Indeed, stomatic conductance increased as the water gradient of 50%. A highly significant variation occurred during follow-up of leaf water potential also in the water status mankaas resulting in an increase of 30% for an increase of 8% humidity of the soil. The effect of humidity in the mankaas on ecophysiology of the olive was also evidenced by a 45% improvement in the relative water content. Water stress in soil bins away from the catchment has led to dramatic declines in the various ecophysiological parameters studied.*

Keywords: *Meskat system, soil moisture, ecophysiology, olive, coastal Tunisia.*

Introduction

Dans les pays méditerranéens, l'oléiculture revêt une importance stratégique [1,2]. Néanmoins, la dépendance de cette spéculation aux pluies très irrégulières inter et intra-annuelles, conduit à de faibles niveaux du potentiel de production oléicole [3,4,5]. Durant les années déficitaires et essentiellement dans les zones arides et semi arides, les apports pluviaux ne permettraient pas d'atteindre les besoins en eau nécessaires à la satisfaction de l'olivier [6,7]. Le déficit hydrique est à l'origine des variations de réponses physiologiques. Cette variation se manifeste par la réduction du contenu relatif en eau au niveau des feuilles et par la diminution de la conductance stomatique et le potentiel hydrique foliaire [8,9]. Cette situation provient également d'une mauvaise utilisation de l'eau disponible. Par conséquent, l'exploitation des eaux pluviales et l'amélioration de l'efficacité de leur utilisation, par la gestion de l'humidité du sol, sont des facteurs essentiels pour améliorer la production oléicole.

La réduction du lourd fardeau imposé sur les cultures pluviales exige leur protection pour être exploitées d'une manière durable. Afin de remédier à cette situation et augmenter l'efficacité agricole des pluies, un modèle de gestion durable a été adopté [4,10]. Ce modèle a été élaboré dans le cadre d'une stratégie décennale mise depuis 1990 par le Gouvernement Tunisien pour la mobilisation des eaux de surface et leur exploitation dans l'irrigation, la protection des terres en pente et l'aménagement intégré des versants [11]. Il s'agit de mettre en place de nombreux aménagements et techniques en fonction de la topographie, du climat local et de l'occupation des sols [12,13]. Parmi ces aménagements, le système *Meskat* est la technique la plus utilisée depuis l'antiquité pour l'irrigation de la culture de l'olivier, spéculation la plus répandue dans le Sahel Tunisien [14]. Son principe consiste au captage, à l'amont, des eaux de ruissellement par l'impluvium (surface non plantée), et à la distribution des eaux collectées par des répartiteurs pour irriguer les oliviers plantés à l'aval dans les mankâas.

Pour la culture pluviale, l'activité physiologique de l'olivier est contrôlée par la disponibilité de l'eau dans le sol. Ainsi, la connaissance de l'état hydrique des sols et de son évolution temporelle et spatiale est une information importante dans la compréhension du fonctionnement hydrique chez la plante. Plusieurs travaux de recherche en Tunisie ont étudié la variation du comportement écophysologique de l'olivier sous l'effet du déficit hydrique et sous l'effet des régimes d'eau différents entre autres les études de Boujnah *et al.* (2004), Boussadia *et al.* (2008) et Charfi-Masmoudi *et al.* (2010) [15, 16, 17]. Ces dernières études s'intéressent essentiellement aux oliviers irrigués. Pour les oliviers en régime pluvial, les études ont concerné l'impact du système *Meskat* sur la vigueur [18, 20] et la fructification de l'olivier [19, 20]. Toutefois, d'après la documentation disponible, le suivi du comportement écophysologique des oliveraies, conduites en mode pluvial, reste mal connu ou presque inexistant. Cette étude vise l'évaluation de la réponse écophysologique d'une oliveraie adulte, aménagée par le système *Meskat*.

1.- Matériel et Méthodes

1.1.- Site d'étude

La présente étude est réalisée dans une exploitation agricole privée, propriété de la famille El Gzazga. Elle est localisée dans la région de Kroussia (Sousse, Tunisie littorale) de coordonnées géographiques : 35°43'58.62"N et 10°29'59.95"E. L'altitude de la parcelle

varie de 90 m à 120 m, par rapport au niveau de la mer. Cette exploitation, aménagée et régulièrement entretenue depuis le 17^{ème} siècle, consiste en un système *Meskat* formé par un *impluvium* qui couvre une superficie de 20 ha et des *mankâas* totalisant une trentaine de casiers et couvrant une superficie de l'ordre de 15 ha. L'eau de ruissellement est collectée à l'aval de l'impluvium, ayant la forme d'un entonnoir, et est distribuée, à l'aide d'un partiteur, aux casiers (fig. 1). La région d'étude est soumise à des précipitations d'une moyenne annuelle de l'ordre de 350mm, irrégulièrement réparties d'une année à l'autre. La température moyenne annuelle est de 19°C.; celle des maxima au mois de juillet, le plus chaud, est de 37°C., alors que celle des minima au mois de janvier, le plus froid, est de 5°C. Le sol est de type brun calcaire et rendzine. Le nombre d'événements pluvieux par an est en moyenne 35. L'olivier cultivé est la variété «*Chemlali*», largement répandue dans la région d'étude.

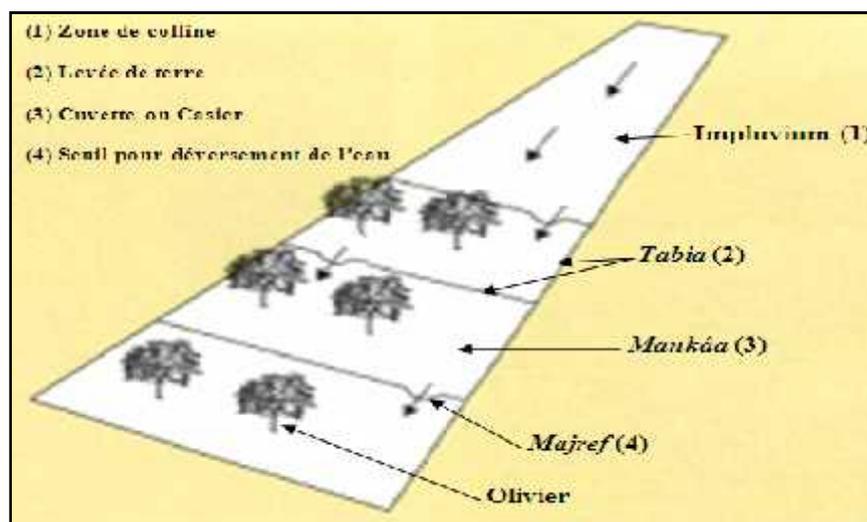


Figure 1.- Eléments constitutifs et fonctionnement du système *Meskat*

1.2.- Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté lors de cette étude est du type en bandes (fig. 2). Il est constitué de trois bandes: la bande gauche, la bande centrale et la bande droite, assimilées à des blocs. Chaque bande, qui appartient à une lignée d'héritiers, est formée par plusieurs casiers. Quatre casiers sont retenus pour chacune de ces bandes et, sont considérés comme des traitements: le casier amont du mankâa, le casier du milieu mankâa, le casier aval du mankâa et le casier témoin. Les distances entre le milieu de ces casiers et l'aval de l'impluvium sont 10 m, 47 m, 85 m et 126 m respectivement. Le casier amont profite de l'apport de plusieurs crues par an ; celui du milieu reçoit de l'apport de quelques crues, une à deux crues par an ; le casier aval bénéficie de l'apport d'au plus d'une crue par an et le casier témoin n'est affecté par le ruissellement que lors d'événement de fréquence rare. Les dimensions des casiers sont variables, soit en moyenne 20 m × 10 m. Pour chaque traitement, deux répétitions sont considérées, soit 2 arbres adultes par casier et 24 oliviers adultes au total.

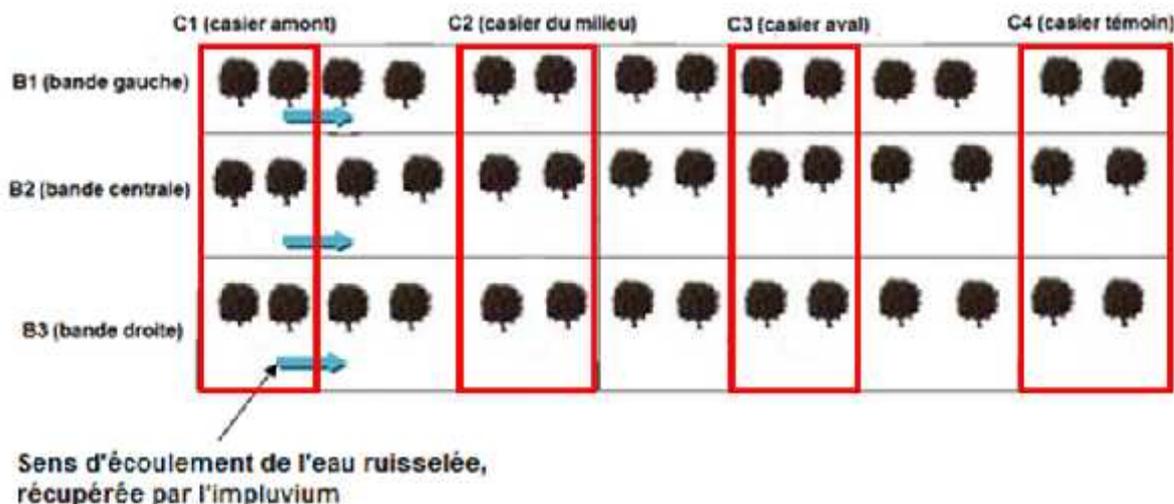


Figure 2.-Dispositif expérimental adopté

1.3.- Paramètres mesurés

Les mesures sont accomplies à deux dates différentes (18/05/2010 et 22/07/2010). L'état hydrique du sol, est apprécié au champ à partir du suivi de la teneur volumique (Hv). La mesure de Hv s'effectue par une sonde TDR selon deux profondeurs 0-20 cm et 20-40 cm [21]. Les paramètres écophysologiques mesurés sont la conductance stomatique des feuilles (CS), le contenu relatif en eau dans les feuilles (CRE) et le potentiel hydrique foliaire (PHF). La conductance stomatique est déterminée *in situ* à l'aide d'un poromètre à diffusion (Delta-T AP4, Delta-T Devices, Cambridge, UK) sur quatre feuilles sélectionnées de chaque arbre suivant les quatre points cardinaux [17, 22]. Pour le contenu relatif en eau, la technique utilisée est celle de Barrs *et al.* (1962) [23] cité par Boujnah *et al.* (2004) [15]. Cette technique consiste au prélèvement de 10 feuilles de chaque arbre. Après la collecte, les pétioles de ces feuilles sont immergés immédiatement dans l'eau distillée pour conserver leur poids frais (P_f) qui est mesuré dès l'arrivée au laboratoire. Après 48 h, les feuilles sont pesées pour obtenir le poids en saturation (P_{sat}). Le poids sec (P_{sec}) est déterminé après la dessiccation des feuilles à l'étuve à 60°C pendant 24 h. Enfin, le CRE est calculé en appliquant la formule suivante [7, 22] :

$$CRE = \frac{P_f - P_{sec}}{P_{sat} - P_{sec}} \times 100$$

La détermination du PHF a été effectuée à l'aide d'une chambre à pression d'un gaz neutre (azote) appliqué sur une feuille donnée [17, 24, 25].

1.4.- Analyse statistique

La moyenne arithmétique des valeurs issues de chaque paramètre est calculée de façon à avoir une valeur représentative par casier. L'analyse statistique est effectuée par casier et par bande. L'analyse de la variance est réalisée en faisant appel à la procédure GLM (General Linear Models Procedure) à l'aide du logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 13. Pour les variables où le test F est significatif, la procédure GLM est suivie par une comparaison multiple des moyennes en ayant recours au test de

Tukey, afin de déceler éventuellement des différences significatives ($p < 5\%$).

2.- Résultats et discussion

2.1.- Impact de l'état hydrique du sol sur la conductance stomatique des feuilles

L'analyse de la variance a montré que la variation de la CS des feuilles est très hautement significative, selon les casiers et les bandes (tab. I). Le coefficient de détermination enregistré est de 0,95. Le coefficient de variation ($>20\%$) montre une hétérogénéité des résultats obtenus. Selon le test de Tukey, la variation de la conductance stomatique présente une différence importante entre les casiers à proximité de l'impluvium et ceux plus éloignés (casiers témoins).

Tableau I.- Analyse de la variance des paramètres écophysologiques de l'olivier
[***: test de F très hautement significatif ($p < 0,1\%$); **: test de F hautement significatif ($p < 1\%$); * : test de F significatif ($p < 5\%$)]

Source de variation	CS	CRE	PHF
Casier	***103,05	***96,35	***23,10
Bande	***53,28	*5,59	***19,65
Coefficient de détermination	0,95	0,93	0,84
Coefficient de variation (%)	31,1	32,1	15,2

La CS varie de 140,4 $\text{mmoles.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ pour les feuilles des arbres situés dans le casier amont, à 86,4 $\text{mmoles.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ pour celles des arbres du casier aval. Au niveau du casier témoin, la CS est de l'ordre de 72,0 $\text{mmoles.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ (tab. II).

Tableau II.- Variation de la conductance stomatique selon les casiers et selon les bandes

Bande	Casier				Moyenne
	C1	C2	C3	C4	
	CS ($\text{mmoles/m}^2/\text{s}$)				
B1	146,94 a	83,69efg	58,56g	59,00g	87,05
B2	149,13a	131,63ab	112,88bcd	97,75cde	122,84
B3	125,13abc	113,00bcd	87,75def	59,38fg	96,31
Moyenne	140,40	109,44	86,40	72,04	

Pour les bandes, la CS a varié de 87,0 $\text{mmoles.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ en moyenne pour les feuilles des arbres de la bande gauche à 122,8 $\text{mmoles.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ pour celles des arbres de la bande centrale. La différence obtenue entre les deux périodes est en accord avec les résultats de Rana *et al.* (2005) [26] qui ont montré que l'évolution de la conductance stomatique est affectée par les conditions climatiques. En effet, selon Alves *et al.* (1998) [27], la conductance stomatique est un paramètre qui n'est pas purement écophysologique, mais plutôt influencé par certains facteurs physiques tels que la température, l'état hydrique, la lumière, ...

Sur la figure 3, il apparaît que la CS présente presque la même allure pour les deux dates de mesure. Toutefois, une diminution de l'ordre de 26% est observée de mi-mai à fin juillet. Selon Giorio *et al.* (1999) [28], la conductance stomatique chez l'olivier est

contrôlée par l'humidité du sol. En effet, l'humidité relative du sol Hv varie, de l'amont vers l'aval, de 41 à 36% pour les dates 18-05-2010 et 22-07-2010, respectivement, pour la couche de 0-20 cm et de 35 à 30% pour la couche de 20-40 cm. Pendant la même période, cette variation est accompagnée d'une variation de 50% de la CS selon le sens d'écoulement des eaux du ruissellement (fig. 3). Ces résultats sont en concordance avec ceux signalés par Kramer et Boyer (1995) qui ont montré la variation proportionnelle entre la conductance stomatique et l'humidité du sol [29].

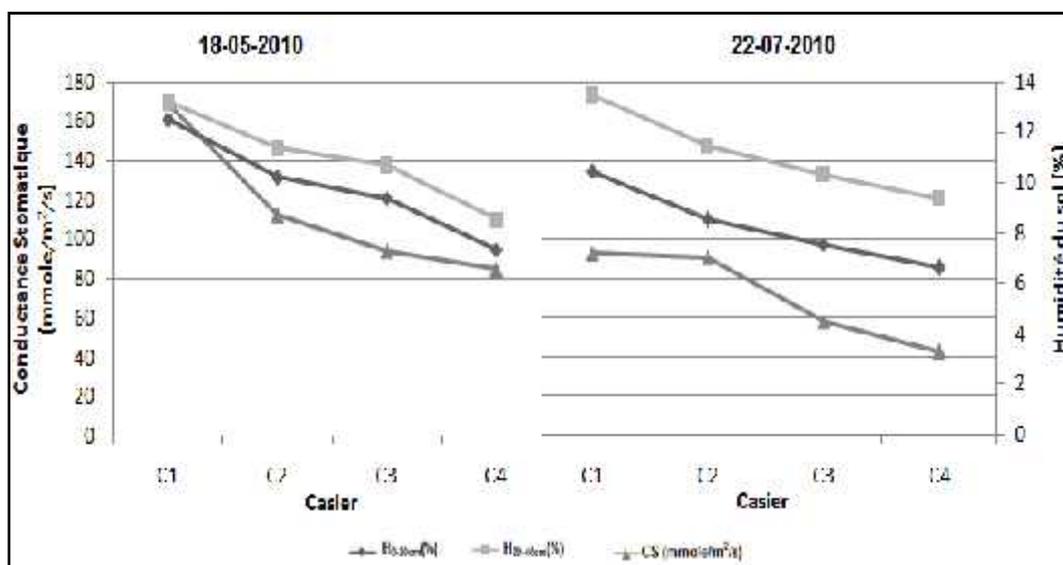


Figure 3.- Evolution de la conductance stomatique foliaire de l'olivier (mmoles/m²/s) selon l'humidité du sol (%) et selon l'emplacement par rapport à l'impluvium (C₁, C₂, C₃ et C₄) pour deux dates de mesures différentes (18-05-2010 et 22-07-2010)

2.2.- Impact de l'état hydrique du sol sur le contenu relatif en eau

L'analyse de la variance montre que la variation du CRE au niveau des feuilles est très hautement significative selon les casiers et significative selon les bandes (tab.I). Le coefficient de détermination enregistré est de 0,93. Le coefficient de variation (>20%) montre une hétérogénéité des résultats obtenus. Pour le test de Tukey, la variation du CRE présente une différence importante entre les casiers à proximité de l'impluvium et ceux plus éloignés (casiers témoins).

Le CRE des feuilles se répartit de la même manière que la conductance stomatique des feuilles selon les casiers (tab. III). Il varie de 88,9% pour les feuilles des arbres du casier amont de la bande droite à 41,2% pour celles des arbres du casier témoin de la bande centrale. Les feuilles des arbres du casier du milieu se caractérisent par leur CRE plus élevé que celui des feuilles du casier témoin. La moyenne du CRE des feuilles est de 82,4 ; 71,6 ; 62,2 et 45,2% pour les arbres des casiers amont, milieu, aval et témoin, respectivement. Les observations montrent des différences significatives entre les bandes. La variation du CRE selon les bandes est de 64,0 ; 63,0 et 69,1% en moyenne pour la bande gauche, la bande centrale et la bande droite, respectivement. Selon Boujnah *et al.* (2004), le CRE spéculé en fonction de la conductivité hydraulique de l'arbre et ceci à son tour lié au diamètre hydraulique des vaisseaux conducteurs, à l'âge de la plante et à la disponibilité de l'eau dans le sol [15].

Tableau III.-Variation du contenu relatif en eau selon les casiers et selon les bandes

Bande	Casier				Moyenne
	C1	C2	C3	C4	
	CRE (%)				
B1	82,7ab	75,1bc	53,4de	44,7e	63,98
B2	75,7bc	66,8c	68,1c	41,2e	62,95
B3	88,9a	72,8bc	65,0cd	49,6e	69,08
Moyenne	82,43	71,57	62,17	45,17	

La variation du CRE au cours des deux dates de mesure selon l'humidité relative du sol est présentée sur la figure 4. La variation du CRE est proportionnelle à la variation de Hv. Une augmentation de Hv (0-20 cm), de l'ordre de 41% pendant le mois de mai, s'accompagne d'une augmentation de 63% du CRE de l'amont vers l'aval, alors que pendant le mois de juillet et avec la même variation de Hv, le CRE varie de 20,5%. Ceci s'explique par l'effet de la forte évapotranspiration durant le mois de juillet [30]. Boujnah *et al.* (2004) signalent, pendant le suivi de l'état écophysologique de l'olivier au mois de mai, cette culture garde une capacité cruelle de récupération de l'eau malgré qu'elle est confrontée à un stress hydrique pour une longue période [15]. Les mêmes constatations ont été rapportées par Fernandez *et al.* (1997) [31].

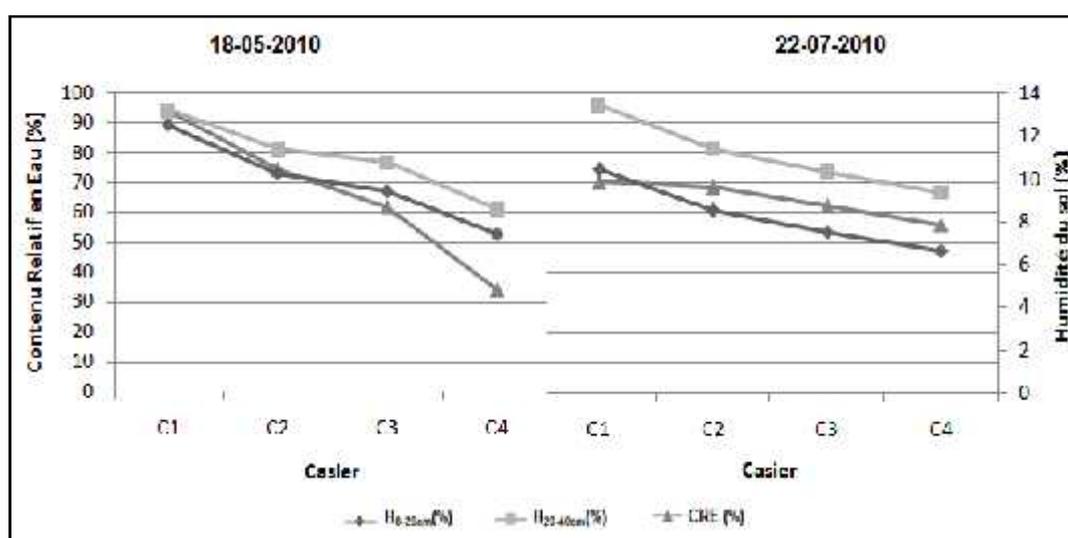


Figure 4.- Evolution du contenu relatif en eau au niveau des feuilles de l'olivier (%) selon l'humidité du sol (%) et selon l'emplacement par rapport à l'impluvium (C₁, C₂, C₃ et C₄) pour deux dates de mesures différentes (18-05-2010 et 22-07-2010)

2.3.- Impact de l'état hydrique du sol sur le potentiel hydrique foliaire

L'analyse de la variance a montré que la variation du PHF est très hautement significative selon les casiers et selon les bandes (tab. I). Le coefficient de détermination enregistré est de 0,84. Le coefficient de variation (<20%) montre une homogénéité des résultats obtenus. Le potentiel hydrique foliaire est significativement, selon le test de Tukey, plus élevé au niveau des arbres des casiers amont et du milieu, comparé aux arbres du casier témoin, indiquant l'effet bénéfique du système *Meskat*.

Le PHF varie de -35,2MPa, pour les feuilles des arbres du casier amont, à -40,4MPa pour celles des arbres du casier aval. Au niveau du casier témoin, le PHF est égal à -45,5MPa (tab. IV). Les ordres de grandeur ainsi obtenus montrent que la contrainte hydrique au niveau des oliviers est faible à modérée. Le potentiel moyen des feuilles des arbres est de -43,7 MPa, pour les feuilles des arbres de la bande gauche, -37,5 MPa pour celles des arbres de la bande centrale et de -37,0 MPa pour celles des arbres de la bande droite.

Tableau IV.- Variation du potentiel hydrique foliaire selon les casiers et selon les bandes

Bande	Casier				Moyenne
	C1	C2	C3	C4	
	PHF (MPa)				
B1	-41,6bcde	-41,9cde	-47,0e	-44,0de	-43,63
B2	-32,9a	-34,1abc	-37,1abcd	-46,0e	-37,53
B3	-31,0a	-33,1ab	-37,1abcd	-46,6e	-36,95
Moyenne	-35,17	-36,37	-40,40	-45,53	

L'humidité moyenne Hv du sol de deux dates considérées varie de 7,6 à 14,7%. Sachant qu'aucune pluie n'est enregistrée entre les dates de mesure, Hv diminue selon le sens d'écoulement de l'eau (de 13% au niveau du casier C₁ à 7% au niveau du casier C₄). Hv est plus importante en profondeur à cause de l'évaporation superficielle. En effet, une diminution de 8% est observée en fonction de la profondeur. Cette variation approuve une variation du PHF de 23 et 32% pendant les mois de mai et de juillet, respectivement (fig. 5). Le faible niveau hydrique du sol ne permet pas l'utilisation de l'eau pour une croissance optimale de la plante [32].

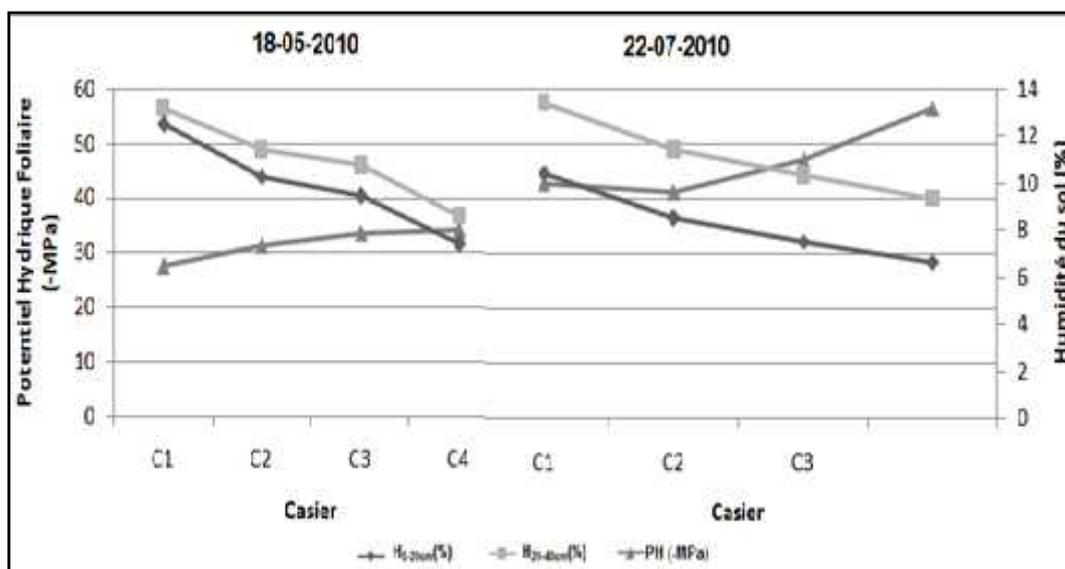


Figure 5.- Evolution du potentiel hydrique foliaire de l'olivier (-MPa) selon l'humidité du sol (%) et selon l'emplacement par rapport à l'impluvium (C₁, C₂, C₃ et C₄) pour deux dates de mesures différentes (18-05-2010 et 22-22-07-2010)

Conclusion

Les résultats de la présente étude laissent remarquer l'impact positif de l'état hydrique du sol sur l'ensemble des paramètres écophysologiques considérés au niveau d'une oliveraie conduite en mode pluvial, aménagée en *Meskat*. La conductance stomatique augmente, selon le gradient hydrique. Une variation hautement significative est relevée lors de suivi du potentiel hydrique foliaire également selon l'état hydrique des *mankâas* se traduisant, par un accroissement, pour une élévation de la teneur en eau du sol. L'effet de la teneur en eau des *mankâas* sur l'écophysologie de l'olivier est également constaté par une amélioration du contenu relatif en eau. La contrainte hydrique du sol au niveau des casiers éloignés de l'impluvium engendre une baisse remarquable au niveau des différents paramètres écophysologiques étudiés.

Références bibliographiques

- [1].- Braham M., 1997 - Activité écophysologique, état nutritif et croissance de l'olivier (*Olea europaea* L.) soumis à une contrainte hydrique. Thèse de Doctorat d'Etat, Faculté des Sciences Agronomiques de Gand Belgique : 160 p.
- [2].- Ben Rouina B., Taamallah H., Ammar E., 1999- Vegetation water used as a fertilizer on young olive plants. *Acta Horticulturae* ; 474(1) : 353-355.
- [3].- Bachta M. S., 1995.- Compétitivité et ouverture des agricultures maghrébines: intensification et gestion des ressources naturelles en Tunisie. *Options Méditerranéennes*, 14 : 349-356.
- [4].- Mtimet A., 2003 - Développement durable et gestion des ressources naturelles en Tunisie. *CIHEAM, Options Méditerranéennes*, 57: 159-162.
- [5].- Elloumi M., Selmi S., Hammami M., Dellai H., Azizi N., 2006 - Développement local, institutions et gestion des ressources naturelles (Tunisie): Le cas de la communauté d'Ouled H'lel dans la délégation de Aïn Draham. *Options Méditerranéennes*, 71: 67-77.
- [6].- Tognetti R., d'Andria R., Lavini A., Morelli G., 2006.- The effect of deficit irrigation on crop yield and vegetative development of *Olea europaea* L. (cvs. Frantoio and Leccino). *European Journal of Agronomy*, 25: 56-364.
- [7].- Ben Ahmed Ch., Ben Rouina B., Boukhris M., 2007.- Effects of water deficit on olive trees cv Chemlali under field conditions in arid region in Tunisia. *Scientia Horticulturae*, 113: 267-277.
- [8].- Kasraoui M.F., Braham M., Denden M., Mehri H., Garcia M., Lamaze T., Attia F., 2005- Effet du déficit hydrique au niveau de la phase photochimique du PSII chez deux variétés d'olivier. *Comptes Rendus Biologies*, 329: 98-105.
- [9].- Chhab H., Braham M., Boujnah D., Ben Mariem F., Ghariani W., Mahjoub Z., Ben Elhadj S., 2007.- Dynamique de la conductance hydraulique chez l'olivier de table (*Olea europaea* L., cv Meski). *Tropicultura*, 25(2) : 103-107.

- [10].- Boufaroua M., 2002 - Evolution des techniques de conservation des eaux et des sols en Tunisie. Ministère de l'agriculture, de l'environnement et des ressources hydrauliques DG/ACTA. Rapport technique : 625-635.
- [11].- Roose E., Sabir M., 2001.- Stratégies traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en zones méditerranéennes. Séminaire International, Montpellier 2000, "Hydrologie des régions méditerranéennes". Doc. Technique en Hydrologie, 51: 101-109.
- [12].- El Amami S., 1984.- Les aménagements hydrauliques traditionnels en Tunisie. Publication du CRGR, Tunis, 68 p.
- [13].- Prinz D. 2001.- Water Harvesting for Afforestation in Dry Areas. Proceedings, 10th International Conference on Rainwater Catchment Systems, Mannheim: 195-198.
- [14].- Majdoub R., Brahim Zarred M., Khlifi S., Ben Salem A., 2012a. - Contribution à l'évaluation de l'effet des aménagements antiérosifs traditionnels sur certains paramètres chimiques du sol : cas du Meskat dans le Sahel Tunisien. European Journal of Scientific Research, 69(2): 250-259.
- [15].- Boujnah D., Gouiaa M., Braham M., Guerfel M., Elloumi O., 2004.- Essai d'irrigation de sauvegarde d'oliviers dans des conditions de sécheresse accentuée dans le semi aride : aspects ecophysologiques de récupération. Ezzaitouna, 10 (1 et 2) : 9-23.
- [16].- Boussadia O., Ben Mariem F., Mechri B., Boussetta W., Braham M., Ben El Hadj S., 2008.- Response to drought of two olive tree cultivars (cv Koroneki and Meski). Scientia Horticulturae, 116 : 388–393.
- [17].- Charfi Masmoudi Ch., Mezghani Ayachi M., Gouiaa M., Laabidi F., Ben Reguaya S., Oueled Amor A., Bousnina M., 2010.- Water relations of olive trees cultivated under deficit irrigation regimes. ScientiaHorticulturae, 125: 573-578.
- [18].- Ben Salem A., Majdoub R., M'Sadak Y., 2013.- Caractérisation de la vigueur d'une oliveraie pluviale aménagée par le système *Meskat* (Semi-aride Tunisien). Tunis. J. Med. Plants Nat. Prod., volume 9(1), 2013, 13 p, accepté 25 Septembre 2012.
- [19].- Ben Salem A., Majdoub R., M'Sadak Y., Khlifi S., Boujnah D., Gouiaa M., 2012.- Évaluation de l'efficacité du système *Meskat* envers le comportement fructifère d'une oliveraie conduite en mode pluvial. BioRessources, 2(2) : 59-69.
- [20].- Majdoub R., Ben Salem A., M'Sadak Y., Khlifi S., Boujnah D., Gouiaa M., 2012b.- Impact du système *Meskat* sur le comportement de l'olivier (*Olea Europea L.*, CV Chemlali) en Milieu Semi-Aride Tunisien. European Journal of ScientificResearch, 92(4) : 510-525.
- [21].- Ferre P.A., Knight J.H., Rudolph D.L., Kachanoski R.G., 1998.- The sample areas of conventional and alternative time domain reflectometry probes. Water Resource Research 34(11): 2971–2979.

- [22].- Wahbi S., Wakrim R., Aganchich B., Tahi H., Serraj R., 2005.- Effects of partial rootzone drying (PRD) on adult olive tree (*Olea europaea*) in field conditions under arid climate I. Physiological and agronomic responses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106: 289-301.
- [23].- Barrs H.D., Watherley P.E., 1962.- A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.*, 15: 413-428.
- [24].- Grattan S.R., Greven M., Berenguer M.J., Connell J.H., Polito V.S., Vossen P.M., 2006.- Olive oil production as influenced by different quantities of applied water. *Agricultural Water Management*, 85: 133-140.
- [25].- Moriana A., Pérez-López D., Prieto M. H., Ramírez-Santa-Pau M., Pérez-Rodríguez J. M., 2012.- Midday stem water potential as a useful tool for estimating irrigation requirements in olive trees. *Agricultural Water Management*, 112: 43-54.
- [26].- Rana G., Katerji N., Lorenzi F., 2005.- Measurement and modelling of evapotranspiration of irrigated citrus orchard under Mediterranean conditions. *Agricultural. For. Meteorol.* 128: 199–209.
- [27].- Alves I., Perrier A., Pereira L.S., 1998.- Aerodynamic and surface resistances of complete cover crops : how good is the 'big leaf'. *Trans. ASAE*, 41(2): 345-351.
- [28].- Giorio P., Sorrentino G., D'Andria R., 1999.- Stomatalbehaviour, leaf water status and photosynthetic reponse in field-grown olive trees under water déficit. *Environ Exp. Bot.*, 42: 95-104.
- [29].- Kramer P. P. J., Boyer J. S., 1995.- *Water Relation of plants*. Academic Press. New York, 495 p.
- [30].- Natali S., Bignami C., Fusari A., 1991.- Water consumption, photosynthesis, transpiration and leaf water potential in *Olea europaea* L., cv Frantoio, at different levels of available water. *Agr.*, 121: 205-212.
- [31].- Fernandez J.E., Moreno F., Giron I.F., Blasquez O.M., 1997.- Stomatal control of water use in olive tree leaves. *Plant Soil*, 190: 179-192.
- [32].- Michelakis N., Vouyoukalou E.G., 1995.- Plant growth and yield response of the olive tree cv. Kalamon, for different levels of soil water potentiel and methods of irrigation. *Adv. Hort. Sci.*, 9: 136-139.

ACTION DES PRINCIPES ACTIFS NATURELS D'UNE PLANTE AROMATIQUE ALGERIENNE VIS-A-VIS DES ENTEROBACTERIES PATHOGENES

BENKHERARA Salah^{*}, BORDJIBA Ouahiba et DJAHRA Ali Boutlelis
Laboratoire de Biologie Végétale et Environnement (LBVE), Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université BADJI Mokhtar, 23000 Annaba – Algérie.
E-mail: salahbn07@yahoo.fr, ouahiba_bordjiba@yahoo.fr, djahra_ab@yahoo.fr

Résumé. - L'étude vise l'évaluation de l'effet des principes actifs naturels d'une plante aromatique et médicinale, la Sauge officinale ou *Salvia officinalis* L. (Lamiacées). Pour ce faire, les huiles essentielles sont extraites par hydrodistillation, séparées et identifiées par CG/SM. Leur effet antibactérien est déterminé, in vitro sur milieu Mueller-Hinton, vis-à-vis de quelques entérobactéries pathogènes. Les résultats ont démontré que l'huile essentielle isolée est constituée d'un chémotype de dix-neuf (19) composés terpéniques avec une prédominance de l' α -Thujone (environ 37%). Les tests de l'activité antibactérienne révèlent que l'inhibition de la croissance varie en fonction de l'espèce bactérienne et de la concentration du produit naturel extrait. De toutes les souches testées, trois d'entre elles se sont montrées très sensibles face aux différentes concentrations de l'extrait végétal obtenu. Les zones d'inhibition enregistrées dépassent le plus souvent celles provoquées par l'antibiotique utilisé (rifampicine à 5 μ g). Ces résultats sont prometteurs et apportent une validation scientifique quant à l'usage massif de la Sauge officinale. Ainsi l'effet des principes actifs naturels isolés des plantes médicinales pourrait bien rivaliser celui des antibiotiques.

Mots clés: Effet antibactérien, huiles essentielles, *Salvia officinalis*, entérobactéries.

ACTION OF NATURAL ACTIVE PRINCIPLES OF AN ALGERIAN AROMATIC PLANT AGAINST SOME PATHOGEN ENTEROBACTERIA

Abstract. - This study was designed to evaluate the effect of natural active principles of a medicinal and aromatic plant: the Sage or *Salvia officinalis*. To do this, the essential oils were extracted by hydrodistillation, separated and identified by GC/MS. Their antibacterial effect was determined, in vitro on Mueller-Hinton medium, against some pathogen enterobacteria. Convincing results were obtained. These results showed that the isolated essential oil is constituted of a Chemotype of nineteen (19) terpene compounds with a predominance of α -Thujone (about 37%). The tests of the antibacterial activity showed that the inhibition of the growth depends on the bacterial species and the concentration of the extracted natural product. Generally, the obtained essential oils have a very important antibacterial therapeutic action against the studied multiresistant germs. From all tested strains, three of them were very sensitive face to different concentrations of the obtained plant extract. The recorded inhibition zones often exceed those caused by the used antibiotic (Rifampin 5 μ g). These results are promising and provide a scientific validation for the massive use of the Sage. Thus the effect of natural active principles isolated from medicinal plants could well rival that of antibiotics.

Keywords: Antibacterial effect, essential oils, *Salvia officinalis*, enterobacteria.

Introduction

Au travers des âges, l'homme a pu compter sur la nature pour subvenir à ses besoins de base: nourriture, abris, vêtements et également pour ses besoins médicaux. L'utilisation thérapeutique des extraordinaires vertus des plantes pour le traitement de toutes les maladies de l'homme est très ancienne et évolue avec l'histoire de l'humanité.

Dans le monde, 80% des populations ont recours à des plantes médicinales pour se soigner, par manque d'accès aux médicaments prescrits par la médecine moderne mais aussi parce que ces plantes ont souvent une réelle efficacité. Aujourd'hui, le savoir faire des tradipraticiens, est de moins en moins transmis et tend à disparaître. C'est pour cela que l'ethnobotanique et l'ethnopharmacologie s'emploient à recenser, partout dans le monde, des plantes réputées actives et dont il appartient à la recherche moderne de préciser les propriétés et valider les usages [1].

À la fin de XIX^{ème} et au début du XX^{ème} siècle, plusieurs travaux scientifiques relataient de l'action antiseptique de plusieurs huiles essentielles [2, 3]. Ces huiles sont douées de propriétés antimicrobiennes à des degrés divers et reconnues depuis longtemps. Ces propriétés sont dues aux constituants de chaque huile essentielle [4, 5]. Ce sont des propriétés antifongiques [6, 7, 8, 9], antivirales [10], antiparasitaires [11] et également des propriétés insecticides [12, 13].

Plusieurs huiles essentielles présentent un fort pouvoir antibactérien [14]: Origan d'Espagne, Thym (*Thymus vulgaris*), Cannelle (*Cinnamomum zeylanicum*), Sarriette (*Satureia montana*), Girofle (*Eugenia caryophyllata*), par rapport à d'autres qui ont une activité moyenne : Pin (*Pinus sylvestris*), Cajeput (*Melaleuca leucadendron*), Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*), Lavande (*Lavandula officinalis*), Myrte (*Myrtus communis*) et Géranium rosat (*Pelargonium graveolens*). Les huiles essentielles qui présentent une bonne activité antibactérienne sont aussi de bons antifongiques [15, 16].

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés à une espèce végétale très répandue dans le bassin méditerranéen et très utilisée pour ses innombrables vertus thérapeutiques. Il s'agit de *Salvia officinalis* L. (Lamiacées) ou Sauge officinale. L'objectif était de vérifier la spécificité de cette espèce végétale sur le plan antiseptique et notamment l'activité antibactérienne de ses huiles essentielles vis-à-vis quelques entérobactéries pathogènes.

1.- Matériels et méthodes

1.1.- Matériels utilisés

Le matériel végétal utilisé lors de la réalisation de ce travail est constitué de feuilles de l'espèce *Salvia officinalis* L. Les échantillons sont prélevés au niveau du Parc National d'El-Kala (P.N.E.K) au nord-est algérien, tôt le matin et au moment de débourrement de la plante. Le matériel microbiologique, est constitué de quatre souches d'entérobactéries pathogènes, souvent multirésistantes aux antibiotiques et responsables de certaines maladies infectieuses plus ou moins graves. Ces bactéries sont *Escherichia coli* 12, *Escherichia coli* 1554, *Escherichia coli* 1429 et *Escherichia coli* ATCC 25922. Elles proviennent d'un laboratoire

d'analyses médicales situé à la wilaya d'Annaba. La gélose Mueller-Hinton (pH=5.7) est le principal milieu de culture utilisé.

Au cours de ce travail, un antibiotique de la famille des rifamycines (rifampicine à 5 µg) est utilisé afin de comparer les activités antibactériennes des huiles essentielles extraites avec celles des antibiotiques. Il a une excellente activité sur les germes à Gram positif: *Staphylocoques* et *entérocoques* [17, 18, 19].

1.2.- Méthodes d'analyse

1.2.1.- Extraction et identification des huiles essentielles

Selon Bruneton (1999), l'extraction des huiles essentielles (HE) est faite par entraînement à la vapeur d'eau avec 50 g de matière sèche, portés à ébullition pendant 3 heures avec une vitesse de distillation de 2 à 4 ml par minute [20].

L'analyse des huiles essentielles extraites est effectuée à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse de type Shimadzu équipé d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) et muni d'une colonne capillaire en silice fondue de type QP20 10C25 FS-OV1701 de 25 m de longueur, 0,25 mm de diamètre interne et 0,25 µm d'épaisseur de film. La température de la colonne est programmée de 60 à 200°C à raison de 3°C /min pendant 13 minutes. La température de l'injecteur, est fixée à 240°C et celle de détecteur (FID) à 250°C. Le débit de gaz vecteur (Hélium), est fixé à 1.5 ml/min. Le volume de l'échantillon injecté est 0,1 µl de l'huile pure diluée à 10% dans l'hexane.

Les composés de l'huile essentielle, sont identifiés par leurs indices de rétention sur la colonne (indice de rétention est calculé par rapport aux temps de rétention d'une série d'alcane linéaire (C9–C28)) et par la comparaison de leurs spectres de masse avec ceux des composés chimiques répertoriés dans une bibliothèque commerciale (ov.17/ GCMS Real time analysis).

Le pourcentage de chaque composé est déterminé à partir des aires de pics sans tenir compte des facteurs de correction en supposant que tous les constituants ont des coefficients de réponse voisins.

1.2.2.- Activité Antibactérienne

L'activité antibactérienne est évaluée par la méthode de l'aromatogramme. C'est est une méthode de mesure *in vitro* du pouvoir antibactérien des HE et c'est l'équivalent d'un antibiogramme où les antibiotiques sont remplacés par les HE [14, 21].

Principe de la méthode

C'est une méthode de mesure *in vitro* du pouvoir antibactérien de ou des principes actifs naturels qui consiste à déterminer le spectre d'activité de ces composés sur des espèces bactériennes pour essayer de vérifier la sensibilité ou la résistance des germes pathogènes vis-à-vis de ces principes actifs isolés.

Un disque (6 mm de diamètre) imprégné du produit à tester (HE pures, HE diluées au 1/2, HE diluées au 1/4) est placé sur une gélose (4 mm d'épaisseur; dans des boîtes de Pétri de 90 mm de diamètre) préalablement inoculée avec la souche, s'humidifie et le produit diffuse radialement du disque dans la gélose en formant ainsi un gradient de concentration. Après une incubation de 18 à 24 heures à une température de 37°C. Si le produit est toxique pour la bactérie, il se forme un halo ou une zone autour du disque. Plus grande est cette zone, plus la bactérie est sensible. Des disques témoins (eau distillée stérile) et des disques de comparaison (antibiotique) sont inclus dans les essais.

Suspensions bactériennes

A partir des cultures bactériennes préalablement réactivées sur milieu Mueller-Hinton (MH) à une température de 37°C pendant 24 heures, des suspensions bactériennes sont préparées dans de l'eau physiologique et homogénéisées de façon à obtenir une concentration de l'ordre de 10^6 à 10^8 C.F.U/ml. Après ensemencement des bactéries, les disques imprégnés du produit à tester sont appliqués.

2.- Résultats

2.1.- Extraction et identification des huiles essentielles

Dans 100 g de matière végétale sèche, une teneur moyenne de 1,52 ml d'huiles essentielles est obtenue. Cette teneur correspond à un taux de 1,52 % (tab. I). Ces huiles sont de densité plus importante que celle de l'eau, d'un aspect liquide limpide fluide et mobile, de couleur jaune pâle et d'odeur agréable.

Tableau I.- Teneurs (ml) en huiles essentielles des feuilles de *Salvia officinalis* L.

Essai	Essai.1	Essai.2	Essai.3
Teneur	1,32	1,36	1,88
Teneur moyenne	1,52		

De l'analyse et l'identification des huiles essentielles extraites, un profil de chromatogramme est obtenu. Ce profil montre la présence de dix neuf composés terpéniques: l' α -Thujone (36,74%), le Cinéole (22,97%), le Camphre (11,34%) et la β -Thujone (8,81%) sont des composés majoritaires, d'autres qui sont moyennement abondants tels que le Bornéol, la β -Humulène, l'Eucalyptol et le L-Camphre avec 2,94%, 3,15%, 3,27%, 3,81% respectivement.

Le reste des composés identifiés ne présentent que des teneurs faibles comprises entre 0,20% pour le D-Limonène et 1,54% pour le Caryophyllène (tab. II).

Tableau II.- Liste des composés terpéniques minoritaires de l'huile essentielle obtenue

α -Pinène	Camphène	Ocimène	β -Pinène	β -Myrcène	β -Linalool	α -terpénol	α -caryophyllène	α -Longipinène
0.22%	0.41%	1.06%	0.37%	0.25%	1.10%	0.25%	1.34%	0.23%

2.2.- Activité antibactérienne

A travers l'évaluation *in vitro* et sur milieu Mueller-Hinton du pouvoir antibactérien des principes actifs extraits face aux différentes entérobactéries testées, il paraît évident qu'il y a une énorme hétérogénéité dans les résultats obtenus. Les souches ont réagi plus ou moins bien selon la concentration des huiles essentielles isolées. Les meilleures zones d'inhibition sont enregistrées avec la solution (HE au 1/2).

De toutes les souches testées, la souche *Escherichia coli* 1554 semble la plus sensible par rapport aux autres souches d'*Escherichia coli*, avec une zone d'inhibition de 34.48 mm de diamètre. Ce chiffre est de loin plus important que celui noté en présence de l'antibiotique. D'autre part, les souches *Escherichia coli* 12 et *Escherichia coli* ATCC 25922 n'ont montré aucune sorte de sensibilité à l'antibiotique utilisé. Cependant, elles n'arrivent pas à se développer face aux huiles essentielles extraites. De même, une efficacité parfaite de ces huiles est observée contre le germe *Escherichia coli* 1429 qui est également très sensible à l'action de l'antibiotique utilisé (tab. II).

Tableau III.- Diamètres des zones d'inhibition (mm) de la croissance des bactéries face aux produits testés

		<i>Escherichia coli</i> 12	<i>Escherichia coli</i> 1429	<i>Escherichia coli</i> 1554	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922
Huiles essentielles	HE pures	27.40	31.56	23.32	13.40
	HE au ½	27.50	33.62	34.48	12.65
	HE au ¼	19.35	29.64	28.04	29.35
Antibiotique (Rifampicine à 5µg)		00.00	30.50	27.72	00 .00

3.- Discussion

A partir de l'extraction des huiles essentielles, leur rendement obtenu, leur analyse ainsi que leur composition biochimique, il paraît évident que l'espèce *Salvia officinalis* L. est de nature aromatique et se caractérise par un chémotype à thujone (mélange composé de α - et β -thujone).

A la lumière de ces résultats et par comparaison avec d'autres travaux, des résultats plus ou moins similaires ont été signalés par Brieskorn (1991) sur la même espèce végétale dont les rendements d'HE obtenues sont compris entre 1 et 2.5% et avec environ 60% de thujone (mélange composé de α - et β -thujone) [22]. Cependant, dans un autre travail réalisé par Fleurentin (2008) sur la Sauge officinale de l'Espagne, l'auteur a signalé la présence d'un chémotype à différents composés terpéniques avec une prédominance de Camphre (11 à 36%), suivi de Cinéole (11 à 25%) et très peu de Thujone (< 0.5 %) [23]. Cette divergence dans les résultats explique le rôle que peuvent jouer les facteurs environnementaux et climatiques sur la composition biochimique et sur la qualité de l'extrait de l'espèce végétale.

Généralement, ces HE sont plus efficaces à la dilution (HE au ½) contre la majorité des

souches. Ce pouvoir antibactérien des HE a été signalé par de nombreux travaux notamment ceux réalisés par Burt (2003) sur cinq HE de l'Origan et de Thym qui ont provoqué des propriétés antibactérienne les plus fortes, suivi de celles de Laurier et de Clou de girofle sur *Escherichia coli* sous des températures variables [24]. Dans ce même contexte et selon Rhayour (2003), les HE de Clou de girofle et d'Origan en particulier le Thymol et l'Eugénol ont provoqué la lyse cellulaire des bactéries associée à une rapide mortalité sur *Escherichia coli* et *Bacillus subtilis* [25]. De plus, selon Ahmad *et al.* (2005), ces HE du Clou de girofle ont une activité antifongique contre les champignons pathogènes opportunistes tels que *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans* et *Aspergillus fumigatus* [26]. Par ailleurs, Chami *et al.* (2005) ont affirmé l'efficacité thérapeutique de deux composés phénoliques (Carvacrol et Eugénol) contre la Candidose buccale induite de façon expérimentale chez des rats avec un système immunitaire déprimé [27].

Une étude réalisée par Ohno *et al.* (2003) sur les HE de l'Origan et de Laurier, a signalé un pouvoir inhibiteur sur des bactéries Gram (+) et Gram (-) entre autre l'inhibition du développement de *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli* [28].

De même, les HE isolées d'une Lamiacée *Ocimum gratissimum* ont provoqué une forte inhibition de la souche *Escherichia coli* ATCC 25922 [29] et une activité insecticide entraînant la réduction de la ponte chez les femelles de *Callosobruchus maculatus* [30], ainsi qu'une parfaite inhibition de la croissance d'*Aureobasidium pollulants* et de *Microsporium gypseum* [31]. Selon N'dounga et Ouamba (1997), ces HE ont fortement inhibé la croissance des bactéries et des champignons isolés à partir des pus des malades hospitalisés [32].

L'activité biologique des principes actifs naturels entre autre celle des huiles essentielles est liée à leur chémotype c'est-à-dire la ou les molécules biologiquement actives et majoritairement présentes, leur composition ou les groupes fonctionnels des composés majoritaires (alcool, phénols, composés terpéniques et cétoniques) et à leurs actions synergiques. Cette activité antibactérienne de substances naturelles s'explique par la lyse des membranes bactériennes; les HE, les flavonoïdes, les alcaloïdes voire même les tanins pourraient induire une fuite d'ions potassium au niveau de la membrane et par voie de conséquences des lésions irréversibles au niveau de cette membrane. Cette perméabilité au potassium est un effet précurseur de leur mort.

Conclusion

Au terme de cette étude, l'analyse et l'identification des huiles essentielles des feuilles de l'espèce végétale *Salvia officinalis* L. ou Sauge officinale, un chémotype de dix-neuf composés terpéniques, est déterminé. De l'activité antibactérienne évaluée par les tests *in vitro*, il ressort que les huiles essentielles possèdent un fort pouvoir antibactérien sur les bactéries multirésistantes testées. Toutefois, l'inhibition de la croissance varie en fonction de l'espèce bactérienne et de la concentration de l'extrait volatil obtenu. Ce pouvoir antibactérien est dû à la richesse des huiles essentielles en substances inhibitrices. Il s'agit probablement des phénols qui sont doués d'une forte activité antibactérienne. De toutes les souches testées, trois d'entre elles se sont montrées très sensibles face aux différentes concentrations de l'huile essentielle obtenue : *Escherichia coli* 12, *Escherichia coli* 1554 et *Escherichia coli* 1429. Les zones d'inhibition enregistrées dépassent le plus souvent celles provoquées par l'antibiotique

utilisé (rifampicine à 5µg).

D'une manière générale, les résultats obtenus ont démontré que les huiles essentielles de *Salvia officinalis* L. pourraient bien présenter une alternative intéressante à l'utilisation des antibiotiques. De ce fait, nous pensons qu'il est important d'extraire les autres principes actifs de la plante et de tester leur pouvoir antibactérien sur un large panel de souches bactériennes et fongiques devenues à l'heure actuelle multirésistantes aux antibiotiques.

Références bibliographiques

- [1].- Pelt J. M., 2001 - Les nouveaux actifs naturels. Ed., Marabout, Paris.
- [2].- Bertrand G., 1983 - Le goménol. Bull Gén de Thér Ann Inst Pasteur.
- [3].- Chamberland M., 1887 - Les essences au point de vue de leurs propriétés antiseptiques. Ann Inst Pasteur, 1: 153-154.
- [4].- Guenther E., 1948 - The Essential oils. D. Van Nostrand, New York, 552-575.
- [5].- Boyle W., 1955 - Species and essential oils as preserve. American Perfumer and Essential Oil Rev., 66.
- [6].- Azzouz M. A. and Bullerman L. B., 1982 - Comparative antimycotic effects of selected herbs, species, plant components and commercial antifungal agents. Journal of Food Protection, 45: 14-15.
- [7].- Akgul A. and Kivanc M., 1988 - Inhibitory effects of selected Turkish species and oregano components on some food borne fungi. International Journal of Food Microbiology, 6: 263-268.
- [8].- Jayashree T. and Subramanyam C., 1999 - Antiaflatoxic activity of eugenol is due to inhibition of lipid peroxidation, Letters in Applied Microbiology, 28: 179-183.
- [9].- Mari M., Bertolini P. and Pratella G. C., 2003 - Non-conventional methods for the control of post-harvest pear diseases. Journal of Applied Microbiology, 94: 761-766.
- [10].- Bishop C. D., 1995 - Antiviral activity of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (Maiden and Betche) Cheel (tea tree) against tobacco mosaic virus. Journal of Essential Oil Research, 7: 641-644.
- [11].- Pessoa L. M., Morais S. M., Bevilacqua C. M. L. and Luciano J. H. S., 2002 - Anthelmintic activity of essential oil of *Ocimum gratissimum* L. and eugenol against *Haemonchus contortus*. Veterinary Parasitology, 109: 59-63.
- [12].- Kanstantopoulou I., Vassilopoulou L., Mavragani-Tsipidou P. and Scouras Z. G., 1992 - Insecticidal effects of essential oils. A study of the effects essential oils extracted from eleven Greek aromatic plants on *Drosophila auraria*. Experientia, 48: 616-619.

- [13].- Karpouhtsis L., Pardali E., Feggou E., Kokkini L., Scouras Z. G. and Mavragani-Tsipidou P., 1998 - Insecticidal and genotoxic activities of oregano essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 1111-1115.
- [14].- Belaïche P., 1979 - *Traité de Phytothérapie et d'Aromathérapie*. Tome 1, Ed., Maloine, Paris, 9-20.
- [15].- Pellecuer J., Roussel J. L. et Andary C., 1973 - Propriétés antifongiques comparatives des essences de trois Labiées méditerranéennes: romarin, sarriette et thym. *Travaux de la Société de pharmacie de Montpellier*, 3: 584-585.
- [16].- Pellecuer J., Allegrini J. et Buochberg S., 1974 - Etude *in vitro* de l'activité antibactérienne et antifongique de l'essence de *Satureia montana*. *J. Pharm. Belg.*, 2: 137-144.
- [17].- Ganescu I., Bratulescu G., Lilea B. et Ganescu A., 2002 - Anions complexes du chrome en analyse et le contrôle des médicaments, détermination de la Rifampicine. *Acta. Chim. Slov.*, 49: 339-340.
- [18].- Couraud S., Girodet B., Vuillermoz S. et Vincent M., 2006 - Thrombopénie immunoallergique à la rifampicine, à propos d'un cas Rifampin induced thrombocytopenia. *Revue Française d'Allergologie*, 46: 656-658.
- [19].- Yala D., Merad A. S., Mohamedi D. et Ouar Korich M. N., 2001 - Résistance bactérienne aux antibiotiques. *Médecine du Maghreb, Alger*, 91: 12-13.
- [20].- Bruneton J., 1999 - *Pharmacognosie : Phytochimie. Plantes Médicinales*. Ed., Tec et Doc, Paris, 1120 p.
- [21].- Girault M., Bourgeon J., 1971 - *Les cahiers de biothérapie*, 29: 4-5.
- [22].- Brieskorn C. H., 1991 - Seine inhaltsstoffe und sein therapeutischer wert. *Z. Phytotherapie*, 12: 61-69.
- [23].- Fleurentin J., 2008 - *Plantes médicinales: Traditions et thérapeutique*. Ed. Ouest-France, 192 p.
- [24].- Burt S. A., 2003 - Antibacterial activity of select plant essential oils against *Escherichia Coli* O 157: 47. *Lett. Appl. Microbial*, 36: 162-167.
- [25].- Rhayour K., 2003 - Mechanism of bactericidal action of oregano and clove essential oils and their phenolic major components in *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis*. *Journal of essential oil research*, 15: 356-262.
- [26].- Ahmad N., Alam M. K., Shehbaz A., Khan A., Mannan A., Rashid Hakim S., Bisht D. and Owais M., 2005 - Antimicrobial activity of Clove oil and its potential in the

treatment of vaginal candidiasis. *J. Drug. Target.*, 13: 555-561.

- [27].- Chami F., Chami N., Bennis S., Bouchikhi T. and Remmal A., 2005 - Oregano and Clove essential oils induced surface alteration of *Saccharomyces cerevisiae*. *Phyther. Res.*, 19: 405-408.
- [28].- Ohno T., Kila M., Yamaoka Y., Imamura S., Yamamoto T., Mitsufuji S., Kodama T., Kaschima K. and Imanishi J., 2003 - Antimicrobial activity of essential oils against *Helicobacter pylori*. *Helicobacter*, 8: 207-215.
- [29].- Oussou K. R., Yolou S., Boti J. B., Guessennnd K. N., Kanko C., Ahibo C. et Casanova J., 2008 - Etude chimique et activité antidiarrhéique des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de la pharmacopée ivoirienne. *European Journal of Scientific Research*, 24: 94-103.
- [30].- Seri-Kouassi B. P., Kanko C., Aboua L. R. N., Bekon A., Glitho A. I., Koukoua G. et N'guessan Y. T., 2004 - Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatures F.* du niébé. *C.R. Chimie.*, 7: 1043-1046.
- [31].- Amvam Zollo P. H., Byti L., Choumboungang F. T., Menute C., Lamrti G. and Bouchet P. H., 1998 - Aromatics plants of central of Africa, Part XXXII: Chemical composition and activity of thirteen essential oils from aromatic plants of Cameroun. *Flavour and Fragrance Journal*, 13: 107-114.
- [32].- N'dounga M. and Ouamba J. M., 1997 - Antibacterial and antifungal activities of essential oils of *Ocimum gratissimum* and *O. basilicum* from Congo. *Fitoterapia*, 68: 191-192.

L'ARGANERAIE DE TINDOUF : UN PATRIMOINE FLORISTIQUE EXCEPTIONNEL !

KAABÈCHE Mohammed*¹, BENKHEIRA Abdelkader², MOUZAOUI Abdelmoumen³,
KHAZNADAR Mouna¹ et BENIA Farida¹

⁽¹⁾Laboratoire Biodiversité et Ressources Phytogénétiques,
Faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Ferhat Abbès, Sétif, Algérie

⁽²⁾Direction générale des forêts, Alger, Algérie

⁽³⁾Conservation des forêts de Tindouf, Algérie

E-mail : Kaabeche.med@gmail.com

Résumé.- *La hamada constitue les terrains de parcours traditionnels pour l'élevage caprin et camelin à caractère extensif. Ces potentialités pastorales, associées à l'exploitation d'espèces arborescentes, notamment du talha [Acacia tortilis (Forsk.) Hayne subsp raddiana (Savi) Brenan], déterminent les principales activités de cette région. Les résultats inédits exposés concernent des faits chorologiques nouveaux relatifs à l'aire de distribution de la flore spontanée arborescente spécifique aux divers habitats écologiques de l'arganeraie. La connaissance, la protection et la conservation de cette flore demeure importante. En effet, en Algérie, la flore arborescente saharienne possède plus de valeur qu'une habituelle importance d'ordre écologique ou économique; parfaitement adaptée au contexte climatique actuel, elle constitue un témoin privilégié des vicissitudes paléoclimatiques qui ont affecté le Sahara depuis l'ère tertiaire jusqu'à nos jours. Aussi, constitue-elle un modèle biologique de choix pour diverses disciplines scientifiques (biologie, agronomie, foresterie, phytochimie, etc.). Ces résultats ont permis de mettre en évidence pour de nombreuses espèces arborescentes de nouvelles stations et de préciser l'aire de distribution de certaines autres espèces: la distribution de l'arganier, Argania spinosa (L.) Skeels, 1911, qui est connue, uniquement, au niveau de quelques stations situées dans l'Oued El-Ma, est élargie suite à la reconnaissance de nouvelles stations situées au sein de la hamada. Nos investigations ont abouti à la découverte de nouvelles stations de population d'espèces habituellement reconnues comme ayant une aire de distribution exclusivement spécifique à la région méditerranéenne. Ces stations constituent, en fait, des exclaves méditerranéennes se trouvant complètement enclavées au sein du Sahara occidental algérien. Au-delà de son exploitation, actuelle, comme terrain de parcours, l'arganeraie de Tindouf constitue, sur le plan de la diversité floristique un conservatoire in situ de valeur patrimoniale mondiale. Sa protection et sa gestion représentent un enjeu majeur en vue de l'utilisation de la biodiversité dans le cadre du développement durable.*

Mots clés: Arganeraie, Argania spinosa, hamada, biodiversité.

THE PLANT COMMUNITY OF ARGANIA SPINOSA (L.) SKEELS IN TINDOUF (ALGERIA): AN EXCEPTIONAL FLORISTIC HERITAGE

Abstract.- *Hamada is the traditional golf course for goat and camel breeding extensive. These pastoral potential, associated with the operation of tree species, including talha [Acacia tortilis (Forsk.) Hayne subsp raddiana (Savi) Brenan], determine the main activities of this region. Unpublished results presented concern chorologic developments related to the distribution area of the tree native flora specific to various ecological habitats. These results helped to highlight for many tree species new stations and specify the area of distribution of some other species : the distribution of the argan tree, Argania spinosa (L.) Skeels , 1911, which is known only, at some stations in the Oued El Ma is enlarged due to the recognition of new stations located in the hamada. Our investigations led to the discovery of new stations species population usually recognized as having an area of only specific distribution in the Mediterranean region. These stations are, in fact, Mediterranean area being completely isolated in the western Algerian Sahara. Beyond its operating current as rangeland, the argan tree, in terms of a conservatory in situ world heritage floristic diversity. Its protection and management is a major issue for the use of biodiversity in the context of sustainable development.*

Key words: Syntaxonomy, Argania spinosa, hamada, biodiversity.

Introduction

La présence de l'arganier en Algérie est établie depuis les travaux de Maire (1939) [1]. Cependant, une description précise des premiers peuplements d'arganier n'a été reconnue que récemment par Baumer et Zéraïa (1999) au sein d'une "dépression en forme de petit ravin allongé" [2]. Afin de préciser les habitats de l'arganeraie et de déterminer son aire de répartition en Algérie, une première série d'observations a été menée au Sahara nord-occidental algérien entre avril 1999 et avril 2007 [3]. Dans une seconde série d'observations (Mars, Décembre 2011), des investigations ont eu lieu dans l'ensemble de la hamada de Tindouf. La présence de l'arganier (*Sapotaceae*) dans cette partie du territoire algérien est intéressante à plus d'un titre. D'une part, les *Sapotaceae* constituent une famille eurytropicale représentée uniquement par les 2 taxons les plus septentrionaux: *Argania spinosa* endémique algéro-marocain et *Sideroxylon marmulano* de répartition canarienne (îles Madère et Cap Vert). D'autre part, l'arganeraie de Tindouf, évaluée à près de 40.000 ha, peut assurer diverses fonctions d'ordre agronomique (production de fruits d'argan source d'une huile remarquable par ses qualités physico-chimique et alimentaire), pastoral et forestier. Enfin, sur le plan scientifique, le fait que des populations d'arganier aient été retrouvées dans un territoire saharien connu actuellement par son contexte écologique hyperaride confirme les données paléontologiques relatives à la large distribution de cette espèce depuis l'ère tertiaire. Cette présence donne, en outre, une valeur de relict à cette espèce forestière, d'où l'importance et l'urgence, sur le plan scientifique, écologique et socio-économique, d'entreprendre des actions d'inventaire, de sauvegarde et de conservation de l'arganeraie d'Algérie.

1.- Contexte écologique de l'arganeraie

L'arganeraie est située au nord de la wilaya de Tindouf, en plein cœur du Sahara nord-occidental algérien. Légèrement inclinée vers l'est, la surface de la hamada est ravinée par un réseau hydrographique endoréique qui converge vers une multitude de petites dépressions appelées «dayas». Quatre principaux oueds (oued Targuent, Gahouane, oued El-Ma et Mazma) constituent des vallées étroites et encaissées en amont et plus élargies en aval comme par exemple la vallée de l'oued El-Ma qui traverse, sur près de 120 km, la hamada depuis les contreforts du djebel Ouarkziz (662 m d'altitude), au nord, jusqu'à la sebkha de Tindouf, à moins de 400 m au sud.

Les données pluviométriques relatives aux moyennes annuelles des précipitations (station météorologique de Tindouf) indiquent une extrême variabilité: 35,4 mm pour la période 1935-1950 [4], 21 mm et 45 mm (périodes 1975-1984 et 1990-2000, Office national de météorologie). La température moyenne annuelle est proche de 20°C, les extrêmes thermiques oscillent entre 6,8 et 42°C. La période des grandes chaleurs (mai-août) et coïncident avec l'absence de pluie font que la durée de la saison sèche, s'étale pratiquement sur toute l'année. La hamada, comme dans l'ensemble du Sahara nord-occidental, est soumise à des périodes de sécheresse exceptionnelle par leur durée et leur intensité. Du fait de leurs incidences désastreuses sur la végétation, ces périodes constituent une calamité pour les populations nomades. En effet, au-delà de la quantité, la régularité et la distribution saisonnière de la pluviosité déterminent la dynamique et la richesse floristique des communautés végétales de la hamada. Sur le plan phytogéographique, de par sa localisation géographique et la conjonction de nombreux facteurs mésologiques, la hamada de Tindouf constitue un carrefour floristique d'influence

méditerranéenne, saharo-arabique et tropicale; aussi est-elle le siège d'une diversité d'habitats écologiques parmi lesquels l'arganeraie est le plus remarquable.

Si l'un des traits physiologiques remarquables de la région reste la présence de peuplements arborescents épars de talha (*Acacia tortilis subsp. raddiana*), le paysage végétal majeur qui caractérise le mieux la hamada est, sans conteste, la steppe à *Fredolia aretioides* (*Amaranthaceae* endémique en forme de coussinet hémisphérique dénommée «chou-fleur de Bou-Hmama»).

2.- Matériel et méthode

L'étude de la végétation et notamment l'identification et la caractérisation des communautés végétales ont été conduites selon les principes de la méthode phytosociologique sigmatiste, avec une technique d'échantillonnage et d'analyse des données floristiques adaptée aux végétations des milieux aride et saharien [5] et basée sur l'analyse de la structure et de la composition floristique des communautés végétales [6, 7]. Cette étude est entreprise selon les 2 niveaux de perception suivants: flore et communautés végétales. Le premier niveau prend en compte la diversité spécifique (composition systématique, principaux groupes taxonomiques). Le second niveau traite des communautés végétales (organisation structurale des communautés végétales); ce niveau reflète l'état des ressources végétales disponibles et les modalités de leurs combinaisons spécifiques selon les facteurs de milieu.

La systématique des taxons cités tient compte de la classification APG III [8]. Pour faciliter la lecture et la comparaison des résultats avec ceux de la bibliographie, la nomenclature des taxons cités est celle en usage dans la flore d'Ozenda [9].

3.- Résultats et discussion

3.1.- Aire de répartition de l'arganier en Algérie

À l'issue des prospections, l'aire de répartition de l'arganier en Algérie est limitée, au sein de la hamada de Tindouf, par le périmètre suivant :

- au nord-ouest: les crêtes méridionales du djebel Tazout et du djebel Ouarkiz;
- au nord et au nord-est, les «kreb» et les revers rocheux de la hamada;
- à l'ouest: l'extrémité occidentale du «kreb el hamada» au dessus du plateau de Merkala;
- au sud: la limite méridionale du plateau reliant la Tour de Merkala à la dépression de Touaref Bou-Aam;
- à l'est, la haute vallée de l'oued El-Ma depuis sa jonction avec l'oued El-Gahouane, ainsi que l'ensemble des ravins et des talwegs, qui entaillent la hamada jusqu'à sa source au niveau des contreforts du djebel Ouarkiz.

Au sein de ce périmètre, évalué à près de 40.000 ha, l'arganier constitue la seconde essence forestière. Cependant, actuellement, ses peuplements à caractère forestier ne recouvrent que près de 3.000 ha, essentiellement au sein des vallées de l'oued Targuent, à l'ouest de la Tour de Merkala, de l'oued El-Gahouane, de la haute vallée de l'oued El Ma et dans la région de Touaref Bou-Aam.

3.2.- Structure actuelle de l'arganeraie

Si l'analyse du contexte écologique permet d'expliquer le mode d'organisation spatiale en phytocénose mosaïquée de l'arganeraie, sa structure verticale, sa physionomie et la densité actuelle de ses peuplements sont le résultat de pressions anthropiques soutenues comme en témoignent les multiples mutilations et les séquelles des sévices par le feu. La présence de traces de charbonnières atteste de l'ancienneté de ces pratiques et explique, en grande partie, la régression et la fragmentation de l'aire de répartition actuelle de l'arganeraie d'Algérie.

3.3.- Écologie

Avec des moyennes annuelles des précipitations de l'ordre de 33,5 mm sur une période de 34 années (station météorologique de Tindouf et données de Dubief), l'arganeraie se développe dans un contexte climatique particulièrement précaire en occupant la plupart des talwegs, les lits et les vallées plus ou moins encaissés des principaux oueds. Sur le plan édaphique, cette formation colonise 2 principaux types de substrats: d'une part un substrat superficiel et squelettique, au niveau des lits d'oued rocaillieux et des ravins rocheux, où elle constitue une formation rupicole, et d'autre part un sol profond riche en éléments sablo-limoneux. Ce dernier substrat est le plus représentatif; l'arganeraie occupe alors les banquettes et les terrasses alluviales où elle constitue une ripisylve le long des oueds El-Gahouane, El-Ma, dans la zone de Touaref Bou-Aam, et de l'oued Targuent, dans la zone de Merkala. Cependant, quel que soit le type de substrat, l'arganeraie reste soumise à des crues périodiques, bénéficiant ainsi d'apports complémentaires d'eau.

Ainsi, sur le plan écologique, l'arganeraie possède des caractères édaphiques propres complètement différents des conditions écologiques précaires qui prévalent au sein de la végétation caractéristique de la hamada voisine. De ce fait, le déterminisme de l'arganeraie est d'ordre édaphique alors que celui de la végétation environnante, colonisant des substrats à croûte et encroûtement calcaire, est d'ordre climatique.

3.4.- Richesse floristique

La flore de l'arganeraie appartient aux 34 familles de spermaphytes suivantes: *Anacardiaceae*, *Apiaceae*, *Asclepiadaceae*, *Asteraceae*, *Boraginaceae*,¹ *Brassicaceae*, *Capparidaceae*, *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cistaceae*, *Convolvulaceae*, *Cupressaceae*, *Dipsacaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae*, *Fumariaceae*, *Geraniaceae*, *Iridaceae*, *Lamiaceae*, *Liliaceae*, *Malvaceae*, *Papaveraceae*, *Plantaginaceae*, *Plumbaginaceae*, *Poaceae*, *Primulaceae*, *Ranunculaceae*, *Resedaceae*, *Rhamnaceae*, *Rubiaceae*, *Scrofulariaceae*, *Thymelaeaceae*, *Valerianaceae* et *Zygophyllaceae*. Rapportées aux 123 familles botaniques de l'ensemble de la flore de l'Algérie, le site renferme près de 25% de l'ensemble des familles botaniques de la Flore d'Algérie. 5 familles (*Apiaceae*, *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Fabaceae* et *Poaceae*) constituent le «fond» des ressources floristiques de l'arganeraie. Les espèces ligneuses à part arborescent et arbustif, sont représentées par 14 familles botaniques (*Apocynaceae*, *Asclepiadaceae*, *Asteraceae*, *Capparidaceae*, *Celastraceae*, *Ephedraceae*, *Fabaceae*, *Menispermaceae*, *Rhamnaceae*, *Salvadoraceae*, *Sapotaceae*, *Solanaceae*, *Tamaricaceae* et *Zygophyllaceae*). Ces familles comprennent les 20 espèces arborescentes et arbustives suivantes: *Acacia albida* Del., *Acacia tortilis subsp raddiana* Savi, *Acacia seyal* Del., *Argania spinosa* (L.) Skeels, *Balanites aegyptiaca* Del., *Calotropis procera* Ait., *Capparis spinosa* L., *Cocculus*

pendulus (Forst.) Diels, *Ephedra altissima* Desf., *Gymnosporia senegalensis* (Lam.) Loes., *Lycium intricatum* Boiss., *Maerua crassifolia* Forsk., *Nerium oleander* L., *Nitraria retusa* Forsk., *Periploca laevigata* Ait., *Retama retam* Web., *Rhus tripartitum* Schousb., *Salvadora persica* Garcin, *Tamarix articulata* Vahl., *Zizyphus lotus* (L.) Desf.

3.5.- Organisation végétale et description des principales unités de végétation

Au sein du périmètre de l'arganeraie, les groupements végétaux se présentent sous une physionomie particulière: une végétation diffuse sur de très vastes plateaux (hamadas, regs) et une végétation contractée dans les dépressions (oueds, dayas). En effet, à l'exception des daïas où prédominent des formations essentiellement arbustives et des oueds colonisés par une végétation ripicole à structure arborescente, l'essentiel du paysage végétal de la région est constitué par des formations à caractère steppique.

La végétation de l'arganeraie doit sa physionomie, à caractère herbacé, arbustif (*Periploca laevigata*, *Rhus tripartitum*, *Launaea arborescens*, *Retama retam*, *Nitraria retusa*) et arboré (*Argania spinosa*, *Acacia seyal*, *Maerua crassifolia*, *Faidherbia albida*, *Acacia tortilis subsp raddiana*), à l'abondance soit des graminées cespiteuses (*Panicum turgidum*, *Aristida ciliata*, *Aristida obtusa*, *Aristida plumosa*, *Cymbopogon schoenanthus*) soit des chamaephytes (*Anabasis aretioides*, *Gymnocarpos decander*, *Haloxylon scoparium*, *Foleyola billotii*, *Farsetia aegyptiaca*, *Zilla spinosa*, *Salvia aegyptiaca*, *Helianthemum lippii*, *Bubonium graveolens*, *Anvillea radiata*), mais aussi à la fréquence et au mode de distribution, le plus souvent irréguliers des espèces annuelles constituant l'acheb. Il en résulte une structure souvent complexe dont l'organisation structurale horizontale est du type «mosaïque» et dont les éléments constitutifs présentent, des phénologies distinctes. Ainsi, sur le plan structurel, la végétation de la hamada est l'expression d'une combinaison de deux communautés, chacune soumise à un déterminisme propre: une communauté «permanente», constituée des seules vivaces, et une autre «temporaire» à base de thérophytes et d'éphémérophytes survivant pendant la saison sèche sous forme de diaspores et apparaissant avec les premières pluies. Constituant un pâturage riche mais à caractère aléatoire et fugace en fonction de la distribution des pluies, cette dernière communauté, appelée «acheb» par les pasteurs locaux, est particulièrement recherchée et appréciée par le cheptel camelin et caprin.

L'analyse de la végétation a permis d'identifier 7 types de groupements végétaux; chaque type est caractérisé sur les plans chorologique, écologique et floristique.

- Groupement à *Argania spinosa* et *Rhus tripartitum*

Dans la hamada de Tindouf, le groupement à caractère sylvatique et où l'arganier joue un rôle écologique primordial est très localisé. Il se situe étroitement au sein des hautes vallées encaissées des grands oueds (El-Ma, Gahouane, Bouyadhile) qui entaillent les affleurements carbonifères qui constituent la hamada et les bancs rocheux des falaises de Kreb-Lahmada particulièrement au niveau de Lachefar et de Boumhara. Ce groupement se retrouve à l'état fragmentaire au sein des «canyons» de l'Oued Targuant notamment au niveau des éboulis de pentes rocailleuses fissurées et d'inclinaison assez forte. Physionomiquement dominée par le l'arganier et le Rhus, ce groupement trouve son optimum écologique au sein de vallées plus ou moins encaissées où il possède un optimum de recouvrement. Du point de vue synécologique, ce groupement est particulièrement lié aux zones où les eaux pluviales se concentrent plus ou moins longtemps. Du fait du modelé

géomorphologique de la hamada de Tindouf, une telle localisation géomorphologique explique que ce type de groupement possède les peuplements d'arganier les plus viables. La composition floristique est assez originale, car en plus de l'arganier, ce groupement comporte une fréquence particulière de nombreux arbustes (*Rhus tripartitum*, *Periploca laevigata*, *Ephedra altissima*). Il est noté la présence *Cymbopogon schoenanthus*, *Pithuranthos battandieri* et *Gaillonia reboudiana* qui présentent une grande abondance et une haute fidélité dans ce groupement.

La topographie difficile isole ce groupement en mettant, ses habitats à l'abri total de toute pression excessive due au cheptel de camelin et de caprin. C'est le cas de la vallée de l'Oued Targuent et des ravins de Kreb Lahmada (Lachfar et Boumhara) où ce groupement naturellement abrité constitue un stade d'équilibre sol-végétation proche du climax, correspondent au meilleur stade de conservation. En outre, du fait de la morphologie arbustive des arganiers, très peu de pressions anthropiques s'exercent sur ce groupement d'où son état viable et la densité de son couvert végétal atteint par endroit les 75%

- Groupement à *Argania spinosa* et *Retama retam*

La physionomie de ce groupement est marquée par la dominance du rétame qui constitue la strate microphanérophytique dominante. Ce groupement trouve son optimum écologique au sein des moyennes vallées qui se caractérisent par un lit majeur très étalé en largeur. Du point de vue synécologique, ce groupement est particulièrement lié aux zones où les eaux de crue descendant de Kreb lahmada et plus ou moins chargé déversent la partie sableuse de leur alluvion. La composition floristique est également originale. En plus de l'arganier et du rétame, ce groupement comporte une fréquence particulièrement élevée de nombreux chaméphytiques et de thérophytes. Sur le plan synécologique, il ne semble pas aussi strictement lié à des conditions précises que les précédents mais il ne peuple guère que des substrats sableux en surface. Il se rencontre au sein des lits majeurs où il occupe une surface plus importante au niveau des points de confluence des talwegs.

- Groupement mixte à *Argania spinosa* et *Acacia tortilis subsp raddiana*

Ce groupement remplace les groupements arborescents précédents au niveau des portions sablonneuses des oueds El-Ma et Bouyadhile. L'arganier n'est plus dominant dans le paysage où il est en concurrence avec le talha. Il trouve son optimum écologique dans la zone de confluence des oueds El-Ma et Bouyadhile. Du point de vue synécologique, ce groupement est particulièrement lié aux zones où les eaux de crue déposent leurs charges alluvionnaires les plus fines.

Au sein de ce groupement, l'élément le plus remarquable reste la diminution de la fréquence de l'arganier au fur et à mesure que l'on se dirige vers la maison forestière et l'apparition de diverses espèces d'arbre de souche tropicale qui font défaut (du moins ces arbres sont moins fréquents) dans le reste des groupements arbustifs. Le second fait majeur dans ce groupement reste la présence de bosquets de *Faidherbia albida* au milieu du lit majeur de l'Oued El-Ma. Le troisième fait majeur est relatif à la présence de *Cocculus pendulus*, une liane unique représentant, en Algérie, de la famille des Ménispermacées. L'importance de cette végétation, sa composition et sa richesse méritent d'être soulignées: son caractère floristique essentiel est sa richesse en éléments saharo-occidentaux (*Foleyola billotii*), et en éléments de liaison Saharo-sindienne-Soudano-deccanienne (*Maerua crassifolia*, *Cocculus pendulus*, *Gymnosporia senegalensis*). Cette richesse exceptionnelle

(les expressions «richesses», «végétation dense», etc... sont surtout comparatives et traduisent une abondance ou une diversité relatives mais réelles à l'échelle saharienne), semble traduire l'importance des conditions topographiques.

- Groupement à *Acacia tortilis subsp raddiana* (talha)

En tant qu'habitat, les lits d'oued rocailleux ou sablonneux constituent au sein de l'arganeraie, les stations électives des groupements arborés et arbustifs à base d'*Acacia tortilis subsp raddiana*. Appelé «savane désertique» ou «forêt-steppe», ce groupement occupe en fait des dayas de grande dimension et les larges vallées de l'Oued El-Ma au niveau de sa jonction avec les oueds Gahouane et Bouyadhile à la périphérie sud de l'arganeraie. Il borde, également, d'une étroite bande la base des bancs rocheux de Kreh-Lahmada, et remonte souvent, sur quelques versants, mais avec une densité très lâche et une composition floristique appauvrie.

Dans l'arganeraie de Tindouf, le talha n'est jamais en végétation diffuse mais il est toujours localisé, même sur la hamada, le long des oueds ou dans les dayas. À ce point de vue, il matérialise remarquablement le réseau hydrographique, surtout celui de l'arganeraie, sur laquelle le moindre petit oued est ainsi mis en évidence. A une telle localisation correspond un sol relativement profond, à texture limono-argileuse favorable à l'installation et au développement d'une végétation pluristrate avec un taux de recouvrement proche de 50%. La composition floristique est la plus riche et la densité de la végétation est la plus élevée et cela du fait même de la qualité de l'habitat représenté par des dayas. Il y a lieu de signaler le fait que le talha est un des rares Phanérophytes, qui par sa fréquence et sa large répartition joue un rôle dans le paysage de l'ensemble de la hamada de Tindouf. Ayant une aire de répartition tropicale, *Acacia tortilis subsp raddiana* semble avoir couvert des surfaces beaucoup plus importantes que celles qu'il occupe actuellement au sein de la hamada de Tindouf. Ce groupement est utilisé comme pâturage de printemps mais également comme pâturage d'été. Soumis à des pressions d'ordre anthropique, l'*Acacia tortilis subsp raddiana* fait partie des essences forestières d'Algérie pouvant reconstituer des peuplements à caractère forestier dans l'ensemble des stations favorables de la hamada de Tindouf et au-delà dans l'ensemble du Sahara algérien. Arbre utile pour son bois de chauffage de bonne qualité, *Acacia tortilis subsp raddiana* est abusivement exploité et mutilé souvent sur le site même comme combustible. Bien que sa croissance soit lente, le talha est capable de se régénérer parfaitement à l'abri de toute pression.

- Groupement à *Zilla spinosa* et *Launaea arborescens*

Ce groupement constitue l'essentiel du paysage végétal des dépressions argilo-sableuses (dayas et micro-dayas) qui se localisent au sein des regs et même de la hamada. Il se rencontre aussi parfois dans les lits des oueds présentant des conditions de sol analogues et à faible distance des pentes rocheuses, dès que les conditions topographiques permettent l'existence d'alluvions sablonneuses et limoneuses assez épaisses ce qui est le cas des dayas. Celles-ci sont d'importance très variable; elles peuvent représenter le point, ou vient aboutir une partie des eaux de ruissellement et dans ce cas, elles sont particulièrement bien alimentées, ou, au contraire, traversées par un petit oued et jalonnés, ainsi, de place en place le réseau hydrographique. En effet, il semble bien que ce groupement traduit l'importance et les variations de ces facteurs d'ordre édaphique. L'importance des thérophytes constitue une caractéristique biologique de ce groupement. Sur le plan

floristique, il y a lieu de noter une densité remarquable (en moyenne 50%) particulièrement au printemps, densité due à l'importance des thérophytes qui constituent d'excellents pâturages plus riches et plus durables.

La richesse de la composition floristique est remarquable: *Anvillea radiata*, *Asphodelus refractus*, *Asphodelus tenuifolius*, *Bubonium graveolens*, *Euphorbia guyoniana*, *Euphorbia calyptrata*, *Euphorbia retusa*, *Launaea arborescens*, *Lotononis dichotoma*, *polycarpaea confusa*, *Tourneuxia variifolia*, *Zilla spinosa*, *Aristida plumosa*, *Aristida obtusa*, *Androcymbium gramineum*, *Asphodelus tenuifolius*, *Brocchia cinerea*, *Helianthemum kahiricum*, *Ammodaucus leucotrichus*, *Daucus biseriatus*, *Limonium bonduelli*, *Echium humile*, *Catananche arenaria*.

Sur le plan dynamique, dans les dayas suffisamment vastes se superposent parfois à cette végétation, quelques éléments arborescents des communautés à *Acacia tortilis subsp raddiana*, ou bien quelques *Ziziphus lotus*, parfois les deux en mélange. Cette composition floristique laisse penser que ces dayas sont les témoins de l'alternance passée et d'anciennes extensions de groupements forestiers. De même, dans les dépressions moins importantes, une alimentation en eau plus faible empêche ou rend excessivement lente l'évolution vers le stade à *Zilla*. Il apparaît alors un faciès intermédiaire, fréquent, à *Anvillea radiata* et *Bubonium graveolens*.

- Groupement à *Fredolia aretioides* (*Anabasis aretioides*)

Ce groupement occupe la majeure partie de la hamada. Endémique du Sahara Nord-occidental algérien, il atteint sa limite méridionale à la longitude de la hamada de Tindouf. Au sein de l'arganeraie, ces groupements se retrouvent sous forme de lambeaux dans les regs le long des vallées de principaux oueds: Oued El-ma et Oued Gahouane.

Il y a lieu de signaler qu'au Sahara occidental algérien, *Fredolia aretioides* reste une plante très banale. Il faut noter toutefois que les plus beaux peuplements occupent en général la surface plus ou moins plane de la hamada. À l'inverse, cette plante fuit les regs fins, et surtout plus riches en sable. Cette distribution est particulièrement nette à l'Est de l'arganeraie notamment du côté de Oued Mazma.

- Groupement à *Haloxylon scoparium* et *Gymnocarpos decander*

C'est la végétation du reg caillouteux par excellence. Très lâche, ce groupement occupe là un des milieux les plus pauvres. Plus fréquent dans les zones de kreb-lahmada et les bancs rocheux de Lechfar et de Boumhara où, diffuse, cette végétation occupe à la fois les regs grossiers non salés, les dépressions graveleuses et les zones d'épandage décapées par le vent. Ce groupement est fréquent le long du réseau hydrographique, quand il n'est pas ensablé, tant sur la hamada que sur les regs caillouteux où affleure la roche mère. Il remplace sur la hamada, la steppe à *Anabasis*, chaque fois que le terrain est en pente. Il se caractérise avec le plus faible taux de recouvrement (moins de 5%). Ce groupement occupe, également, les éboulis, les pentes rocheuses, les flancs des couloirs et des défilés rocheux (Kheneg). En période humide, ce groupement devient très riche floristiquement: *Limoniasstrum feei*, *Gymnocarpos decander*, *Gaillonia reboudiana*, *Moricandia arvensis* ssp. *Suffruticosa*, *Trichodesma calcaratum*, *Perralderia coronopifolia*, *Forsskalea tenacissima*, *Eremophyton chevallieri*. Au sein de la hamada de Tindouf, ce groupement, très dégradé, se trouve dans un état de lambeaux.

- Groupements hygrophiles et héliophiles

Ces groupements ont une superficie assez réduite. Les quelques sources et suintements qui apparaissent dans la hamada (Targant, Tafagoumt) sont peuplées par diverses espèces ubiquistes hygrophiles. Dans les cas les plus favorables, des végétations à caractère humide ont pu être individualisées: elles comprennent des groupements humides à caractère aquatique, des formations associées aux suintements et des formations palustres (terrains plus ou moins fréquemment inondés). Au sein de ces habitats favorables, 2 groupements ont été être reconnus: un groupement à *Phragmites communis* relevant de la classe des Phragmitetea et un second groupement à *Nerium oleander* et *Tamarix articulata* relevant de la classe phytosociologique des Nerio-Tamaricetea. Leur composition floristique varie selon la proximité de la nappe phréatique et la teneur en sable du substrat. Les 2 groupements hygrophiles sont naturellement différents suivant qu'il s'agit d'eaux permanentes ou de stations temporairement inondées. Dans le premier cas, la zonation suivante a été observée dans les gueltas situées au niveau de la haute vallée de l'Oued Tafagoumt: au centre, une végétation submergée comprenant d'assez nombreuses espèces d'Algues; puis une ceinture de roseaux et de joncs (*Phragmites communis* et *Juncus maritimus*) suivie d'une tamariçaie (*Tamarix gallica subsp nilotica* et *Tamarix articulata*) et enfin par une nériaie (*Nerium oleander*).

Conclusion

De par sa structure et sa composition floristique, l'arganeraie de Tindouf constitue un habitat écologique jouissant d'une biodiversité de qualité exceptionnelle. A une flore remarquable s'ajoute une faune tout aussi emblématique: écureuil de Barbarie (*Atlantoxerus getulus*), goundi de l'Atlas (*Ctenodatylus gundi*), mouflon à manchettes (*Ammotragus lervia*). Sur le plan fonctionnel, l'arganeraie assure une double fonction: d'une part, elle constitue un «gîte» en assurant le rôle d'un véritable îlot enclavé en plein cœur du Sahara où se réfugie une flore d'affinités méditerranéennes et même tropicales. D'autre part, elle offre aux périodes de sécheresse «le couvert» à une mosaïque de diverses communautés végétales désertiques vivant habituellement au voisinage de leurs conditions écologiques extrêmes mais autonomes et ayant chacune une signification dynamique spécifique et des caractères sociologiques propres. Cette situation explique la richesse floristique de l'arganeraie, aussi bien en thérophytes qu'en espèces steppiques caractéristiques des substrats rocailleux et rocheux de la hamada.

Certes, l'arganeraie présente en Algérie une aire de répartition «limitée» par rapport à l'immensité de la hamada, sa flore arborescente et arbustive est relativement pauvre, la densité et le degré de recouvrement de ses peuplements arborés sont faibles. Toutefois, l'arbre au Sahara a d'autres mérites d'ordre écologique et possède plus de valeur qu'une habituelle importance d'ordre économique. L'arbre dans ces régions, et particulièrement l'arganier, est un témoin privilégié des vicissitudes paléoclimatiques qui ont affecté le Sahara nord-occidental de l'ère tertiaire à ce jour.

Parfaitement adapté aux changements climatiques, l'arganier constitue un modèle biologique de choix pour diverses disciplines scientifiques: pour le botaniste qui s'intéresse à son origine, le biologiste à sa physiologie et son mode d'adaptation, l'écologue à sa répartition passée et présente, l'ethnobotaniste ou le pharmacien à ses usages et ses propriétés thérapeutiques, le forestier à ses capacités d'adaptations et aux possibilités de repeuplement de régions considérées, actuellement, comme asylvatiques. La préservation

de l'arganier et de ses populations encore intactes de la région de Tindouf est une nécessité impérieuse. Sur le plan de la biodiversité, cette arganeraie constitue un conservatoire *in situ* de valeur patrimoniale mondiale. Sa protection et sa gestion représentent un enjeu majeur en vue de l'utilisation de la biodiversité dans le cadre du développement durable de cette région.

Remerciements : Nous exprimons aux responsables et au personnel de la conservation des forêts (wilaya de Tindouf) et du CBN-Bailleul (bibliothèque botanique et phytosociologique de France), nos sentiments de vive gratitude pour leur accueil amical et leur soutien en logistique et en ressources documentaires.

Références bibliographiques

- [1].- Maire R., 1939.- Les arganiers des Béni-Snassen. Bot. Notiser: 477-484.
- [2].- Baumer M. et Zéraia L., 1999.- La plus continentale des stations de l'arganier en Afrique du Nord. Rev. For. Française, 51 (3): 446-452.
- [3].- Kaabèche M., Benkheira A. et Foucault B. de, 2010.- L'arganeraie d'Algérie: structure, écologie, syntaxonomie, dynamique. Acta Bot. Gallica, vol. 157 (3) : 563-572.
- [4].- DUBIEF J., 1963 - Les climats du Sahara. Ed. Université d'Alger, T. 2, fasc. 1, 275 p.
- [5].- Kaabèche M., 1990.- Les groupements végétaux de la région de Bou-Saada. Contribution à la synsystème des groupements steppiques du Maghreb. Thèse de doctorat, Orsay, vol. 2, 285 p.
- [6].- Kaabèche M., 1996.- La végétation steppique du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Essai de synthèse phytosociologique par application des techniques numériques d'analyse. Doc. Phytosociol, NS, XVI: 45-58.
- [7].- Kaabèche M., 1998.- Les pelouses xérophiles à thérophytes du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Essai de synthèse phytosociologiques par application de techniques numériques d'analyse. Doc. Phytosociol, NS, XVIII: 61-72.
- [8].- Angiosperm Phylogeny Group, 2009.- An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Bot. J. Linn. Soc., 161: 105-121.
- [9].- Ozenda P., 1991.- Flore et végétation du Sahara, 3e éd. CNRS, Paris, 662 p.

TOXICITE COMPAREE DES HUILES ESSENTIELLES BRUTES FOLIAIRES DE TROIS PLANTES SPONTANEEES RECOLTEES AU SAHARA ALGERIEN SUR LES LARVES ET LES IMAGOS DE *Schistocerca gregaria* (FORSKÅL, 1775) (ORTHOPTERA- CYRTACANTHACRIDINAE)

KEMASSI Abdellah^{1,2}, HELLALI Naima³, BOUAL Zakaria², BOUZIANE Nawel²,
OULD EL HADJ-KHELIL Aminata¹, HADJ-MAHAMMED Mahfoud³ et OULD
ELHADJ Mohamed Didi^{1,3}

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

⁽²⁾Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la
Terre, Université de Ghardaïa, BP 455 Ghardaïa 47000 Algérie. Email: akemassi@yahoo.fr

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

Résumé- L'étude de la toxicité par contact direct, des huiles essentielles brutes foliaires de *Peganum harmala* L. (*Zygophyllaceae*), de *Cleome arabica* L. (*Capparidaceae*) et de *Cymbopogon schoenanthus* L. (*Poaceae*) récoltées au Sahara algérien, sur les larves du cinquième stade (L_5) et les imagos du criquet pèlerin, révèle leur toxicité chez cet acridien. Pour les huiles essentielles brutes de *P. harmala*, un taux de mortalité de 100% est atteint au bout de 8 mn 30', chez les larves L_5 traitées. Il est de 12 mn 10' pour *C. arabica* et de 35 mn 11' pour *C. schoenanthus*. Une mortalité de 100% est atteinte chez les imagos traités au bout de 30 mn 18', 128 mn 40' et 63 mn 19', pour *P. harmala*, *C. arabica* et *C. schoenanthus* respectivement. Aucune mortalité n'est enregistrée au niveau des larves L_5 et des imagos des lots témoins. Les larves L_5 semblent plus sensibles à l'action des huiles essentielles brutes foliaires de ces plantes acridifuges testées comparativement aux imagos. L'examen des temps létaux 50 (TL_{50}) pour les larves L_5 montre que le temps le plus court est obtenu avec les huiles essentielles brutes foliaires de *P. harmala* (6 mn 12'), puis avec celles de *C. arabica* (9 mn 17') et, enfin *C. schoenanthus* (28 mn 36'). Il en est de même pour les adultes avec respectivement 19 mn 21', 41 mn 50', et 48 mn 54' pour les mêmes huiles essentielles.

Mots clés : Toxicité, huiles essentielles, plante spontanée, *S. gregaria*, Sahara.

COMPARED TOXICITY OF RAW LEAF ESSENTIAL OILS OF THREE SPONTANEOUS PLANTS COLLECTED IN THE ALGERIAN SAHARA ON LARVAE AND ADULTS OF *Schistocerca gregaria* (FORSKÅL, 1775) (ORTHOPTERA-CYRTACANTHACRIDINAE)

Abstract- The study of the directly contact toxicity of crude leaf essential oils of *Peganum harmala* L. (*Zygophyllaceae*), *Cleome arabica* L. (*Capparidaceae*) and *Cymbopogon schoenanthus* L. (*Poaceae*) collected in the Algerian Sahara, on the fifth stage larvae (L_5) and adults of desert locusts, reveals their toxicity in this locust. For crude essential oils of *P. harmala*, a mortality rate of 100% is reached after 8 mn 30', in L_5 larvae treated. It is 12 mn 10' for *C. Arabica* and 35 mn 11' for *C. schoenanthus*. A 100% mortality is reached in imago treated after 30 mn 18', 128 mn 40', 63 mn 19' et for *P. harmala*, *C. arabica* and *C. schoenanthus* respectively. No deaths recorded at the level of L_5 larvae and adult forms of the control groups. L_5 larvae appear to be more sensitive to the raw leaf essential oils of these plants acridifuges tested compared to adult individuals. Examination of the lethal time 50 (LT_{50}) for L_5 larvae shows that the shortest time is obtained with the raw leaf essential oils of *P. harmala* (6 mn 12') and *C. arabica* (9 mn 17') and

finally *C. schoenanthus* (28 mn 36'). It is the same for imago with 19 mn 21', 41 min 50', 54 and 48 minutes' respectively.

Keywords: Toxicity, essential oil, spontaneous plant, *S. gregaria*, Sahara.

Introduction

Dans plusieurs régions d'Afrique et d'Asie, la production agricole est sérieusement éprouvée par les sécheresses périodiques, l'érosion des sols et par la désertification. Elle est également fortement endommagée depuis longtemps par les phytophages, en l'occurrence les acridiens. Les sauteriaux et les locustes sont des fléaux anciens. En période d'invasion, les juvéniles et les adultes détruisent sur leur passage les cultures, les pâturages et les forêts, en causant de graves dommages [1]. Les acridiens, et en particulier le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) est connu comme le fléau acridien apocalyptique par excellence. Lorsqu'il apparaît en essaim, on peut parler d'une catastrophe écologique mobile. Quatre facteurs donnent à cet acridien une importance particulière: sa grande mobilité, la fréquence élevée de ses invasions, sa voracité et sa polyphagie en phase grégaire [2]. Le remède à envisager contre une telle calamité à court terme, reste encore l'épandage des pesticides. Cependant, quoique très diversifié, l'arsenal chimique n'a pas pu enrayer complètement ce fléau. De plus, il a alourdi le bilan environnemental par l'intoxication de l'homme et du bétail, la raréfaction et la destruction de la faune utile, la phytotoxicité et la pollution environnementale. La prise de conscience des problèmes d'environnement et d'écologie, a incité les organismes et les institutions de recherche à s'orienter vers la lutte biologique sous ses diverses formes pour lutter contre les criquets qui essaient. L'une de ses formes fait appel à l'utilisation de substances acridicides, acridifuges ou antiappétantes contenues dans les plantes pour protéger les cultures [3, 4]. Face à ce constat, une étude comparative des propriétés toxiques des huiles essentielles brutes de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae), *Cleome arabica* L. (Cappardidaceae) et *Cymbopogon schoenanthus* L. (Poaceae) vis-à-vis du criquet pèlerin a été menée. Le critère d'appréciation est le taux de mortalité des larves du cinquième stade (L_5) et des imagos du criquet pèlerin.

1.- Méthodologie

1.1.- Matériel biologique

Le matériel biologique se compose de larves du cinquième stade (L_5) et d'imagos du criquet pèlerin qui proviennent d'un élevage de masse réalisé au laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides de l'université Kasdi Merbah-Ouargla (Algérie) et de plantes spontanées connues au Sahara algérien pour leur action acridifuge.

1.1.1.- Choix des stades chez *Schistocerca gregaria*

Le choix des stades porte sur des imagos et larves du cinquième stade. Le choix des imagos se justifie, car c'est le stade où l'insecte est le plus à craindre à cause de l'amplitude de ses déplacements. Pour des raisons de commodité au laboratoire, les larves du cinquième stade (L_5) sont retenues.

2.1.2.- Elevage de *Schistocerca gregaria*

Les insectes sont issus d'un élevage de masse maintenu à une température de $32\pm 2^{\circ}\text{C}$, à un éclairage continu et à une humidité relative de $60\pm 5\%$. La nourriture se compose de Poaceae dont le blé dur (*Triticum durum* L.), l'orge (*Hordeum vulgare* L.), l'avoine (*Avena sativa* L.), le gazon (*Stenotaphrum americanum* L.), mais aussi la luzerne (*Medicago sativa* var. L.) (Fabaceae), les feuilles de chou (*Brassica oleracea* L.), et le son de blé comme complément. Le renouvellement de la nourriture, le nettoyage de la cage d'élevage et des récipients, s'effectuent quotidiennement.

1.1.3.- Choix des plantes acridifuges

Trois plantes soit *Peganum harmala*, *Cleome arabica* et *Cymbopogon schoenanthus* récoltées au Sahara algérien, sont retenues pour les tests de toxicité, compte tenu de leurs propriétés biochimiques vis-à-vis du criquet pèlerin.

Peganum harmala L. (Zygophyllaceae)

P. harmala est une plante herbacée, vivace de 30 à 90 cm de haut. Elle présente des feuilles allongées et irrégulièrement divisées en multiples laniers très fines, à fleurs blanches munies de sépales inégaux persistants qui dépassent la corolle et de pétales crème lavés de rose-orangé à nervures jaunes. Elle est observée en Europe australe et austro-orientale, Asie mineure et orientale et en Afrique du Nord. En Algérie, *P. harmala*, est commune aux hauts plateaux, au Sahara septentrional et méridional et aux montagnes du Sahara central [5, 6, 7]. Elle est utilisée par les autochtones au Sahara pour le traitement des convulsions, des fièvres et du rhumatisme. Elle présente également des propriétés antiparasitaires, enivrantes et sudorifiques. C'est une plante non broutée par les animaux d'élevage dont le dromadaire [5].

Cleome arabica L. (Capparidaceae)

Plante vivace d'environ 30 cm de hauteur, à tiges dressées et ramifiées qui portent de petites feuilles poilues trifoliées, les fleurs ont des pétales de couleur qui va du jaune au pourpre foncé. Le fruit est une gousse de 2 à 5 cm de longueur. C'est une plante à odeur fétide, toxique et présente des effets hallucinogènes. Elle est fréquente dans les savanes désertiques et les tamarisiers de l'étage tropical, commune dans le Sahara septentrional, en Egypte et en Afrique tropicale [5, 7, 8]. En pharmacopée, certains autochtones du Sahara utilisent *C. arabica* comme diurétique et contre le rhumatisme [5].

Cymbopogon schoenanthus L. (Poaceae)

C. schoenanthus est une plante vivace. Elle est observée au Sahara sous forme de touffes épaisses, serrées avec de nombreux rejets. Les feuilles sont étroites s'enroulant sur elles mêmes. Elle présente des tiges dressées, pouvant atteindre 60 à 80 cm de longueur. Les inflorescences sont en panicules aux épis plus ou moins teintés de violet. En pharmacopée saharienne, *C. schoenanthus* est utilisée pour favoriser la digestion et pour soigner les aigreurs d'estomac et la mauvaise haleine due aux reflux de l'estomac [5, 7, 8].

1.2.- Extraction des huiles essentielles brutes foliaires

Les huiles essentielles sont extraites par hydro-distillation. Cela consiste à immerger la matière végétale (feuilles fraîches) dans un bain d'eau. L'ensemble est porté à ébullition pendant 6 heures. L'opération est généralement conduite à la pression atmosphérique [9]. Le milieu réactionnel constitué par les feuilles fraîches de chaque plante à tester et par l'eau, est porté à ébullition grâce à un chauffe-ballon à une température de 100°C. Les fractions de vapeur d'eau entraînent les produits organiques volatiles qui se condensent à l'aide de réfrigérant. Après décantation, les huiles essentielles brutes sont récupérées. Elles subissent une déshydratation par du sulfate de sodium anhydre, afin d'éliminer l'eau susceptible d'avoir été retenue dans la phase organique. Le produit ainsi obtenu servira pour traiter les insectes.

1.3.- Tests biologiques

Les tests de toxicité ont pour objet d'évaluer le degré de sensibilité (ou de résistance) à une substance chez les diverses espèces animales ou végétales [10]. Le mode de traitement, par contact est utilisé. Il consiste en une pulvérisation directe des huiles essentielles de chaque plante testée, à l'aide d'un micro-pulvérisateur (Ultra Bas Volume) sur les larves L₅ et les adultes du criquet pèlerin. A cet effet, 8 lots d'insectes sont constitués à raison de 60 individus dont 30 mâles et 30 femelles par lot, ce qui donne un total de 360 individus. Quatre lots pour les L₅, dont l'un pour le témoin et trois autres pour le traitement. Quant aux autres lots, ils sont constitués par des imagos avec un lot témoin et trois lots pour le traitement.

1.4.- Taux de mortalité cumulée

La mortalité est le principal critère de jugement de l'efficacité d'un traitement chimique ou biologique. Le pourcentage de la mortalité observée chez les larves du cinquième stade et les adultes, témoins et traités est estimé selon la formule suivante [11]:

$$\text{Mortalité observée} = [\text{Nombre de morts} / \text{Nombre total des individus}] \times 100$$

1.5.- Calcul des temps létaux 50 (TL₅₀) et des temps létaux 90 (TL₉₀)

Le temps létaux 50 (TL₅₀) et le temps létaux 90 (TL₉₀) sont calculés à partir de la droite de régression des valeurs (probits) correspondant aux pourcentages de la mortalité corrigée en fonction des logarithmes des temps de traitement. La formule de Schneider [11] et la table des probits sont utilisées à cet effet.

$$\text{Formule de Schneider : } MC = [M_2 - M_1/100 - M_1] \times 100$$

- MC : % de mortalité corrigée
- M₂ : % de mortalité dans la population traitée
- M₁ : % de mortalité dans la population témoin

2.- Résultats et discussion

L'étude de la toxicité des huiles essentielles foliaires brutes, par pulvérisation sur les larves L₅ et les imagos du Criquet pèlerin de chacune des différentes espèces végétales

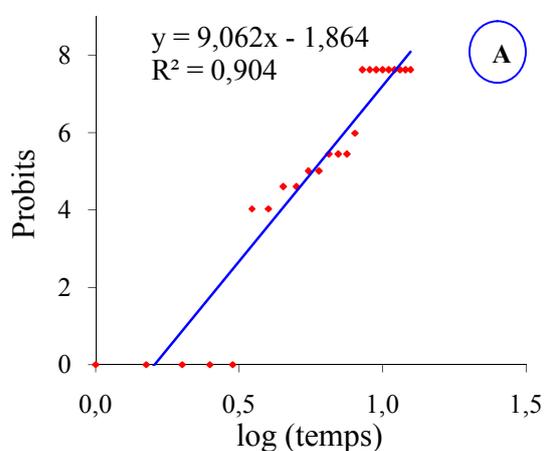
retenues pour la présente étude, laisse apparaître leur action toxique sur le criquet pèlerin (tab. I). Un taux de mortalité de 100% est atteint au bout de 8 mn 30' et 30 mn 18' respectivement chez les larves et les adultes du Criquet du désert traités par les huiles essentielles brutes de *P. harmala*. Chez le lot des larves traitées par les huiles essentielles de *C. arabica*, une mortalité de 100% est atteinte au bout de 12 mn 10'. Elle est de 128 mn 40' pour le lot des adultes traités. Pour les individus traités par les huiles essentielles brutes de *C. schoenanthus*, c'est au bout de 35 mn 11' et 63 mn 19' que le taux de mortalité de 100% est atteint pour les larves L₅ et les adultes du *S. gregaria* respectivement. En outre, aucune mortalité n'est enregistrée chez les individus des lots témoins. L'effet létal observé varie en fonction de l'extrait et le stade de développement de l'insecte. Les larves L₅ semblent plus sensibles à leurs actions que les adultes. Au vu des valeurs des temps létaux estimés pour les larves L₅ et les adultes du criquet pèlerin des lots traités par les huiles essentielles de chacune des trois plantes récoltées au Sahara, il apparaît sur le tableau I que les durées d'action les plus courtes sont estimées pour les huiles essentielles de *P. harmala*, suivie de *C. arabica* puis *C. schoenanthus*. Les huiles essentielles de *P. harmala* sont plus toxiques que celles de *C. arabica* et de *C. schoenanthus*. NGAMO et HANCE (2007), signalent que les huiles essentielles exercent des effets physiologiques et autres physiques [12]. Les effets physiologiques peuvent affecter les neurotransmetteurs des invertébrés dont l'octopamine qui a un effet régulateur sur les battements du cœur, la motricité, la ventilation, le vol et le métabolisme des invertébrés [13].

Tableau I.- Temps létaux des larves L₅ et des adultes de *S. gregaria* traités par les huiles essentielles brutes foliaires des trois plantes

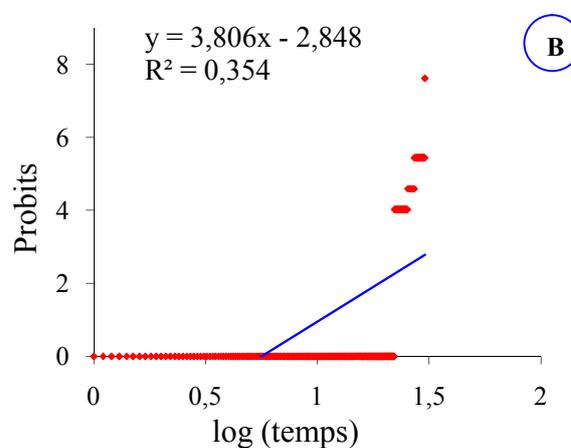
Mortalité (%)	Temps létal (TL)					
	<i>Peganum harmala</i>		<i>Cleome arabica</i>		<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	
	Larve L ₅	Adulte	Larve L ₅	Adulte	Larve L ₅	Adulte
05	03'45''6	07'06''6	05'42''	17'03''	12'36''6	20'22''2
10	04'07''8	08'51''	06'19''8	20'44''4	15'02''4	24'42''6
20	04'37''2	11'33''	07'11''4	26'19''2	18'37''8	31'14''4
30	05'00''6	14'	07'52''8	31'15''6	21'45''	37'
40	05'21''6	16'30''	08'31''2	36'12''	24'49''2	42'45''
50	05'43''2	19'13''2	09'10''2	41'30''6	28'04''2	48'55''2
60	06'06''	22'24''	09'52''2	47'35''4	31'57''	56'22''2
70	06'31''8	26'24''	10'40''2	55'06''6	36'13''2	64'40''2
80	07'04''8	32'	11'42''	65'27''6	42'16''8	76'36''6
90	07'55''2	41'45''	13'16''8	83'03''	52'22''8	96'51''

Les TL₅₀ et TL₉₀ évalués sont de l'ordre de 05 mn 43' et 07 mn 55' pour les larves L₅ traitées par les huiles essentielles de *P. harmala* et de 19 mn 13' et 41 mn 45' pour les adultes respectivement. Pour les larves L₅ traitées par les huiles essentielles de *C. arabica*, le TL₅₀ est de 09 mn 10' et le TL₉₀ est de l'ordre de 13 mn 16', alors que pour les adultes, le TL₅₀ et TL₉₀ estimés sont de 41 mn 30' et 83 mn 03' respectivement. Le TL₅₀ estimé pour les larves L₅ traitées par les huiles essentielles de *C. schoenanthus* est de 28 mn 04',

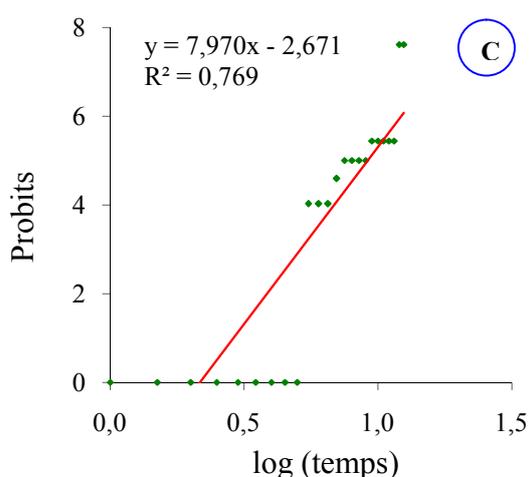
et le TL₉₀ de l'ordre de 52 mn 22', alors que pour les adultes, les valeurs de TL₅₀ et TL₉₀ évaluées sont de 48 mn 55' et 96 mn 51' respectivement (tab. I et fig.1). KEMASSI *et al.* (2010) notent des TL₅₀ de 10,51 jours et 20,02 jours pour l'extrait acétonique brut d'*Euphorbia guyoniana* (*Euphorbiaceae*), appliqué par ingestion sur les larves L₅ et les adultes du criquet pèlerin respectivement [14]. OULD EL HADJ *et al.* (2006), signalent un TL₅₀ avoisinant pour le neem *Azadirachta indica* Juss. (*Miliaceae*) 7,5 jours, puis pour le mélia *Melia azerdarach* L. (*Miliaceae*) 8,2 jours et enfin 10,4 jours pour l'eucalyptus *Eucalyptus globulus* L. (*Myrtaceae*) chez les L₅ de *S. gregaria* traitées par les extraits foliaires de ces plantes. Selon les mêmes auteurs, le TL₅₀ le plus court enregistré pour les adultes de ce locuste est de 8,1 jours (neem), 8,3 jours (mélia) et 9,6 jours (eucalyptus) [15]. En appliquant *Pseudomonas fluorescens* sur les larves du cinquième stade de *Schistocerca gregaria* TAIL (1998), note des TL₅₀ de l'ordre de 7,1 jours pour la forte dose et 8 jours pour la dose faible. En outre, en utilisant le *Metarhizium anisopliae* var [16]. HALOUANE (1997) rapporte un TL₅₀ de l'ordre de 4,9 jours pour la concentration 1,3.10³spores/ml appliquée sur les larves L₅ du criquet du désert [17].



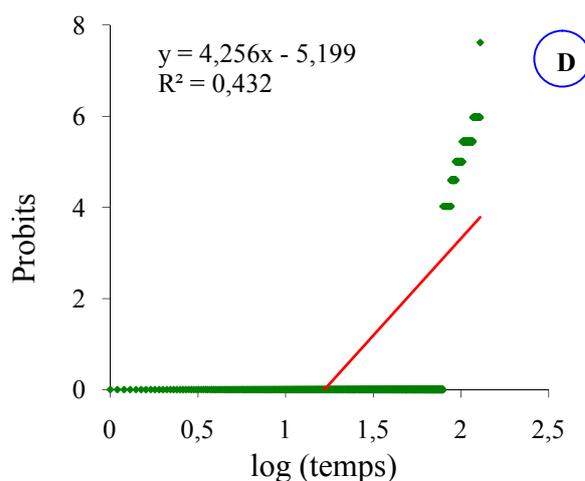
Effets des huiles essentielles de *P. harmala* dans le temps sur les larves L₅ de *S. gregaria*



Effets des huiles essentielles de *P. harmala* dans le temps sur les adultes de *S. gregaria*



Effets des huiles essentielles de *C. arabica* dans le temps sur les larves L₅ de *S. gregaria*



Effets des huiles essentielles de *C. arabica* dans le temps sur les adultes de *S. gregaria*

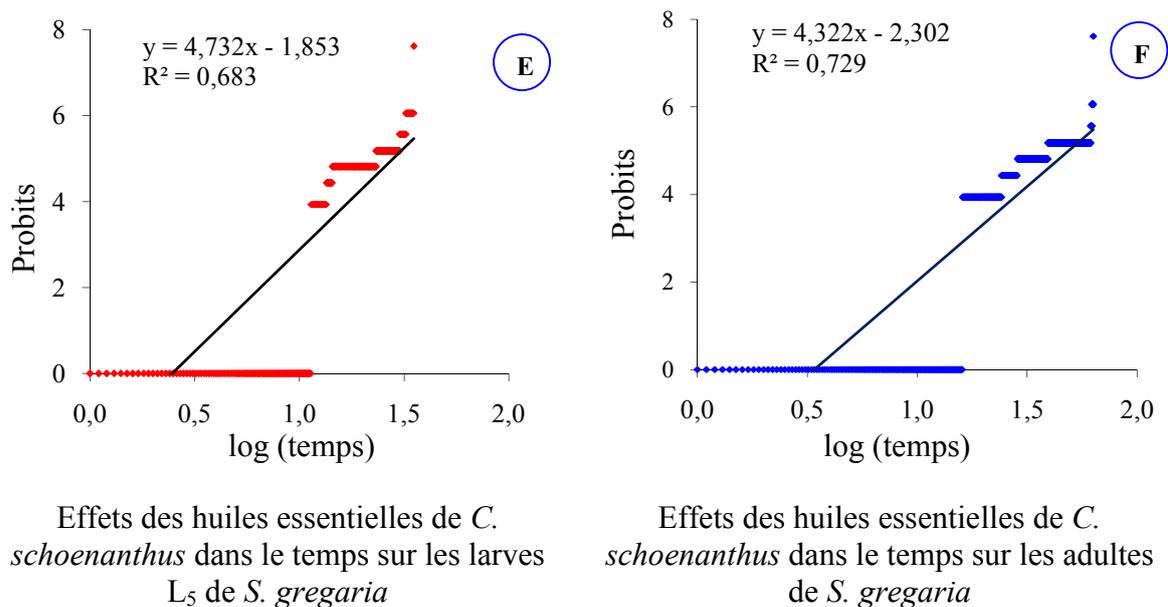


Figure 1(a,b,c,d,e,f).- Relation entre le taux de mortalité de *Schistocerca gregaria* et les huiles essentielles brutes foliaires des trois plantes en fonction du temps

Conclusion

L'étude de l'efficacité insecticide des huiles essentielles foliaires brutes de *Peganum harmala* L. (Zygophyllaceae), *Cleome arabica* L. (Cappardidaceae) et *Cymbopogon schoenanthus* L. (Poaceae) récoltées au Sahara algérien sur les larves L₅ et les adultes de *S. gregaria*, fait ressortir leur effet toxique sur cet insecte. Ces huiles essentielles foliaires brutes testées présentent un pouvoir biocide sur les larves L₅ et sur les adultes avec une rapidité d'action plus marquée sur les larves L₅. Des symptômes de neuro-intoxication sont observés suite à la pulvérisation directe des huiles essentielles brutes sur l'insecte: troubles de l'équilibre, mouvements convulsifs, défécation intense, perte de la capacité de se percher à un support suite à l'incapacité de jointure tarsique, tremblements d'appendices et accroissement de rythme de la pulsation cardiaque. Ces manifestations témoignent l'action neurotoxique et organohalogène des ces essences végétales sur le criquet pèlerin. Les huiles essentielles brutes foliaires de ces végétaux peuvent être une alternative aux insecticides chimiques en lutte préventive contre les larves du criquet pèlerin.

Références bibliographiques

- [1].- Abouthiam A., 1991.- Problématique de l'utilisation des insecticides chimiques dans la lutte anti-acridienne au Sahel. La lutte antiacridienne. Ed. AUPEL-UREF, John Libbey Eurotext, Paris: 193-206.
- [2].- Popov G. B., Duranton J. F. et Gigault J., 1991.- Etude écologique des biotopes du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Foskål, 1775) en Afrique Nord-Occidentale. Montpellier, CIRAD-PRIFAS. 753 p.
- [3].- Pasquier A. et Gerbinot B., 1945.- Utilisation du melia pour la protection des cultures contre les ailés de la sauterelle pèlerine. Bull. Sem. Off. Agro., El Harrach-Alger, 2

S.(2): 17-23.

- [4].- Bourmita Y., Belboukhari N., Cheriti A. et Ould El Hadj M. D., 2013.- Recherche préliminaire des sources végétales sahariennes à alcaloïdes pour usage bio-insecticides. Algerian Journal of Arid Environment, vol. 3 (1): 98-102.
- [5].- Maire R., 1933.- Etudes sur la flore et la végétation du Sahara central. Mémoire de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord, n°3, Mission du Hoggar II, Alger, 361 p.
- [6].- Chopra C., Abrol B. K., Handa K. L., 1960.- Les plantes médicinales des régions arides. Recherche sur les zones arides. Ed. UNESCO, Rome, 97 p.
- [7].- Ozenda P., 1991.- Flore et végétation du Sahara 3^{ème} édition, augmentée. Ed. CNRS, Paris: 662 p.
- [8].- Gubb A. S., 1913.- La flore saharienne: un aperçu photographique. Ed. ADOLPHE JOURDANE, Alger, 129 p.
- [9].- Hernandez Ochoa L. R., 2005.- Substitution de solvants et matières actives de synthèse par une combine «solvant/actif» d'origine végétale. Thèse doc., institut national polytechnique de Toulouse, 324 p.
- [10].- Ramade F., 2007.- Introduction à l'écotoxicologie: fondement et application. Ed. AUPEL-UREF, Paris: 179-191.
- [11].- Lazar P., 1968.- Les essais biologiques. Revue de statistique appliquée, 16 (3): 5-35.
- [12].- Ngamo L. S. T., Hance T. H., 2007.- Diversité des ravageurs, des denrées et méthodes alternatives de luttés en milieu tropical. Tropiculture, 25(4): 215-220.
- [13].- Chiasson H., Beloin N., 2007.- Les huiles essentielles, des bio-pesticides, 'Nouveau genre'. Antennae, 14 (1) : 3-6.
- [14].- Kemassi A., Boual Z., Ould El Hadj-Khelil A., Dadi Bouhoun M., Ould El Hadj M. D., 2010.- Activité biologique de l'extrait d'*Euphorbia guyoniana* (Boiss. & Reut.) (Euphorbiaceae) chez le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Acrididae). Annales de Sciences et Technologie, Université Kasdi Merbah- Ouargla, 2 (1): 60-71.
- [15].- Ould El Hadj M. D., Tankari Danbadjo A., Halouane F., Doumandji S., 2006.- Toxicité comparée des extraits de trois plantes acridifuges sur les larves du cinquième stade et sur les adultes de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera-Cyrtacanthacridinae). Sécheresse, 17 (3): 407-414.
- [16].- Tail G., 1998.- Action de quelques substrats alimentaires sur quelques paramètres biologiques de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775), (Orthoptera Acrididae). Efficacité entomologique de *Pseudomonas fluorescents* (Pseudomonadales) sur quelques aspects physiologiques du Criquet pèlerin. Thè. Mag., INA, El Harrach, Alger, 190 p.

- [17].- Halouane F., 1997.- Cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera- Acrididae). Efficacité *Metarhizium anisopliae* (Meth) (Hyphomycetes, Deuteromycotina) et effet sur quelque paramètres physiologiques de *Schistocerca gregaria*. Thèse Magister, sci. Agro. Inst. Nat. Agro., El Harrach, Alger, 237 p.

PARAMETRES D'ELEVAGE ET DE TRAITE ASSOCIES AUX ELEVATIONS CELLULAIRES INDIVIDUELLES EN ELEVAGE BOVIN LAITIER HORS SOL (TUNISIE)

M'SADAK Youssef ^{*}, HAJ MBAREK Rim, MIGHRI Leila et KRAIEM Khemais
Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem, Université de Sousse, Tunisie
Email: msadak.youssef@yahoo.fr

Résumé.- L'étude est réalisée sur un échantillon de 40 élevages bovins de type hors sol dans la région de Monastir (Sahel Tunisien). Les facteurs de risque des mammites ont été recueillis à l'occasion des visites des élevages et des suivis des animaux. L'analyse descriptive des données relatives aux conditions d'élevage et de traite a permis de mettre en évidence certains facteurs à effets significatifs sur les variations des comptages cellulaires individuels (CCI) et la probabilité de propagation des mammites. Au niveau du logement, l'analyse dévoile que la stabulation libre est responsable de l'élévation des CCI avec une tendance d'influence sur ces comptages. Au niveau des équipements de traite, le nettoyage avec de l'eau seulement des machines à traire et l'état médiocre de la tuyauterie sont les paramètres que leurs effets sont avérés significatifs sur l'augmentation des CCI. La pratique d'élimination des premiers jets est aussi fortement significative, de ce fait, les CCI les plus élevés sont enregistrés chez les éleveurs qui ignorent cette étape. Concernant l'animal, tous les paramètres de conformation des mamelles ne se sont pas susceptibles d'affecter les CCI. Par contre, l'effet d'une mauvaise propreté de la mamelle et des pattes arrière est significatif sur l'élévation des CCI.

Mots clés: Elevage bovin laitier hors sol, conditions de traite, comptage cellulaire individuel, mammites, facteurs de risque.

BREEDING AND MILKING'S PARAMETERS ASSOCIATED WITH ELEVATION OF INDIVIDUAL CELL COUNTS IN DAIRY ABOVE GROUND (TUNISIA)

Abstract.- The study was conducted on a sample of 40 cattle farms above ground type in the region of Monastir (Tunisian Sahel). Mastitis Risk factors were collected during visits farms (breeding and milking conditions) and by animals supervising (udders Conformation and cleanliness). The descriptive analysis of data relating to breeding and milking conditions helped to highlight some factors having significant effects on in individual cell counts (ICC) changes and on the probability of the spread of mastitis. In housing, the analysis revealed that the free stalling is responsible for the elevation of the ICC with a tendency to influence this cell counts ($P < 0.1$). At milking equipment, cleaning with water only, the milking machine and the bad condition of the piping of the milking machine are the two parameters that have significant effects on the increase in cellular levels of milk. The practice of eliminating the first streams of milk is also highly significant, therefore, the ICC are highest among the breeders who ignore this step. Concerning the animal, all parameters of udder conformation were not disclosed to affect the ICC. For cons, the effect of bad cleanliness of the udder and hind legs is significant to the elevation of ICC.

Key words: Dairy above ground breeding, milking conditions, individual cell counts, mastitis, risk factors.

Introduction

En Tunisie, la production laitière bovine a augmenté durant la dernière décennie permettant d'aboutir à l'autosuffisance. De ce fait, il reste à garantir la qualité hygiénique

du lait tributaire de l'état sanitaire de la glande mammaire. Les infections mammaires bovines représentaient 20% des pathologies rencontrées chez la vache laitière [1]. Plus récemment, on a estimé que 30% des vaches laitières sont réformées à cause des mammites [2].

La mammite est l'inflammation d'un ou plusieurs quartiers de la mamelle, généralement due à l'infection par une bactérie. Cette inflammation s'exprime par des signes de gravité variable. Souvent, les signes cliniques sont absents ou non perçus; cette mammite dite subclinique peut alors être détectée par le dénombrement des cellules somatiques du lait. Un comptage cellulaire individuel (CCI) est le nombre de cellules somatiques dans un millilitre de lait de l'échantillon individuel prélevé après une traite complète [3]. Sachant que la numération cellulaire individuelle du lait est un témoin de l'état inflammatoire de la mamelle [4], FABRE *et al.* (1996) a considéré 300000 cell. /ml comme seuil à partir duquel la mammite subclinique est installée [5], alors que NOIRETERRE (2006) a fixé le seuil à 200000 cell. /ml [6]. L'infection mammaire peut aussi être directement identifiée par la présence de germes pathogènes dans le lait [7]. Dans l'ensemble, elle a de multiples origines et est souvent de type subclinique, rendant contrôle et surveillance difficiles [8]. Les mammites constituent généralement le trouble sanitaire le plus fréquent et aux plus fortes répercussions économiques au sein de l'élevage bovin laitier [7,9,10,11]. A l'heure où la gestion des coûts d'exploitation s'avère de plus en plus importante et doit être envisagée de façon plus systématique. Le concept de facteur de risque d'apparition d'une mammite est devenu incontournable dans une approche préventive et curative de cette pathologie. Une telle démarche constitue la raison d'être du présent travail. Pour ce faire, des investigations ont été menées chez des petits troupeaux hors sol inscrits au contrôle laitier, conduits en milieu littoral semi-aride tunisien.

L'objectif recherché est d'identifier quelques facteurs de risque des mammites en relation avec les CCI élevés. Ces facteurs sont notamment explorés à l'échelle de l'élevage (logement, pratiques de traitement au tarissement, technique et équipement de traite) et à l'échelle de l'animal (conformation et propreté des mamelles).

1.- Matériel et méthodes

Cette étude est réalisée sur 40 petits élevages bovins laitiers de la région de Monastir, zone côtière relevant du Sahel Tunisien. Tous les troupeaux considérés sont inscrits au contrôle laitier et regroupent, au total, 364 vaches présentes (VP) dont 317 vaches en lactation (VL), de race Frisonne Holstein. Les exploitations sont caractérisées par un nombre faible des vaches qui varie entre 2 et 29 VP et entre 2 et 21 VL avec en moyenne respectivement 9 et 8 vaches. Il convient de signaler que les vaches primipares présentent 31% de l'ensemble des vaches considérées. Les vaches sont quasiment soumises à la traite biquotidienne mécanique en pot (37 sur 40). Les éleveurs adoptent le système d'élevage hors sol, caractérisé par l'insuffisance ou l'absence des ressources fourragères à cause des ressources en eau généralement limitées tant quantitativement (zone semi-aride) que qualitativement (salinité relativement élevée). Les informations, relatives aux conditions d'élevage et aux conditions de traite des vaches, ont été recueillies lors des visites effectuées aux élevages. Chaque élevage a bénéficié d'au moins deux visites de traite (matin et soir de deux journées différentes). La notation de la conformation et de la propreté des mamelles a été exécutée en se basant sur les fiches utilisées par SIMON *et al.* pour l'appréciation des caractéristiques mammaires des vaches [12]. Pour chaque élevage suivi, des échantillons de lait individuel sont prélevés périodiquement à la fin de la traite de

chaque vache après agitation du lait. Ensuite, les analyses cellulaires de ces échantillons sont accomplies au sein du Laboratoire du Service de Contrôle Laitier du Centre d'Amélioration Génétique de Sidi Thabet (Tunisie), à l'aide d'un compteur cellulaire automatique de type Fossomatic 4000 [13] mis au point par la Société Danoise Foss Electric, donnant les résultats du comptage cellulaire selon la méthode fluoro-opto-électronique qui constitue un moyen direct de comptage des cellules somatiques du lait [14]. Ce comptage est un élément d'appréciation de l'état sanitaire global de la mamelle, d'estimation de la prévalence des mammites dans le troupeau et d'évaluation de la qualité du lait destiné à la consommation [15]. La procédure GLM du logiciel SAS (2000) est appliquée pour l'étude des effets de chaque facteur de risque sur les numérations cellulaires du lait. Pour chaque facteur, il est comparé les moyennes de ses niveaux par le t-test (seuil 5%) selon le modèle statistique:

$$Y_i = \mu + NF_i + e_i$$

Y_i = Numération cellulaire,

μ = Moyenne,

NF_i = Effet du niveau du facteur de risque,

e_i = Erreur résiduelle.

2.- Résultats et discussion

2.1.- Contexte général de l'étude

2.1.1.- Conditions d'élevage des vaches

Les étables sont à stabulation entravée chez 65% des exploitations. Chez 35% des cas, l'aire de couchage est non propre (humide et non paillée). La propreté du lieu de traite n'est observée que chez 47% des élevages.

Le traitement antibiotique au tarissement des vaches est indispensable quant à la surveillance de la mamelle pour la lactation prochaine. Seulement 43% des éleveurs réalisent un traitement antibiotique au tarissement des vaches. Une étude relativement plus ancienne, réalisée en France par MEZINE (2006) a montré que le traitement au tarissement n'est pratiqué que par 38% des élevages suivis [16].

2.1.2.- Conditions de traite des vaches

2.1.2.1.- Caractéristiques des équipements de traite

La fréquence de pulsation (FP) doit être entre 55-60 puls./mn [17] pour éviter une traite traumatisante avec une FP inférieure à 50 puls./mn et une traite désagréable (causant des congestions mammaires) avec une FP supérieure à 60 puls./mn. La fréquence de pulsation comptée est supérieure à 60 puls./mn chez 22 machines à traire (59%). Les éleveurs ont tendance à augmenter la fréquence de pulsation pour diminuer la durée de traite, ce qui a une répercussion néfaste sur la santé mammaire des vaches. Le nettoyage de la machine à traire avec l'eau et un détergent est pratiqué par 3 éleveurs seulement. La majorité des éleveurs adopte une solution eau additionnée de javel pour le nettoyage de leur matériel. Cette pratique de nettoyage ne répondant pas aux normes conventionnelles de nettoyage, est à l'origine du mauvais état de propreté des machines à traire chez 25

machines à traire (68%). L'état de la tuyauterie est satisfaisant à bon chez seulement 15 machines (40%), en contre partie, il est médiocre chez 9 machines à traire (24%). Certains auteurs [18,19,20] ont rapporté que le contrôle annuel des machines à traire a une influence sur les CCI par le fait qu'il permet de corriger les paramètres de fonctionnement des machines à traire tout en respectant les normes et en traumatisant le moins possible les trayons. Cela se traduit par une baisse de la fréquence des mammites et une moindre numération cellulaire du lait.

2.1.2.2.- Pratiques de traite

La quasi-totalité des trayeurs (93%) ne respecte pas l'ordre de traite. Le résultat observé est élevé, par rapport à celui trouvé par MEZINE (2006) [16]. Le lavage des trayons avant la traite est adoptée, dans la totalité des élevages, avec une lavette collective et 27% des trayeurs utilisent du savon avec la lavette mouillée pour améliorer la qualité du nettoyage des trayons. L'essuyage des trayons n'est pas pratiqué par 88% des trayeurs. Ce résultat est proche de celui trouvé par MEZINE (2006) qui a relevé un mauvais essuyage chez 83% des élevages [16], mais il est très loin de celui trouvé par M'SADAK *et al.* (2011) qui rapportent la non pratique de l'essuyage par 33% des éleveurs de la région de Mahdia (berceau laitier de la Tunisie), appartenant également au Sahel Tunisien [21]. L'élimination des 1^{ers} jets avant la traite n'est pas adoptée par 68% des trayeurs. Dans une étude relativement ancienne effectuée par FABRE *et al.* (1996), cette pratique n'a pas été identifiée chez environ 89% des éleveurs [5] et dans une autre étude plus récente, réalisée par MEZINE (2006), l'élimination des 1^{ers} jets n'est réalisée que par 33% des trayeurs [16]. La majorité des trayeurs (92%) pratique l'égouttage (particulièrement, égouttage mécanique) et 8% des trayeurs n'adoptent pas l'égouttage de la mamelle après la traite. La désinfection des trayons après la traite n'est pas opérée chez 47 % des trayeurs. Ce résultat est proche de celui annoncé par M'SADAK *et al.* (2011) [21].

2.2.- Recherche de l'impact des facteurs de risque sur les CCI

2.2.1.- Relation entre les conditions d'élevage et les CCI

Les pratiques d'élevage considérées dans cette étude n'ont pas montré d'influence sur les CCI des vaches dans le contexte étudié (tab. I). L'influence du système de stabulation sur l'importance des teneurs en cellules somatiques est encore contestée, mais elle fait l'objet des études. Une litière sèche et propre peut diminuer la propagation des agents infectieux. Cependant, la stabulation libre a révélé un CCI moyen plus élevé (829000 cell. /ml) que celui trouvé avec la stabulation entravée (536000 cell. /ml) avec une tendance d'influence du type de stabulation sur les CCI ($P < 0,10$).

Malgré que la différence ne soit pas significative entre l'application du traitement au tarissement et son ignorance, les CCI sont plus élevés chez les vaches non traitées. [22] ont observé plus de mammites cliniques dans les quartiers des vaches non traitées que chez les vaches traitées.

Tableau I.- Impact des conditions d'élevage sur les CCI (x1000 cell. /ml) (ab: Différence entre les moyennes statistiquement significative ($P < 0,05$), a, b: Différence entre les moyennes statistiquement non significative ($P > 0,05$), CCI: Comptage Cellulaire Individuel, ESM: Erreur Standard à la Moyenne)

Variables		Nombre Vaches	CCI moyen	ESM
Type stabulation	Entravée	117	536 ^a	1105
	Libre	68	829 ^a	
Propreté aire couchage	Oui	119	631 ^a	1108
	Non	66	884 ^a	
Tarissement par traitement antibiotique	Oui	81	601 ^a	1109
	Non	104	815 ^a	
Propreté lieu traite	Oui	96	657 ^a	1112
	Non	89	791 ^a	

2.2.2.- Relation entre les conditions de traite et les CCI

2.2.2.1.- Effet des équipements de traite sur les CCI

L'étude statistique a montré que les caractéristiques de la machine à traire ont une incidence sur les CCI (tab. II). En effet, le nettoyage de la machine à traire avec l'eau seulement est en relation avec des CCI élevés ($P < 0,05$) et l'état médiocre de la tuyauterie a un effet sur les CCI ($P < 0,05$). Pour la fréquence de pulsation, il est enregistré les CCI les plus élevés avec les fréquences supérieures à 60 puls./mn, ce résultat est conforme avec celui trouvé par M'SADAK *et al.* (2010) [23].

Tableau II.- Quelques caractéristiques de la machine à traire et CCI (x1000 cell. /ml) (ab: Différence entre les moyennes statistiquement significative ($P < 0,05$), a, b: Différence entre les moyennes statistiquement non significative ($P > 0,05$), CCI: Comptage Cellulaire Individuel, ESM: Erreur Standard à la Moyenne)

Variables		Nombre vaches	CCI moyen	ESM
Nettoyage machine à traire	Eau+détergent	20	353 ^a	1069
	Eau+javel	128	503 ^a	
	Eau seulement	14	1303 ^b	
Etat tuyauterie	Bon	12	470 ^a	1073
	Satisfaisant	68	504 ^a	
	Moyen	62	665 ^{ab}	
	Médiocre	32	967 ^b	
Fréquence pulsation	< 55 puls. /mn	17	729 ^{ab}	1107
	55-60 puls. /mn	61	408 ^a	
	> 60 puls. /mn	96	983 ^b	

2.2.2.2.- Effet des pratiques de traite sur les CCI

Les pratiques de traite en majorité n'ont pas d'influence sur les CCI (tab. III), sauf pour l'élimination des 1^{ers} jets, les CCI sont plus élevés avec la non élimination des 1^{ers} jets ($P < 0,05$), résultat similaire à celui trouvé par BONY Rasmussen *et al.* (2004) [24]. Plusieurs études ont montré que la non élimination des 1^{ers} jets peut être un des facteurs responsables de l'élévation des CCI [20, 25, 26]. Le lavage des mamelles avec des lavettes individuelles ou avec des douchettes à jet dirigé, suivi d'un essuyage rigoureux sont des mesures d'hygiène recommandées par RASMUSSEN *et al.* (1991) [27]. Ces mesures ont montré leur efficacité pour la réduction des numérations cellulaires du lait.

Tableau III.- Effet des pratiques de traite sur les CCI (x1000 cell. /ml)
(ab: Différence entre les moyennes statistiquement significative ($P < 0,05$), a, b: Différence entre les moyennes statistiquement non significative ($P > 0,05$), CCI: Comptage Cellulaire Individuel, ESM: Erreur Standard à la Moyenne)

Variables		Nombre vaches	CCI moyen	ES M
Respect ordre traite	Oui	9	389 ^a	1112
	Non	176	738 ^a	
Lavage trayons	Lavage + essuyage			915
	Lavage sans essuyage	22	675 ^a	
	Sans lavage ni essuyage	128	693 ^a	
		35	701 ^a	
Elimination 1^{ers} jets	Récipient	26	376 ^a	1101
	Sur sol	33	567 ^{ab}	
	Non	126	843 ^b	
Désinfection trayons	Oui	107	707 ^a	1114
	Non	78	740 ^a	
Hygiène traite	Oui	68	520 ^a	1103
	Non	117	838 ^a	
Egouttage mamelle	Oui	115	693 ^a	1114
	Non	70	738 ^a	

2.3.- Effet des caractéristiques mammaires sur les CCI

2.3.1.- Conformation des mamelles et CCI

L'évaluation de la conformation des mamelles a montré que la profondeur du pis est conforme chez 62% des vaches, les autres caractéristiques qui sont la qualité des attaches, la position, la taille et la forme des trayons sont conformes chez environ la moitié des vaches Tableau IV.

Dans cette étude, aucune association significative n'est observée entre conformation des mamelles et comptages cellulaires. Toutefois, il est constaté que les comptages cellulaires individuels (CCI) sont plus élevés avec les caractéristiques non conformes (tab. IV). Par contre, d'après une étude réalisée par SCHUKKEN *et al.*, 17% des vaches considérées, ayant la position des trayons au dessous du jarret contribuent à 24% des cas des mammites enregistrés [28].

Tableau IV.- Relation entre la conformation des mamelles et les CCI (x1000 cell. /ml) [ab: Différence entre les moyennes statistiquement significative ($P < 0,05$), a, b: Différence entre les moyennes statistiquement non significative ($P > 0,05$), CCI: Comptage Cellulaire Individuel, ESM: Erreur Standard à la Moyenne]

Variables		Nombre vaches	CCI moyen	ESM
Profondeur mamelle	Conforme	114	760 ^a	1398
	Non Conforme	71	778 ^a	
Qualité attaches	Conforme	88	700 ^a	1397
	Non Conforme	97	835 ^a	
Position trayons	Conforme	93	750 ^a	1398
	Non Conforme	92	792 ^a	
Forme trayons	Conforme	92	741 ^a	1398
	Non Conforme	93	801 ^a	

2.3.2.- Propreté des mamelles et CCI

L'évaluation de la propreté des vaches est réalisée par l'appréciation de la propreté des mamelles (pis) et des pattes arrière ainsi que celle des flancs et des cuisses avec trois niveaux de propreté (bonne, moyenne et mauvaise) et les résultats sont relatés dans le tableau V.

La propreté du pis était bonne chez 30% des vaches, alors que la propreté des flancs et cuisses était bonne chez seulement 9% des vaches. Ces deux paramètres d'appréciation sont des indicateurs d'hygiène de l'aire de couchage et de la litière. La propreté des pattes arrière était bonne chez 20% des vaches. C'est un indicateur de l'hygiène des surfaces de marche et d'exercice. La situation actuelle mérite une intervention rapide en vue d'améliorer l'entretien des étables pour une meilleure propreté des vaches.

Tableau V.- Relation entre la propreté des mamelles et les CCI (x1000 cell. /ml) relevés (ab: Différence entre les moyennes statistiquement significative ($P < 0,05$), a, b: Différence entre les moyennes statistiquement non significative ($P > 0,05$), CCI: Comptage Cellulaire Individuel, ESM : Erreur Standard à la Moyenne)

Variables		Nombre Vaches	CCI moyen	ESM
Mamelle	Bonne	56	636 ^a	1374
	Moyenne	101	688 ^a	
	Mauvaise	28	1423 ^b	
Pattes Arrière	Bonne	37	587 ^a	1379
	Moyenne	109	837 ^{ab}	
	Mauvaise	39	1223 ^b	

Flancs et Cuisses	Bonne	17	433 ^a	1387
	Moyenne	113	681 ^a	
	Mauvaise	55	1061 ^a	

L'étude de l'effet de la propreté des vaches sur les CCI est relatée dans le tableau V. Elle montre qu'une propreté mauvaise du pis est associée à un CCI moyen de 1.423.000 cell. /ml qui est très élevé par rapport à celui des propretés bonne et moyenne ($P < 0,05$). La propreté des pattes arrière a une influence sur les CCI ($P < 0,05$), alors que l'on n'observe qu'une tendance pour l'association propreté des flancs et cuisses et CCI ($P < 0,10$).

Conclusion

La présente étude a permis de décrire les pratiques et les comptages cellulaires individuels (CCI) dans de petites étables hors sol de la Tunisie littorale semi-aride.

Les conditions d'élevage et les pratiques de traite ne sont pas optimales dans la majorité des élevages, ce qui explique sans doute les taux cellulaires élevés observés.

Il semble nécessaire de développer le diagnostic et l'assistance technique sur les thèmes des conditions générales d'élevage, des pratiques de traite et sur le plan fonctionnement et entretien des machines à traire.

Bien qu'elle soit réalisée sur un petit nombre d'animaux et de troupeaux, cette étude laisse apparaître qu'il existe des relations entre, d'une part, les équipements et les pratiques de traite, la conformation et la propreté des mamelles, et d'autre part, les CCI dans le lait. En définitive, il conviendrait de mettre en place un plan de maîtrise des mammites bovines à l'échelle nationale ayant pour objectif de diminuer la concentration en cellules somatiques du lait. Ce plan devrait recourir en partie à la démarche adoptée en suivant les étapes utilisées dans la présente étude: visite d'élevage, analyse des données de santé mammaire, visite de traite et visite des bâtiments, analyse de la situation, conseils puis suivi régulier.

Références bibliographiques

- [1].- Aouadi A., 1991.- Contribution à l'étude des paramètres zootechniques dans les grands élevages bovins du gouvernorat de Béja. Thèse méd. Vét., ENMV Sidi Thabet, Tunisie, 100 p.
- [2].- Ben Dhiab H., 2001.- Etude des mammites dans les petits élevages bovins de la région de Monastir, PFE INA Tunis, Tunisie: 54-75.
- [3].- Bouaziz O., 2005.- Contribution à l'étude des infections intramammaires de la vache laitière dans l'Est de l'Algérie, Thèse Doctorat d'état. Université Mentouri de Constantine, Faculté des Sciences, Département des Sciences Vétérinaires, 235 p.
- [4].- Barnouin J., Geromegnace N., Chassagne M., Dorr N., Sabatier P., 1999.- Facteurs structurels de variation des niveaux de comptage cellulaire du lait et de fréquence des mammites cliniques dans 560 élevages bovins répartis dans 21 départements

français. *INRA Prod. Anim.*, 12 (1) : 39-48.

- [5].- Fabre J. M., Bazin S., Faroult B., Cail P., Berthelot X., 1996.- Lutte contre les mammites. Résultats d'enquête réalisée auprès de 1038 élevages français. *Bulletin des GTV*, (2) : 13-16.
- [6].- Noireterre Ph., 2006.- Suivi de comptages cellulaires et d'examen bactériologiques lors de mammites cliniques chez la vache laitière, Thèse Vétérinaire Lyon, 98 p.
- [7].- Seegers H., Menard J. L., Fourichon C., 1997.- Mammites en élevage bovin laitier : importance actuelle, épidémiologie et plans de prévention. *Renc. Rech. Ruminants*, 4, 233-242.
- [8].- Delfosse C., Froidmont E, Curnel Y., Humblet M. F., Hanzen Ch., Bertozzi C., Bartiaux-Thill N., 2006.- Etude écopathologique des facteurs de risque des mammites dans les élevages laitiers en Wallonie. *Renc. Rech. Ruminants*, 13, 440 p.
- [9].- Coulon J.B., Lescourret F., 1997- Effet des mammites cliniques sur la production chez la vache laitière. *Renc. Rech. Ruminants*, 4 : 265-268.
- [10].- Guerin-Fauble V., Carret G., Houffschmitt P., 2003.- In vitro activity of 10 agents against bacteria isolated from cows with clinical mastitis. *The veterinary record* : 466-471.
- [11].- Poutrel B., 1985.- Généralités sur les mammites de la vache laitière : Processus infectieux, épidémiologie, diagnostic, méthodes de contrôle. *Rec. Méd. Vét.*, 161 (6-7) : 497-511.
- [12].- Simon D., Jean Philippe R., 2005. - Guide vétérinaire d'investigation sur la santé de la glande mammaire. Réseau canadien de recherche sur la mammité bovine RCRMB, Faculté De Médecine Vétérinaire, Université De Montréal, j2s 7c6, 26 p.
- [13].- Grappin R., Jeunet R., 1974.- Premiers essais de l'appareil «Fossomatic» pour la détermination automatique du nombre de cellules du lait, *Revue le lait*, n° 539-540: 627-644.
- [14].- Gambo H., Agnem-Etchike C., 2001.- Dépistage de mammites subcliniques chez des vaches goudali en lactation au nord Cameroun, *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop*, 54 (1) : 5-10.
- [15].- Dohoo J. R., Lesile K. E. 1990.- Evaluating of changes in somatic cell count as indicator of new intramammary infection. In: *int. Symp. Bovine mastitis, national mastitis council*, Indianapolis, 13-16 : 320-325.
- [16].- Mezine M., 2006 - Analyse descriptive des facteurs de risque liés aux mammites dans des élevages d'une clientèle des Ardennes appliquant la démarche GTV partenaire. Thèse méd. Vét., ENMV Alfort, 146 p.
- [17].- Billon P., Gaudin V., 2008. - Quels réglages pour quelle machine à traire ? Institut de l'Elevage et Chambre d'Agriculture de Loire Atlantique, 7p.

- [18].- Faroult B., 1994.- Méthodologie d'approche des infections mammaires en troupeau laitier et maîtrise de la qualité hygiénique du lait. *Rec. Méd. Vét.*, 170 (6/7) : 469-478.
- [19].- Goodger W. J., Farver T., Pelletier J., Johnson P., Desnayer G., Galland J., 1993.- The association of milking management practices with bulk tank somatic cell counts. *Prev. Vet. Med*, 15 : 235-251.
- [20].- Mtaallah B., Oubey Z., Hammami H., 2002.- Estimation des pertes de production en lait et des facteurs de risque des mammites subcliniques à partir des numérations cellulaires de lait de tank en élevage bovin laitier. *Rev. Méd. Vét.*, 153, 4: 251-260.
- [21].- M'Sadak Y., Mighri L., Kraiem K., 2011.- Etude de la situation sanitaire mammaire à partir des taux cellulaires de troupeau et estimation des pertes laitières engendrées chez des ateliers bovins hors sol en Tunisie. *Revue nature et technologie*, n° 4: 8 - 14.
- [22].- Roussel Ph., Robert A., Poutrel B., Bareille N., Serieys F., Le Guenic M., Baudet H., Seegers H., Heuchel V., 2005.- Epidémiologie descriptive des infections mammaires des vaches laitières en période sèche dans des troupeaux pratiquant le traitement sélectif au tarissement. *Renc. Rech. Ruminants*, 12 : 259-262.
- [23].- M'Sadak Y., Mighri L., Kraiem K., 2010.- Effet des conditions de traite sur la santé mammaire des vaches laitières et estimation des pertes en lait consécutives dans la région de Mahdia en Tunisie. *Revue élev. Méd. Vét. Pays trop.*, 63 (1-2) : 35-39.
- [24].- Bony J., Contamin V., Metais J., Nabeneza S., Tillard E., Coulon J.B., Juanes X., 2004.- Principaux facteurs qui influencent la qualité sanitaire du lait à la Réunion, *Renc. Rech. Rum.*, 11, p 116.
- [25].- Rasmussen M. D., Galton D. M., Petersson L. G., 1991.- Effects of premilking teat preparation on spores anaerobes, bacteria, and iodine residues in milk. *J. Dairy sci.*, 74 : 2472-2478.
- [26].- Schukken Y. H., Grommers F. J., Van De Geer D., Erb H. N., Brand A., 1991.- Risk factors for clinical mastitis in herds with a low bulk milk somatic cell count; 2 risk factors for escherichia coli and staphylococcus aureus. *J. Dairy sci.*, 74, 826-832.
- [27].- Billon P. Sauvee O., Menard J. L., Gaudin V., 1998.- Influence de la traite et de la machine à traire sur les numérations cellulaires et les infections mammaires chez la vache laitière. *Renc. Rech. Ruminants*, 5 : 305-312.
- [28].- Hanzen Ch., 2008.- Physiologie de la glande mammaire et du trayon de la vache laitière. *Faculté de Médecine Vétérinaire de Liège, Service de Thériogenologie des animaux de production*. 49 p.

PREMIERS RESULTATS SUR LA GERMINATION DE LA LUZERNE ARBORESCENTE EN CONDITIONS CONTROLEES

NEDJIMI Bouzid*, GUIT Brahim, MOHAMMEDI Nessrine, BELKHEIRI Samira
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Université de Djelfa, BP 3117 Djelfa 17000, Algérie, E-mail: bnedjimi@yahoo.fr

Résumé- *Medicago arborea (Fabaceae) est un arbuste d'une grande importance fourragère dans les steppes algériennes. Une expérimentation a été menée au laboratoire pour déterminer l'effet de la salinité sur la germination des graines de cette espèce. Les semences sont mises à germer en présence de NaCl (0, 50, 100 et 150mM), avec une photopériode de 16 heures de lumière et 8 heures d'obscurité. Les résultats obtenus montrent que le taux de germination diminue avec l'augmentation de la concentration saline. Les taux de germination les plus élevés sont obtenus en présence de 0 et 50mM NaCl. M. arborea se comporte modérément tolérant au sel, pendant sa phase germinative.*

Mots clés: *Medicago arborea, germination, fourrage, steppe, stress salin.*

EFFECT OF SALINITY ON GERMINATION OF ALFALFA IN CONTROLLED CONDITIONS

Abstract- *Medicago arborea (Fabaceae) is a fodder species in Algerian steppe. Experiments were conducted to determine the effect of salinity on seed germination. Seeds were germinated in presence of four salt concentrations (0, 50, 100 and 150mM NaCl) and 16h/8h of photoperiod. The results showed that germination percentage decreased with an increase in NaCl concentrations. The high percentage of germination was obtained for the seeds exposed to 0 and 50mM NaCl. M. arborea moderately salt tolerant at germination stage.*

Key words: *Medicago arborea, germination, fodder, steppe, salt stress.*

Introduction

La germination et les premiers stades de croissance sont cruciaux pour l'établissement des espèces se développant dans des environnements salins. Le stade plantule est le plus vulnérable dans le cycle de vie de la plante et c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule ébauche. Ce stade germinatif est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades [1].

Medicago arborea est une espèce fourragère de la famille des Fabaceae très appréciée par le bétail, notamment les ovins et caprins [2]. Elle constitue un fourrage de qualité pour les ruminants dont la teneur en matières azotées totales est de l'ordre de 20%. Sa digestibilité est très élevée (plus élevée que celle de l'*Atriplex nummularia* et même de l'*Acacia cyanophylla*) [3]. Exprimée en unité fourragère par kilogramme de matière sèche, sa valeur énergétique, atteint 0.8 UF à 1.05 UF /kg de MS respectivement pour ses feuilles et ses graines [2].

M. arborea peut être cultivée avec succès sans irrigation sur des sols pauvres, caillouteux, surtout dans les sols d'alluvions, sablo-argileux, assez profonds, frais, riches en silicates et en phosphates alcalins; sa culture est aussi possible sur les pentes rocheuses et les terrains secs et arides. L'espèce a une légère préférence pour le calcaire et elle supporte également une légère salinité du sol [4]. Cependant, peu d'études ont porté jusqu'à présent sur l'évaluation de la tolérance de cette espèce vis-à-vis de la salinité. Dans ce contexte, une expérience a été entreprise avec des gaines *M. arborea* en conditions contrôlées pour évaluer l'effet de salinité sur la germination de cette légumineuse.

1.- Matériel et Méthodes

Les graines de *M. arborea* sont désinfectées après un séjour de 10 minutes dans une solution d'hypochlorite de sodium à 8%, suivi de 03 minutes dans l'eau oxygénée. Elles sont ensuite rincées 3 fois à l'eau distillée stérile.

Les graines sont mises à germer, par lot de 100 graines pour chaque traitement, dans des boîtes de Pétri de 15cm de long sur 7cm de large, tapissées de papier filtre stérilisé, à raison de 25 graines/boîtes, soit 4 répétitions par traitement [5]. Le papier filtre est humecté au départ, et ensuite toutes les 24 heures avec 5 ml d'eau distillée (témoin) ou de la solution saline (50, 100 et 150mM NaCl). Les graines germées sont dénombrées toutes les 24 heures. L'apparition d'une radicule de 1mm environ a été utilisée comme le critère de germination.

Le test germinatif était conduit dans un incubateur dont la température et la photopériode sont contrôlées. Le régime de températures utilisé (nuit/jour) est 10-20°C, sous un éclairage de 25 μ E/s/m² assuré par une série de néons fluorescents. La photopériode est de 16 heures de lumière, et 8 heures d'obscurité.

2.-Résultats

2.1.- Taux de germination

En absence de sel, le taux de germination égale à 55%. Pour des concentrations de 50 et 100mM NaCl, les pourcentages de germination sont de 49% et 31% respectivement. Par contre, à 150mM NaCl il se produit une diminution du taux de germination de 41% par rapport au témoin (fig. 1).

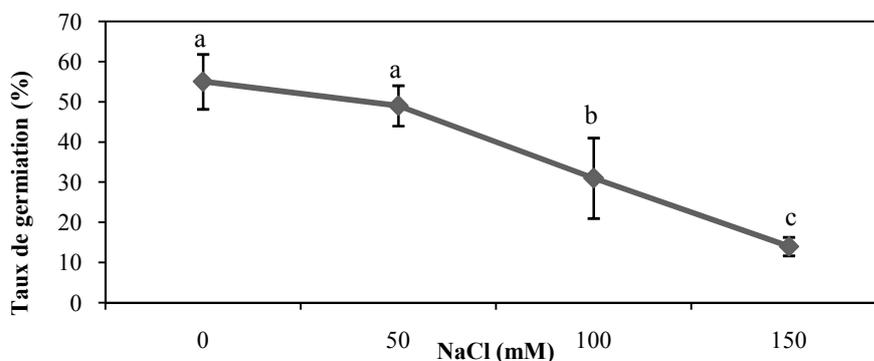


Figure 1.- Effet du NaCl (0, 50, 100 et 150mM) sur le taux de germination des graines de *M. arborea* [Les valeurs représentent la moyenne \pm Ecart-type ($n=4$ répétitions),

les différentes lettres au-dessus des valeurs indiquent une différence significative à $P < 0.001$ selon le test de Tukey]

Statistiquement, l'analyse de la variance montre qu'il existe un effet très hautement significatif ($P < 0.001$) de la concentration en NaCl sur le taux de germination (tab. I).

Par ailleurs, le test de Tukey au seuil de 5%, met en évidence une différence significative entre la concentration de 50mM qui fait partie du groupe (a), et le groupe (b) qui correspond à une concentration de 100mM NaCl (fig.1). Le seuil de sensibilité de la germination au NaCl se situe dans l'intervalle des concentrations comprises entre 50 et 100mM NaCl.

Tableau I.- Analyse de la variance du pourcentage de germination des graines de *M. arborea* en fonction des différentes concentrations en NaCl ($n=4$)

Effet	DDL	S.C.E	C.M	Test F	P
Ordre origine	1	22201	22201	500.7744	0.00001
Var. Facteur (NaCl)	3	4131	1377	31.0602	0.00006
Erreur	12	532	44.33		
Total	15	4663			

2.2.- Vitesse de germination

Les moyennes calculées sur quatre (04) répétitions par traitement pour les différents niveaux de salinité (fig. 2) présentent la même allure pour les différents traitements. La germination débute dès le 3^{ème} jour, elle est rapide durant les premiers jours puis ralentie pour atteindre un palier à partir du dixième jour. L'augmentation des concentrations en NaCl diminue la vitesse de germination par rapport au témoin. Il faut bien noter que la capacité germinative est peu affectée pour une concentration de l'ordre de 50mM NaCl.

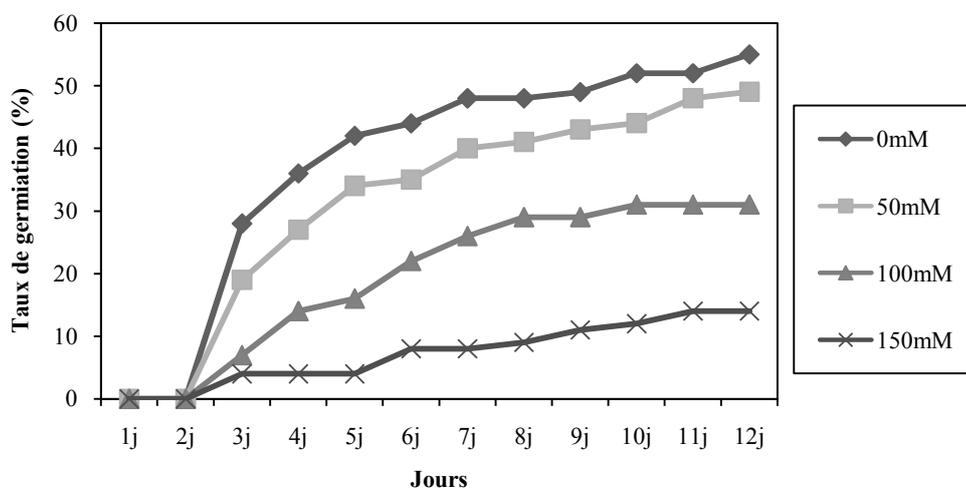


Figure 2.- Effet de NaCl (0, 50, 100 et 150mM) sur la vitesse de germination des graines de *M. arborea* ($n=4$, $P < 0.001$)

2.3.- Taux de réduction

La recherche de la meilleure fonction d'ajustement statistique de la relation entre le taux de germination et la concentration en NaCl aboutit à une équation de la forme linéaire suivante (fig. 3):

$$y = -0.28 x + 58.4, \quad R^2 = 0.96$$

y : taux de germination

X : concentration en NaCl

Le coefficient de détermination montre que 96% de la variance des taux de germination sont expliqués par le gradient de concentration en NaCl.

La recherche du seuil critique admissible ou seuil de toxicité sera calculé pour une réduction du taux de germination de 25% [6]. Le résultat est égal à 59.28mM NaCl, soit 3.4 g/l, ce résultat confirme le test de Tukey, et situe de façon plus précise le seuil de sensibilité ou de tolérance de *M. arborea* au NaCl.

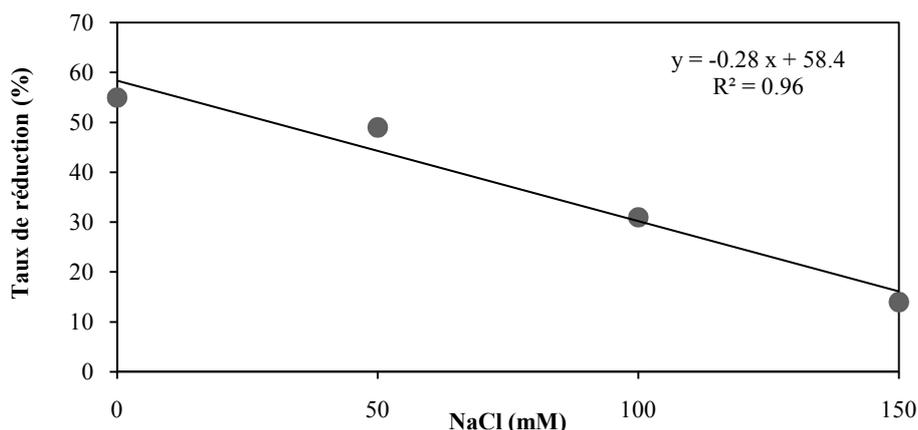


Figure 3.- Ajustement statistique de la relation entre le taux de germination des graines de *M. arborea* et la concentration du milieu en NaCl ($n=4$, $P<0.001$)

3.- Discussion

Relativement, pour ce premier essai, on a enregistré une réduction du taux et de la vitesse de germination due à l'effet négatif de la salinité sur la germination surtout pour les traitements les plus stressants. Les graines traitées à l'eau distillée présentent un taux final de germination comparable à celui des graines traitées par 50mM NaCl (55 et 49 %), par contre pour la concentration la plus stressante (150 mMNaCl) le taux de germination ne dépasse guère les 14%, d'où les graines peuvent tolérer la salinité jusqu'à 100 mM NaCl mais elles deviennent significativement plus sensibles au-delà de cette concentration (fig. 4). Des résultats similaires sont notés chez certaines espèces qui résistent modérément au sel [7,8]. Guan *et al.* [9], rapportent que les graines de *Medicago ruthenica* exposées à une température de 15-25°C et traitées par des solutions de faibles concentration saline, enregistrent un taux de germination élevé et plus ou moins proche à celui obtenu chez les

graines traitées par l'eau distillée.

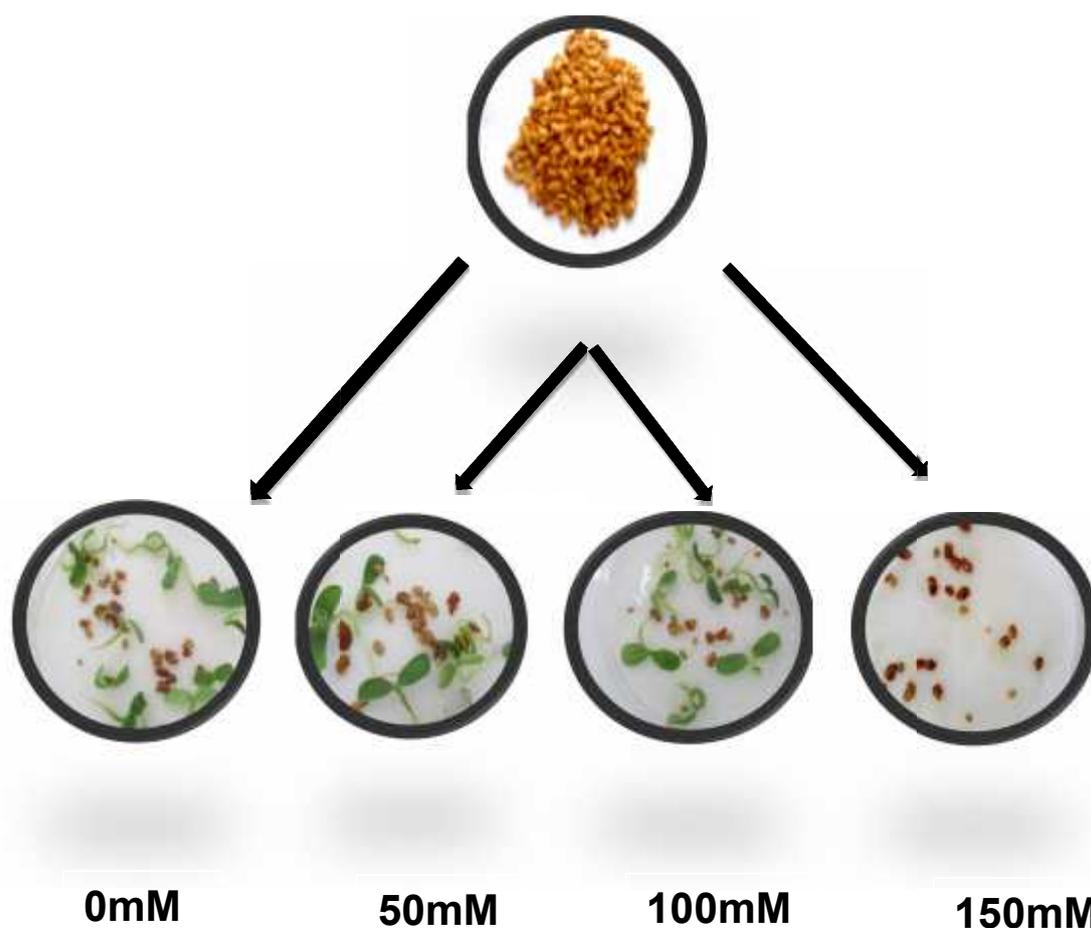


Figure 4.- Germination des graines de *M. arborea* dans des boîtes de Pétri tapissées de papier filtre humecté avec les différentes solutions de NaCl

Toutefois, il faut rappeler que même pour le témoin, le taux de germination reste moyennement faible à la normale (60%), qui peut être expliqué soit à une dormance secondaire soit à l'origine de la graine.

A la recherche de l'effet des doses croissantes de NaCl sur la germination des graines de *M. arborea*, les résultats obtenus montrent que cette légumineuse est modérément tolérante à la salinité. Ces graines germent mieux en absence ou en présence de 50mMNaCl. Sa culture pourrait être donc envisagée dans les programmes d'ensemencement des zones marginales steppiques.

Remerciements

Le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique Algérien est vivement remercié (Projets PNR et CNEPRU no. F-02820100012).

Références bibliographiques

- [1].- Bouda S., Haddioui A., 2011.- Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Nature et Technologie*, 5:72-79.

- [2].- Le Floch E., 1989.- Plantation d'arbustes fourragers. Bilan préliminaire de 30 ans de pastoralisme. RAB/84/025, FAO, 240 p.
- [3].- Le Houérou H. N., 2002.- Multipurpose germplasm of fodder shrubs and trees for the rehabilitation of arid and semi-arid land in the Mediterranean isoclimatic zone. *Options Méditerranéennes*, 37: 1-118.
- [4].- González-Andrés F., Ceresuela J-L., 1998.- Chemical composition of some Iberian Mediterranean leguminous shrubs potentially useful for forage in seasonally dry areas. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 41: 139–147.
- [5].- Nedjimi B., Daoud Y., Touati M., 2007.- Effet du stress salin sur la germination, la croissance et l'accumulation ionique chez des jeunes plants d'*Atriplex halimus* subsp. *schweinfurthii* en culture in vitro. *Biotechnologie Végétale*, 1:49-55.
- [6].- Maas E.V., 1990.- Crop salt tolerance. In: Tanji, K. K. (Ed.), *Agricultural Salinity Assessment and Management*. ASCE Manuals and Reports on Engineering No. 71, ASCE, New York: 262-304.
- [7].- Muscolo A., Panuccio M. R., Sidari M., 2003.- Effects of salinity on growth, carbohydrate metabolism and nutritive properties of kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst). *Plant Science*, 164: 1103–1110.
- [8].- Azhdari Gh., Tavili A., Zare M. A., 2010.- Effects of various salts on the germination of two cultivars of *Medicago sativa*. *Front. Agriculture China* 4(1): 63–68.
- [9].- Guan B., Zhou D., Zhang H., Tian Y., Japhet W., Wang P., 2009.- Germination responses of *Medicago ruthenica* seeds to salinity, alkalinity, and temperature. *Journal of Arid Environments*, 73: 135–138.

EFFICACITE DES INSTITUTIONS LOCALES ORGANISATRICES DES MARCHES LOCAUX DE LA RESSOURCE FOURRAGERE BIOLOGIQUE

ABIDI Fatima, KHARROUBI Hadjer, ATCHEMDI Komi Apédo*
 Faculté des Sciences de la Nature et de la vie
 Université Ziane Achour de Djelfa, BP 3117, Djelfa 17003, Algérie
 Email: sankaridja@yahoo.fr

Résumé.- La présente étude se propose d'analyser les institutions, coutumières et modernes, qui définissent les conditions d'accès à la RFB (Ressource Fourragère Biologique), et d'évaluer leur efficacité. Il s'inscrit dans le cadre théorique des nouveaux courants appelant à la préservation de la propriété collective et s'appuie sur le fonctionnement imparfait des marchés locaux de la propriété commune. L'analyse se base sur les données des enquêtes faites auprès de 115 pasteurs de 3 communes de la steppe de Djelfa (Algérie) de 2009 à 2011. Les résultats indiquent trois importantes preuves. En premier, la règle du jeu, inchangée pendant des décennies, entre imparfaitement dans le cadre d'une économie de marché. Elle discrimine des exploitants souvent de même appartenance communautaire, est adoptée dans le but de préserver la ressource et la tradition, et surtout, de contrôler la communauté et les avantages économiques. Elle déstabilise la formation du prix sur le marché de la RFB. Elle est inefficace et nuisible à l'ensemble du système pastoral. Il y a une déstabilisation des organisations locales, et le contournement des règles implicites ou explicites. De même, la compétition est aiguë avec des intérêts individuels fondés sur le comportement concurrentiel pour atteindre un rendement annuel élevé de l'ordre de 15 à 20 %. Ce qui ne peut être obtenu que par la capture de la ressource et d'autres richesses naturelles de la région. Enfin, les paramètres physiques et la pression croissante sur la RFB provoquent sa dégradation, malgré la gestion communautaire et accentue sa pénurie.

Mots clés: Produit biologique, pasteur, propriété collective, organisations locales, marchés locaux.

EFFICIENCY OF LOCAL INSTITUTIONS IN ORGANIC FORAGE RESOURCE MARKET

Abstract.- The objective of this paper is to analyze customary and modern institutions, which define the conditions access to the OFR (Organic Forage Resource), and to evaluate their efficiency. It fits a new theoretical framework of calling for safeguarding common pool resource and is based on the imperfect functioning of local markets of the common-pool property. The analysis is funded on the data of the field survey. First, the play rules does not changes for decades and not fit perfectly the framework of market economy: discrimination too often of the competitors belonged to the same community, adopted with purpose of preserving resource and tradition especially, of controlling community and economic advantages, market pricing of the OFR destabilized, inefficient and harmful with whole of the pastoral system. Then pastoralists pursuit often an annual yield between 15 and 20 % which can only be obtained by the capture of the OFR and others natural resources. Finally, the physical parameters and the increasing pressure on the OFR cause its degradation, in spite of community management and accentuates its shortage.

Keywords: Organic product, pastoralist, common-pool resource, local organizations, local markets.

Introduction

La vaste zone steppique de l'Algérie centrale nord, qui rejoint le Sahara, est essentiellement constituée des parcours spacieux à usage collectif persistant (55,55 %) (Haut commissariat au développement de la steppe (HCDS) [1] (fig. 1). Les parcours évoquent la nature des pâturages qui y sont présents et des usages qui en sont faits [2, 3]. Leur point commun est effectivement leur usage pastoral qu'évoque le mot parcours ou cheminement des troupeaux pour aller d'un point à un autre faire valoir la ressource commune [3].

Ils sont occupés par une ressource fourragère biologique (RFB) très importante pour l'élevage et l'animal exploite directement la quasi-totalité de la surface fourragère à pâturer. La RFB est l'ensemble des formations végétales herbacées et ligneuses spontanées ou obtenues à partir des produits naturels, en remplacement des mêmes formations pâturées déjà, par des opérations de cultures dérisoires, et qui entrent dans la production du bétail. Cependant, la RFB n'est soumise formellement à aucun document ou contrôle indiquant les caractéristiques que devra présenter une réalisation technique, et les différents stades à respecter pour sa mise en œuvre.

Néanmoins, le pastoralisme n'est pas traité comme un domaine moderne et performant, et capable d'adaptation rapide aux changements, mais plutôt comme celui traditionnel en développement [2]. La gestion communautaire n'est pas inévitablement une fin de la surexploitation et la dégradation des ressources, le système de gestion locale est assez flexible pour réguler l'accès et faire face à l'accroissement de la pénurie [4,5]. D'autres recherches montrent que l'intervention publique dans les problèmes fonciers, substrat naturel de la RFB, est plus nuisible que bénéfique et que les expériences empiriques sur la relation entre droits de propriété privée et efficacité est ambiguë [6,7,8,9].

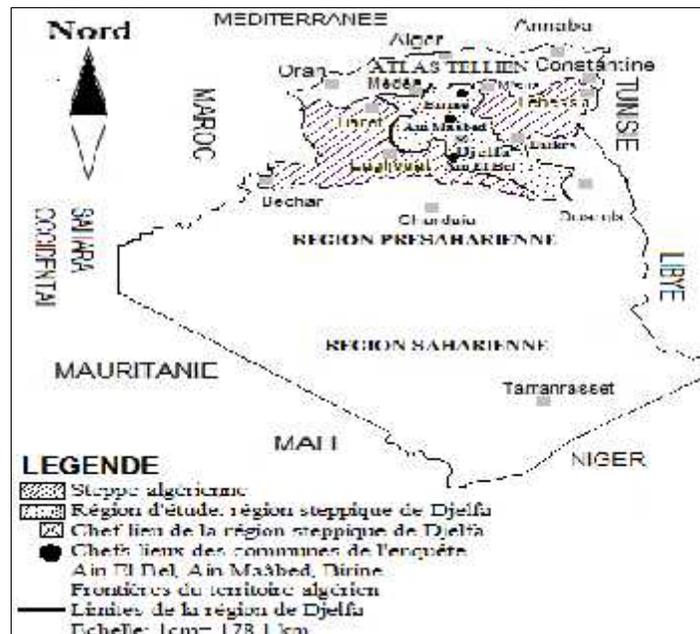


Figure 1.- Steppe de Djelfa et les 3 communes des enquêtes [10]

Oluoch-Kosura (2010) montre que la gestion communautaire de la ressource dans certaines régions africaines a deux grandes faiblesses stratégiques en interaction : l'inadéquation de la construction structurelle, et la différence entre réalité complexe et implantation de la politique [11]. Nombre d'économistes argumentent que les Maasaï commencent de retourner leurs ressources privatisées en de vastes étendues de terrain collectives, leur expérience acquise montre que la privatisation n'est nécessairement pas la meilleure réponse [5, 9].

En ce qui concerne l'interrogation, il faut signaler que dans cette situation du marché de la RFB, complexe et réel, quelles sont les stratégies induites par toutes les parties concernées, qui ont le plus de chance de réussir aux exploitants ? La suite de l'analyse y répond et admet au départ que même si la situation difficile pouvait favoriser la mise en place de certaines réformes politiques, la qualité de leur application est généralement conditionnée de façon importante à l'environnement institutionnel du milieu, et elle n'induit pas nécessairement des changements à ce niveau politico institutionnel plus profond [8,12]. Pour cela, il y a la nécessité d'une coalition de dimension réduite et hétérogène pour porter le changement institutionnel [12]. Ces points fondamentaux pourraient aussi caractériser les régimes locaux des marchés de la RFB des communes de Djelfa. Toutefois, tout cela pourrait seulement conduire à des initiatives économiques contradictoires dans une logique de survie ou de contrôle de la concurrence.

L'objectif de l'étude est d'analyser le contexte concurrentiel plus complexe et en même temps plus proche des réalités des marchés de la ressource collective pour la production du mouton. Elle s'intéresse particulièrement aux institutions, formelles et informelles, qui définissent les conditions d'accès à la RFB, et évalue leur efficacité. Elle montre aussi que la production est fonction de la manière dont les intrants sont utilisés pour faire face à l'augmentation de leurs prix ou à leur raréfaction, pour diminuer les coûts de production à court terme.

1.- Outils et méthode d'analyse

La présente étude se base sur les données des enquêtes effectuées dans 3 communes différentes (Ain El Bel, Ain Maâbed, Birine) de la région de Djelfa de 2009 à 2011 (fig. 1). La totalité de l'univers économique étudié leur correspond, dont la cible est l'exploitation pastorale, qui comprend l'ensemble des activités liées au système pastoral. En 2008, l'ensemble des populations agglomérées et éparses de la totalité de l'univers étaient de 87.999 habitants, avec 12 à 14% d'agriculteurs (Direction de la planification et de l'aménagement du territoire (DPAT) [13].

Les enquêtes portent sur 115 unités d'analyse économique (pasteurs), en moyenne 38 enquêtés par commune. Les deux premières communes ont la particularité d'être situées sur les grandes voies de la transhumance traditionnelle entre les frontières de Béchar en hiver jusqu'aux frontières de Tiaret en été. Elles sont à égales distances des grands marchés ovins de la région (Ain Roumia, Magta Ousset, Djelfa, Messaad). Birine se trouve plus au Nord-est de la région, voisine avec la région de Médéa, et Ain Maâbed possède l'un des six massifs forestiers naturels de Djelfa (forêt naturel de Séhary Guebli). L'étude privilégie le comportement des chefs d'exploitation agricole, mais les caractéristiques socioprofessionnelles

des autres membres de leurs ménages sont recherchées. Elles peuvent effectivement apporter un éclairage sur les pratiques agricoles des pasteurs et donner une meilleure connaissance des décisions économiques des éleveurs face aux difficultés d'accès à la RFB. Les concepts du système d'élevage, d'institution avec les conditions d'accès à la ressource et de la ressource fourragère biologique (déjà défini) sont très employés dans cette étude. Ils sont très importants et fondent le fonctionnement efficace des marchés locaux suivant la réalité de la situation.

2.- Base conceptuelle

Le système d'élevage identifié à l'échelle du troupeau ou d'une partie de ce dernier forme avec celui de culture le système de production. «Le système d'élevage est un ensemble d'éléments en interaction dynamique organisé par l'humain en vue de valoriser des ressources par l'intermédiaire d'animaux domestiques pour en obtenir des productions variées (lait, viande, cuirs et peaux, travail, fumure...) ou pour répondre à d'autres objectifs» [14].

À la veille de la colonisation (1830), le nomadisme prédomina en Algérie [15]. Mais il a été détruit par l'occupant français pour installer ses assises, notamment économiques. Dès 1962, la baisse continue, vu que le pays connaît des contraintes climatiques et des stratégies diverses adoptées dans la reconstitution des troupeaux. En effet, il a eu la longue période de sécheresse des années 1980 [1]. En ce qui concerne les stratégies, il s'agit, par exemple, de la reconversion des nomades dans la transhumance ou de leur sédentarisation et de la modernisation de l'agriculture par l'introduction des nouvelles pratiques d'élevage et activités (vache laitière, volailles, apiculture). Elles apparaissent comme des solutions aux conséquences des variables exogènes (variations saisonnières liées à la sécheresse, aux inondations, gelées, maladies des plantes et du bétail d'élevage) sur l'offre variable des produits agricoles ou d'élevage, et sur l'instabilité de leurs prix [16]. Cela était renforcé aussi par l'évolution économique et juridique de l'activité de production ovine comme suit :

D'abord les parcours ont été la propriété collective des organisations tribales de la région durant des siècles. Mais depuis 1975, elles appartiennent au domaine privé de l'Etat. Toutefois, leur gestion relève des régimes coutumiers [17]. Le renforcement du mouvement de sédentarisation des éleveurs nomades des zones arides et semi-arides est aussi particulièrement employé pour étendre le contrôle étatique sur toute la ressource [16]. Présentement, et en réalité, leur accès est réglementé par l'état ou souvent par des organisations tribales locales ayant leur droit d'usage [16,17].

En tant que principal facteur de production pour l'élevage, la RFB fait l'objet d'une grande demande émanant des pasteurs, ce qui détermine le prix d'équilibre de ce marché ainsi que le volume du produit échangé à ce prix. Dans cette situation, il y a l'accès à la ressource par des pasteurs différents par la taille de leurs exploitations, rendements, coûts d'exploitation, et leur solvabilité. Il y a aussi l'hétérogénéité de la RFB productive du mouton. Elle résulte, de nature différente en quantité et en qualité à travers l'espace et l'année, de sa formation végétale spontanée. C'est-à-dire l'association, notamment de plantes graminées: *Stipa tenacissima* L. et *Legeum spartum* L., de plantes arborescentes: *Artemisia herba-alba* Asso, *thymelaea microphylla* Coss. & Durieu (herbe) et *Pistacia atlantica* L. (arbre). Il s'agit aussi des autres plantes fourragères vertes cultivées (orge, blé tendre, vesce-avoine).

Ces éléments créent pour les participants au marché, les conditions de fonctionnement inégales dans lesquelles les faits de tous les jours, comme la consommation, la production et la formation des prix de la RFB et du bétail se déroulent. Par conséquent, ils constituent les contraintes à son fonctionnement. Néanmoins, tous les exploitants concernés cherchent à produire des biens compétitifs dans leur processus de production, et à parvenir à leurs fins. Ce sont l'offre à court terme de l'intrant, la croissance des activités d'élevage et l'augmentation des revenus, impliquant l'amélioration du bien-être des ménages.

En outre, les conséquences du contexte démographique et climatique posent les conditions de l'offre de la ressource. En 2008, la contribution de l'élevage steppique à l'économie se traduit par les recettes générées par la production de 22 millions de têtes ovines soit 90% de la quantité globale domestique [1]. En 2008, la moyenne nationale du taux de l'accroissement naturel humain atteignait 1,78%, mais celle dans la steppe en est largement au-dessus. Les activités de l'élevage faisaient vivre la grande partie de leurs populations comprise entre 12 et 14% du total [1,18,19].

Tout cela montre la pression des besoins croissants de ses populations, avec des transformations rapides et importantes, notamment dans les stratégies économiques depuis des décennies [16]. Par conséquent, le résultat de chaque opérateur économique sera forcément le fait, à la fois, de son seul raisonnement, et celui de l'ensemble du système pastoral dans lequel il est inséré.

Depuis longtemps, des normes et règles ainsi que des valeurs, définissant l'accès à la RFB, sont fixées et existent dans toutes organisations coutumières de l'ensemble de la steppe. Par-delà l'existence des calamités naturelles et des rapports de force, des formes d'organisation ont réussi à se faire reconnaître comme légitimes sur de longues durées [20].

Avant 1830, c'est dans la steppe qu'on rencontrait les plus grandes favorisées par leurs organisations socioéconomiques sur des espaces homogènes ouverts et dépassaient 20.000 à 30.000 habitants [15, 21]. En 1850, la région de Djelfa comptait évidemment des principales tribus Arabes, dont celle du Mouiaâdat [21]. Les organisations coutumières sont des formations tribales locales ayant les droits d'usage de leurs ressources naturelles collectives. Malgré des nuances dans leurs régimes d'exploitation des ressources, elles présentent entre elles une totale ressemblance, mais se distinguent de celles des institutions publiques. Pour cela, il est choisi l'organisation tribale du Mouiâdat de la commune de Birine.

Dans le deuxième cas, on retient l'HCDS. En 1981, l'HCDS a été créé et la création est faite dans un contexte de pré-ajustement structurel caractérisé par l'évolution politique autocentrée vers celle plus libérale, au moment où les prix des hydrocarbures s'effondrent (chute de plus de 50% en 1986 par rapport à 1979) [16]. L'HCDS est une institution publique à caractère administratif et à vocation technique.

Il intervient dans 440 communes réparties à travers 24 wilayas dont 8 sont steppiques (Djelfa, Laghouat, M'Sila, Biskra, Khenchela, Tébessa, El Bayadh, et Naama), 14 wilayas agropastorales (Tlemcen, Sidi Bel Abbes, Saida, Tiaret, Mascara, Tessemsilt, Médéa, Bouira, Borj Bou-Arréj, Batna, Setif, Oum El Bouagui, Souk Ahras), et puis 3 wilayas présahariennes,

Béchar, Ghardaïa, et El oued [1]. Sa mission principale est de renforcer l'appui aux pasteurs dans les régions steppiques et pastorales, et de coordonner les projets sur ces régions ou d'appliquer la politique nationale dans le cadre du développement intégré des zones steppiques et pastorales [1].

Elle concerne particulièrement les autres décisions prises de cette période jusqu'à maintenant. Il s'agit de l'élaboration des règlements dans les domaines du pastoralisme et de la gestion des ressources; de la promotion de l'élevage par la mise en place d'infrastructures (notamment hydraulique pastorale), et un certain nombre d'actions de restauration des zones pastorales (plantations d'arbustes fourragers, re-semis, mise en défens ou pacage différé, mise en place de projets référentiels, encadrement et organisation des milieux pastoraux et agropastoraux et mise en place d'infrastructures. Il est question aussi de la compréhension des systèmes pastoraux, de l'évaluation du patrimoine agricole de la steppe et de la promotion des actions de prévention et de lutte contre les calamités naturelles. Enfin, l'HCDS doit mettre en œuvre des mesures socio-économiques de vulgarisation, de préservation des ressources et d'amélioration des conditions de travail et de vie dans les milieux pastoraux et agropastoraux [1,16].

Au-delà de la théorie classique voyant une institution comme l'équilibre, l'existence du Mouiaâdat et de l'HCDS rappelle les nombreuses définitions d'institution. Elle est, en sociologie, un fait social total. Pour l'analyse économique, elle est un ensemble de règles de jeu soit formelles en tant que lois et règlements, soit informelles, comme traditions et conventions [22]. Cet ensemble de règles de jeu ainsi que les valeurs se conjuguent comme constructions de régimes économiques, et en parallèle, des structurations sociales adaptées aux communautés et à l'exploitation de leur ressource. Ce sont des pratiques juridiques où s'entremêlent droit traditionnel, droit musulman et droit étatique moderne [17]. Ce sont aussi des "constructions institutionnelles" qui organisent les marchés locaux des biens et services des 3 communes [22].

Pour l'étude, il est retenu pour les besoins de l'analyse le fait évident, qui est la conception des conditions réelles d'accès aux ressources collectives [5]. On se propose donc d'analyser des comportements des institutions et des éleveurs par rapport à la plus importante ressource de production du mouton qui mobilise les trois concepts. Ils sont les variables qui seront mesurées pour construire l'argumentaire empirique. Elles indiquent les attitudes économiques des participants aux marchés, pour obtenir les avantages de court terme liés à la mise en valeur de la RFB. Elles seront donc employées et mesurées à l'aide des moyennes statistiques résumées (pourcentages). Elles seront ensuite interprétées économiquement, comme les résultats de l'étude.

Finalement, c'est la construction institutionnelle imparfaite du marché local de propriété commune qui semble appropriée à l'analyse de son fonctionnement efficient. Toutefois, loin de la théorie néoclassique des droits de propriété, l'analyse s'inscrit dans les nouveaux courants, appelant à la préservation de la propriété commune.

Les points sur lesquels, il convient d'insister, seront de deux ordres. Il s'agit de la nature des participants au marché de la RFB collective. Le deuxième point porte évidemment sur les conditions de la valorisation de la ressource commune par le pasteur.

3.- Résultats

3.1.- Système d'élevage hébergé par les communes et institutions locales de gestion de RFB

Les trois communes hébergent plusieurs systèmes d'élevage, qui sont discriminés par des critères dans le tableau 1. Les logiques des éleveurs sont des systèmes de représentations sociales (ensemble des connaissances, technologies, croyances, opinions partagées par le groupe des pasteurs), et des valeurs qui donnent sens aux pratiques d'élevage.

Tableau I.- Système d'élevage et conditions réelles d'accès à la ressource fourragère biologique collective

Système d'élevage hébergé		
Sédentaire (53,04%)	Transhumant (29,57%)	Nomade (17,39%)
Critères discriminatoires	Type d'usage de la ressource biologique (à l'herbe, amélioré), l'importance relative des cultures et du bétail, et la mobilité des producteurs avec leurs troupeaux, logiques des éleveurs et les valeurs	
Règles de jeu définies par chaque institution		
Institution Informelle : Tribu Mouiâadat	Institution Formelle : Haut commissariat au développement de la steppe (HcDs)	
- Accès à la ressource fourragère biologique (RFB) après approbation du propriétaire	- Contrat de location de 2 mois entre l'HcDs et l'opérateur	
- Accès non gratuit, prix fixé après des négociations entre l'acheteur et le vendeur	- Prix d'accès fixe (aucune négociation)	
- déterminant du prix : surface, qualité de la RFB, durée de persistance et disponibilité de l'eau	- 2000Da/hectare (plantation fourragère) - 1000Da/ha (parcours mis en défens)	
- Acheteur doit respecter les limites de la RFB pour éviter des conflits entre propriétaires voisins	- Accès après le paiement d'un montant	
- Interdiction d'exploiter une source d'eau dans la RFB si elle n'est pas incluse dans le contrat	- Agent économique doit respecter la charge animale déterminée par HcDs	

Dans toutes les communes, exactement, 73.33% des enquêtés appartiennent à des tribus qui disposent de la RFB avec des régimes réels de leur accès. Par exemple, l'agent économique du Mouiâadat se réfère à ces conditions lorsqu'elles lui offrent le plus de chance de réussir économiquement.

Tableau II.- Autres avantages concurrentiels accordés à quelques membres du Mouiâadat

- Priorité d'accès au pasteur appartenant à la même tribu que l'offreur
- Prix réduit constituant une exclusivité au producteur de même tribu
- Augmentation du prix pour le concurrent riche et/ou ayant beaucoup de bêtes
- Réputation de l'acheteur ouvre l'exploitation de la ressource pour l'élevage
- L'appartenance de l'acheteur à une tribu rivale du vendeur empêche l'accès à la ressource même s'il n'en prend pas partie

Toutefois, les régimes tribaux accordent d'autres avantages concurrentiels à quelques membres participant à la concurrence au détriment d'autres, comme l'indique l'exemple du Mouiaâdat (tab. II). Ainsi, 57.57% des pasteurs, qui appartiennent à des tribus possédant la plus importante ressource naturelle dans la production du mouton, préfèrent accéder aux ressources des autres tribus où la compétition est moins déloyale.

Contrairement à la ressource gérée par l'HCDS, il n'y a aucune charge animale limite fixée pour la RFB tribale. Et les prix sont fonction de la durée d'utilisation, de la superficie couverte par le fourrage et de la qualité de la ressource, mais tout est négociable suivant la tradition. On distingue présentement les contrats annuel (6000 et 12000 DA/ha) et saisonnier. Pour ce dernier, les prix varient entre 800 et 5000 DA/ha. Toutefois, dès que l'opérateur économique constate la baisse de productivité de la ressource, il l'abandonne immédiatement pour optimiser son coût de production. C'est le résultat du comportement concurrentiel en fonction de l'homogénéité du produit, du temps de ralliement des points de pâtures et de leur pacage, de l'influence climatique et de la préservation de la ressource. Il se base sur son aptitude à comprendre le cycle biologique de la végétation composant l'intrant naturel exploité, les interactions entre la RFB et le bétail, et les expériences qui guident la stratégie.

4.- Discussion

4.1.- Système d'élevage exploitant la RFB collective

Dans les communes, on a examiné toutes les définitions possibles du pastoralisme. Quels qu'aient pu être les critères discriminatoires adoptés, ils conviendront à certains pasteurs, mais pas à tous en fonction de l'espace et des saisons [23]. Le pastoralisme dépend toujours de la présence de la RFB, de l'eau de source, de forage ou maintenant de citerne portée. Il se base sur le cycle biologique entre espaces complémentaires du point de vue physique, économique, et d'organisation sociale dans un même processus de rotation inégale [23]. Mais les témoignages des exploitants (100%) indiquent que, en raison de la pénurie et de la dégradation de la RFB, la complémentarité à base d'autres aliments du bétail se généralise dans les trois systèmes (orge, blé tendre et leurs sons, maïs ainsi que le foin).

En établissant une comparaison, en 2008, on a compté 4,48% de nomades pour la population totale 1 204 134 habitants de la wilaya de Djelfa [13]. Il est supposé que le résultat élevé obtenu est dû à la ruralité et à la particularité de la totalité de l'univers économique étudié: grandes voies de la transhumance traditionnelle, massif forestier naturel propices pour les éleveurs mobiles et proximité des grands marchés ovins de production.

4.2.- Conditions réelles d'accès à la RFB collectif

Dans les trois communes de l'étude, l'offre et la demande de la RFB sont régulées ou ajustées de manière implicite au niveau communautaire. Leur gestion collective est le résultat de l'interaction des décisions des pasteurs pris individuellement, pourtant "les décisions individuelles peuvent s'inscrire dans un cadre de gestion communautaire ou échapper par le biais du contournement des règles implicites ou explicites" [16]. Ces lois et règlements discriminent des exploitants souvent de même appartenance communautaire, ils sont des

mesures tribales qui entrent imparfaitement dans le cadre d'une économie du marché [24]. Elles sont adoptées dans le but de préserver la ressource et la tradition, mais surtout contrôler la communauté et les avantages économiques. Elles déstabilisent la formation du prix sur le marché de la RFB, elles ne sont plus efficaces et sont nuisibles à l'ensemble du système pastoral.

De nos jours, les expériences de terrain révèlent qu'elles sont rarement partagées dans toutes les communes de l'étude, ce qui rend difficile à l'avenir la gestion collective et durable de l'intrant. Elles indiquent aussi que la majorité des opérateurs économiques (90%) sont favorables à une appropriation individuelle légale de la RFB par les membres de chaque tribu, en raison qu'ils n'ont pas encore acquis l'expérience des Maasāi [5,9]. Cela résulte des activités et des comportements économiques des parties diverses concernées, partiellement basés sur les orientations de la politique agricole du pays. Il s'agit principalement de la loi de 1983, qui ouvre l'accès à la propriété foncière agricole individuelle (APFA) à condition qu'elle soit mise en valeur et celle du 18 août 2010 sur l'accès à la concession foncière agricole (ACFA) à 40 ans renouvelable [25]. Pourtant, la question de l'accès à la RFB en tant que couvert végétal n'englobe pas les mêmes enjeux que l'accès à la RFB en tant qu'espace ou patrimoine foncier.

Ce phénomène touche la RFB tribale, qui était gratuitement accessible quand c'est nécessaire aux pasteurs ayants droit. Présentement, la ressource à faire valoriser dans le pastoralisme résulte d'un minimum de travail de l'exploitant, mais la productivité est soumise aux paramètres physiques et ne nécessite que des apports limités. Ce sont des apports en numéraire, en pratiques agricoles (labour, semis, fertilisation, traitements phytosanitaires ou alimentation pour le bétail, sélection, types de produits vendus, et modalités des migrations des animaux dans les pâturages), en nature (machines agricoles, plantes fourragères et points d'eau).

Ces initiatives économiques, en dehors des mesures incitatives (défiscalisation de la production, subvention des intrants céréaliers, etc.), indiquent le faible développement de la productivité de ce pastoralisme et ne favorisent pas son efficacité économique. Or, les pasteurs "recherchent souvent un rendement annuel de l'ordre de 15 à 20%, qui ne peut être obtenu que par la capture de la ressource" et d'autres richesses naturelles de la région [26]. La recherche du revenu élevé et le phénomène de stockage et de déstockage du bétail donnent une incitation plus forte à frauder, et se traduisant souvent pas la valorisation non durable des ressources [11, 27].

Par ces stratégies économiques, l'objectif du pasteur est de ne pas cesser son activité, d'améliorer sa productivité, et préserver sa RFB d'un autre concurrent, notamment de même importance. Parce que cela n'empêche pas son exploitation par le notable, le gros exploitant, ou le membre d'une famille d'élite.

De grands opérateurs économiques réputés par leur richesse, des élites distinguées par leur formation et leur fonction administrative provoquent l'apparition de classes nouvelles de notables. Ils ont ainsi créé la coalition de dimension réduite et hétérogène, qui est contre la majorité des opérateurs économiques, et qui arrive à maintenir les anciens régimes économiques d'exploitation de la ressource, mais qui sont devenus inefficaces. Les nouvelles

classes de notables sont au cœur de chaque système social steppique. C'est une entité qui concentre à la fois les représentations sociales et les pratiques économiques, politiques et culturelles [20].

Autrefois, leurs membres étaient distingués parmi d'autres par la morale, la sagesse, le respect des traditions, des conventions, et la défense de la communauté et de ses intérêts économiques (réputation des opérateurs économiques). Ils portent tous un grand intérêt particulier à la RFB et révèlent les raisons majeures de déstabilisation de la gestion traditionnelle et même publique et de la dégradation des ressources. Ils fondent leur comportement sur le principe, qui ne résulte plus de la mise en valeur en commun du bien naturel productif du mouton et du contexte dans lequel l'objectif visé est la répartition équitable de la ressource, mais le contrôle de la concurrence.

Les initiatives économiques sont donc induites par les éleveurs et les institutions gestionnaires et vice-versa. Elles sont le résultat de la situation économique incertaine et réelle, de l'intégration accrue aux marchés locaux. Elles comprennent aussi le développement incertain des fourrages biologiques, sans aucun cahier des charges de produit de cette nature, associé à l'élevage et sont souvent reconnues comme l'agropastoralisme. Elles permettent de multiplier les arrangements et les choix des exploitants, qui se familiarisent avec eux, et fondent les logiques précieuses des pasteurs. L'éleveur privilégie ainsi toujours sa propre RFB à la location ou l'achat d'aliment de complémentation pour le bétail. Et il anticipe sur les variations climatiques, qui peuvent diminuer les approvisionnements et sur les perspectives de l'évolution des marchés de l'intrant.

Le pastoralisme se déroule dans un milieu contraignant; l'éleveur a peu de moyens d'exercer une action sur ses données. Il s'agit des paramètres physiques (climat, sol peu profond, système hydrologique, principalement superficiel quasi-inexistant) et biologiques (formation végétale, rythme de croissance, endémisme) [1].

En fait, le triptyque enjeux forts (règle du jeu imparfaite pour l'économie du marché, les paramètres physiques et la pression croissante sur la RFB [dégradée et insuffisante] de statut tribal et public, autant que la compétition aiguë avec des intérêts individuels fondés sur le comportement concurrentiel) interagit avec les initiatives économiques. Parfois, la ressource produite est louée à d'autres exploitants. L'exploitant n'a pas le choix à faire entre l'approvisionnement du bien, l'adaptation au contexte physique et la précarité des règles de jeu (coutumières, modernes) et ses décisions, pour faire face à une offre insuffisante de la ressource naturelle. Le résultat est la dégradation de la ressource sous l'effet de la conduite qui consiste à ne pas sortir des marchés locaux ou à tirer le maximum de profit. Toutefois, Vollan *et al.* (2010) signalent, que peu d'études expérimentales sur les ressources sous des régimes collectifs considèrent leur possible destruction là où elles sont surexploitées [5,27,28].

Dans le processus incertain et réel de mise en valeur de l'intrant des trois communes de Djelfa, comme dans d'autres parties du monde, le lien social n'est plus apparu prépondérant sur le lien économique [20]. Le marché de la RFB, qui est au cœur des échanges dans les communes a ainsi expérimenté beaucoup de changements drastiques, en raison de l'évolution des opérations diverses dans la production du bétail. Ces évolutions économiques sont aussi les résultats qui donnent aujourd'hui la mesure des capacités des gestionnaires. Ils montrent,

enfin, que les constructions institutionnelles de gestion deviennent inefficaces par rapport aux enjeux forts de valorisation de la ressource. La sécurisation du droit de jouissance commune et individuelle et le contrôle social ne fonctionnent plus correctement dans les trois communes steppiques [29].

Les institutions, qui organisent le marché du bien, ne parviennent pas à maîtriser les évolutions, parce qu'elles sont fragilisées souvent inadaptées ou trop souvent peu réactives, si elles n'en sont pas malléables et complices. En effet, dans le processus de la production du mouton la nature des régimes des droits réels collectifs est soumise au jeu délicat, qui se joue autour du rapport droit coutumier/droit moderne [27,28,29].

On ne pourrait pas dissocier l'évolution des institutions publiques de son contexte social, car elles sont profondément marquées par l'importance des institutions traditionnelles. Les régimes coutumiers basent aussi leurs décisions sur les lois modernes comme une forme d'adaptation. Il en est ainsi du "droit à la tranquillité" [15], qui autorise un étranger à la tribu à exploiter une partie de la RFB à titre exceptionnel pendant une campagne agricole. C'est aussi le cas lorsqu'il y a sous location de l'intrant public ou des mises en défens illégales par des pasteurs et des régimes coutumiers.

Auparavant, le contrat annuel était exclusivement accordé à l'exploitant sédentaire. Il favorise le développement aléatoire de la RFB par le contractant, tel que décrit précédemment. Mais actuellement, les nomades et les transhumants ont aussi tendance à le privilégier, en raison de ses avantages concurrentiels. Il s'agit de la rareté de l'intrant, de la sécurisation de l'approvisionnement, du temps de ralliement et d'exploitation de la RFB. Il est question également de la variation saisonnière, de l'intégration importante au marché et des frais provoqués par un trop grand nombre de contrats et de déplacements du bétail et du pasteur.

Le nomade, au cours de sa mobilité productive pour rationaliser la ressource, revient faire prélever la RFB par ses animaux la deuxième fois, avant la fin de l'été. Le transhumant fait pacager son bétail pendant l'automne et le printemps, migre vers le sud durant l'hiver, et enfin, retourne faire paître encore le troupeau jusqu'à la fin d'été. En une année, les coûts de production attribuables aux déplacements saisonniers dans quatre régions complémentaires sont triplement supérieurs à ceux permis par la location de la ressource en contrat annuel.

Par ailleurs, on pouvait penser *a priori* qu'utiliser l'orge, qui est en moyenne 2.900 DA le quintal pour l'éleveur (l'équivalent du contrat annuel de 12.000 DA/ha, soit 4,14 quintaux d'orge/ha), reviendrait moins coûteux pour le producteur. D'autant que l'orge a toujours été largement cultivée, en raison de sa résistance à la sécheresse et de son adaptation aux endroits où le blé ne se développe pas bien. Elle était la plus consommée parmi les céréales par les animaux de la région, à cause de la diminution de l'activité végétative naturelle, de l'exploitation excessive de la RFB et de l'augmentation du prix des autres aliments complémentaires.

Comme tout responsable d'entreprise, le pasteur recherche la situation d'équilibre dans son activité. Il vise à optimiser ses profits à court terme et tient compte des caractéristiques de l'ensemble de ses intrants dans la production du bétail et de la manière de les mettre en œuvre à faible coût [30]. Ce sont le savoir, la technologie, les ressources naturelles, les moyens

physiques et la main-d'œuvre, pour produire la RFB.

A partir de cela, le producteur prévoit l'accroissement du prix de l'intrant et détermine comment et quand il peut remplacer un intrant par un autre et atteindre le niveau de productivité optimale. Il détermine aussi dans quelle mesure il est possible de réduire le coût de la location des pâturages en le consacrant à la production supplémentaire du fourrage. Mais cela doit être accompli à moindre coût de manière que le coût total des RFB utilisées dans la production du mouton soit inférieur à celui des autres intrants, par exemple, l'orge. Autrement dit, le coût de revient moyen du mouton produit par l'utilisation des autres ressources alimentaires est supérieur à celui de l'animal identique élevé avec les RFB du contrat annuel.

A court terme, l'éleveur s'appuie alors sur deux approches associées : augmenter le volume de la production en changeant le volume de la RFB sur les parcelles et passer d'un itinéraire technique agricole sophistiqué à un autre à moindre coût. De ce fait, le total de toutes les dépenses en orge utilisé dans la production d'un mouton type serait supérieur au total de toutes les dépenses en RFB du contrat annuel incorporé dans la production du même élément.

Au niveau du système pastoral des communes, la maîtrise des intrants est donc un enjeu de compétitivité. Lorsque l'exploitant modifie son niveau de production à court terme, les coûts variables dépendent de la quantité produite, la conséquence directe pour lui est l'accroissement de l'efficacité et une réduction des coûts. Ainsi, lorsque la quantité de production de la RFB varie, le niveau et la performance des coûts de l'exploitation sont directement reliés à deux paramètres. Il s'agit de caractéristiques de la production du mouton en fonction de l'emploi des ressources, ainsi que les prix d'achat des intrants [30].

La maîtrise des intrants est aussi l'enjeu organisationnel et environnemental, pour les opérateurs économiques, et surtout ceux défavorisés par les conditions imparfaites des marchés locaux. L'option pour la location annuelle et la mobilité du troupeau basée sur le même processus de rotation inégale sont le résultat de l'organisation de la production du mouton. L'état physique du milieu oblige le producteur à entreprendre une série de transformations significatives. L'aboutissement est d'atteindre les objectifs économiques et favoriser la conservation de l'écosystème steppique, comme une réponse aux variations climatiques saisonnières qui affectent le pastoralisme [16]. Et dans la conception du développement agricole appuyée sur le modèle écologique, des exemples de climat-smart agriculture (intelligente) et d'agriculture biologique, font de la maîtrise des intrants une contrainte très forte [2].

Conclusion

Dans le contexte similaire et dans les mêmes conditions d'exploitation agricole, les organisations locales de gestion des ressources communes sont soumises à des enjeux forts et la RFB subit les mêmes effets.

A l'avenir, la situation nécessite des actions plus claires en fonction des caractéristiques techniques, économiques, sociales, et environnementales liées à la production de la RFB et du mouton. Cela est pour répertorier les différentes pratiques, notamment faire des analyses sur leur potentiel de développement. Cela est aussi pour améliorer le

fonctionnement des marchés locaux des ressources naturelles communes dans l'intérêt de toutes les parties concernées. Il doit enfin aboutir au maintien de la RFB collective productive du mouton sur des milieux contraignants peu enclins à d'autres pratiques agricoles. Le défi est celui de servir d'exemple dans l'utilisation d'autres ressources naturelles collectives, comme les terres et l'espace pastoraux, l'eau, la faune sauvage, et les plantes médicinales, voire dans d'autres régions algériennes.

Références bibliographiques

- [1].- HCDS, 2012.- Monographie 2007/2008/2009 de la commune de Birine. La création de l'HCDS et sa mission principale. HCDS, Djelfa. www.hcds.dz/modules.
- [2].- FAO, 2010.- Climate-Smart Agriculture: Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation. FAO, Rome, 41 p.
- [3].- Mazoyer M. Aubineau M. Bermound A. Bertran N. Bougler J. et Roger-Estrade J., 2003.- Larousse agricole. Ed. Larousse, Paris, 2837 p.
- [4].- Ostrom E., 1990.- Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action. Ed. CUP, Cambridge, 17-404.
- [5].- Vollan B. Prediger S. and Frölich M., 2010.- The influence of collective property rights on grazing management in a semi-arid region, *AFJARE*, 5 (2) : 372-401.
- [6].- Migot-Adholla Smith RE. Place F. and Oluoch-Kosura W., 1994.- Security of tenure and land Productivity in Kenya. Bruce, JW & Migot-Adholla, SE, Searching for Land Tenure Security in Africa, Ed. Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa: 40-119.
- [7].- Besley T., 1995.- Property rights and investment incentives: Theory and evidence from Ghana, *JPE*, 103(5): 37-903.
- [8].- Brasselle AS. Gaspart F. and Platteau J. P., 2002.- Land tenure security and investment Incentives: Puzzling evidence from Burkina Faso. *JDE*, 67(2): 374-418.
- [9].- Mwangi E., 2007.- Subdividing the commons: Distributional conflict in the transition from collective to individual property rights in Kenya's Maasailand. *World Development*, 35 (5), 34-815.
- [10].- Atchemdi K. A., 2008.- Impact des variations climatiques sur le prix des moutons sur le marché de gros de Djelfa (Algérie), *Cahiers Agricultures*, 17(1): 29-37.
- [11].- Oluoch-Kosura W., 2010.- Institutional innovations for smallholder farmers' competitiveness in Africa. *AfJARE*, 5 (1): 227-242.
- [12].- Tommasi M., 2003.- Crisis, Political Institutions, and Policy, Reform: The Good, the Bad, and the Ugly. *CAIR*, 17: 8-49.

- [13].- DPAT, 2009.- Caractéristiques des populations des communes de la wilaya de Djelfa. DPAT, Djelfa, 74 p.
- [14].- Cochet H. et Devienne S., 2006.- Fonctionnement et performances économiques des systèmes de production agricole: une démarche à l'échelle régionale. Cahiers Agricultures, 15 (6) 583-578.
- [15].- Bouchemal S., 2004.- Pratiques communautaires et rapports à l'espace en Algérie. Espaces et Sociétés. Ed. Colloque international «Espaces et Sociétés aujourd'hui», Espaces et Sociétés, Rennes, 9 p.
- [16].- Alary V., 2004.- Les obstacles aux transferts technologiques dans les petites et moyennes exploitations agricoles des zones arides et semi arides du Maghreb. Discussion sur les conditions d'amélioration de la productivité en Algérie, Maroc et Tunisie. CIRAD/ICARDA Tunis, 234 p.
- [17].- Bedrani S., 1996.- Foncier et gestion des ressources naturelles en Afrique du Nord. Cas de l'Algérie. Ed. Le foncier et la gestion des ressources naturelles dans les zones arides et semi-arides d'Afrique du Nord, IOSS, 2: 3-32.
- [18].- ANAT, 2009.- Prospective territoriale pour un développement durable et intègre de la wilaya de Djelfa. Agence Nationale d'Aménagement du Territoire (ANAT), Djelfa, 150 p.
- [19].- ONS, 2008.- Quelques indicateurs socio-économiques de 2000 à 2008. ONS, Alger. www.ons.dz
- [20].- Palu P., 1992.- Rapports entre organisation sociale et écosystème dans la société pastorale souletine. Soci contemp, 11(1): 239-264.
- [21].- DjelfaInfo, 2012.- Tribus de l'Algérie 1850. Les principales tribus de l'Algérie : Récapitulation pour la subdivision de Médéa , DjelfaInfo, Djelfa. www.dejlfainfo.org
- [22].- Tordjman H., 2004.- How to Study Markets? An Institutionalist Point of View. REI, 107(1): 19-36.
- [23].- Krätli S., 2010.- Réflexion sur le pastoralisme et sa viabilité. AGRIPADE, 26: 6-8.
- [24].- Barghouti S. Cromwell E. and Pritchard A. J., 1993.- Agricultural Technologies for Market-Led. Development Opportunities in the 1990s, World Bank, Washington, 167 p.
- [25].- Journal O., 2010.- Loi n° 10-03 du 5 Ramadhan 1431 correspondant au 15 août 2010 fixant les conditions de conversion du droit de jouissance perpétuelle en droit de concession. JO du 29 août 2010 correspondant au 19 Moharrem 1431. Les Vergers, 49: 3-21.
- [26].- Merlet M., 2010.- 'Les grands enjeux de l'évolution du foncier agricole et forestier

dans le monde. Des réponses globales sont nécessaires''. *Etudes foncières*, 143: 42-17.

- [27].- Walker J. M. et Gardner R., 1992.- Probabilistic destruction of common pool resources: Experimental evidence. *The Eco Jour*, 102 (414): 1149-1161.
- [28].- Neil J. Buckley N. J. Mestelman S. Muller R. A. Schott S. Zhang J., 2010.- Effort Provision and Communication in Teams Competing over the Commons. working-papers/2010-07. Department of Economics, McMaster University, Hamilton, Ontario, 56 p.
- [29].- Cox J. C. Ostrom E. Walker J. M. Castillo A. J. Coleman E. Holahan R. Schoon M. and Steed B., 2009.- Trust in Private and Common Property Experiments. *SEJ*, 75 (4): 957-975.
- [30].- Zugarramurdi A. et Parin M. A., 1999.- *Ingénierie Économique Appliquée aux Industries de la Pêche*. FAO document technique sur les pêches 351, FAO, Rome, 36 p.

SITUATION SANITAIRE MAMMAIRE ET PERTES QUANTITATIVES LAITIÈRES GÉNÉRÉES PAR LES ÉLEVATIONS CELLULAIRES DANS DES ÉLEVAGES BOVINS HORS SOL EN TUNISIE

M'SADAK Youssef*, MIGHRI Leila et KRAIEM Khemais
Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem- CP 4042, Université de Sousse, Tunisie
E-mail: msadak.youssef@yahoo.fr

Résumé.- L'objectif de ce travail consiste à étudier les variations des taux cellulaires de troupeau (TCT) et à estimer les pertes quantitatives en lait liées à leurs élévations à l'aide d'un modèle de troupeau établi par le SNGTV. L'étude a été accomplie sur un échantillon de 40 élevages bovins de type hors sol dans la région de Monastir (Tunisie semi-aride) durant 8 mois (de Septembre 2009 jusqu'à Avril 2010). Le diagnostic sanitaire mammaire a été réalisé par la méthode de numération cellulaire directe sur lait de mélange du troupeau. Il ressort notamment que 85% des élevages ont des moyennes arithmétiques (MA) des TCT >200 000 cell. /ml et 75% des élevages ont des moyennes géométriques (MG) des TCT >200 000 cell. /ml. La MA des TCT est de 771 000 cell. /ml alors que la MG des TCT est plus faible (385 000 cell. /ml) et proche de la valeur médiane des TCT (373 000 cell. /ml). Il est observé que les élevages jeunes, dont plus que 50% des vaches sont primipares, sont moins affectés par les mammites et leurs TCT sont plus faibles. De même, les MA et MG des TCT sont plus élevées pendant la saison automnale. Les pertes quantitatives en lait consécutives à des taux cellulaires élevés étaient importantes. Les baisses laitières moyennes relatives à la production théorique, estimées à partir des TCT, ont été évaluées à 382 l/VP/an, soit 3440 l/troupeau/an.

Mots clés: Élevage bovin hors sol, taux cellulaire de troupeau, variables d'évolution, santé mammaire et pertes quantitatives en lait.

BREAST HEALTH SITUATION AND MILK QUANTITATIVE LOSSES GENERATED BY CELLULAR INCREASES IN ABOVE GROUND CATTLE FARMS IN TUNISIA

Abstract.- The objective of this work is to study herd cellular levels variations (TCT) and estimate quantitative losses of milk related to their elevations using a herd model established by SNGTV. The study was performed on a sample of 40 cattle farms, above ground, in the region of Monastir (Tunisia semi-arid) during 8 months (from September 2009 to April 2010). Breast health diagnosis was made by the direct cell count method of flock's mixed milk. It appears that 85 % of farms were arithmetic averages (MA) TCT > 200 000 cell. /ml and 75 % of farms have geometric averages (GM) of TST > 200 000 cell. /ml. The MA of TST is 771 000 cell. /ml while the MG TST is lower (385 000 cell. /ml) and close to the median value of TCT (373 000 cell. /ml). It was found that young farms, where more than 50 % of primiparous cows are less affected by mastitis and their TCT are lower. It was also recorded that the MA and MG of TCT are higher during the autumn season. Quantitative losses of milk resulting from high cellular levels were significant. Average milk decreases related to the theoretical production, estimated from TCT, were evaluated at 382 l/VP / year, also it means 3440 l / herd / year.

Key words: Aboveground cattle breeding, herd cell count, evolution variables, breast health and quantitative losses in milk.

Introduction

En Tunisie, le secteur laitier a une grande importance dans l'économie agricole. En 1999, ce secteur a participé à raison de 8,9% dans la valeur du produit agricole brut. La production laitière, de la même année, était de 817 000 tonnes, ce qui a permis de recouvrir totalement les besoins du consommateur, tout en dégageant un léger excédent [1]. Il est temps actuellement de se pencher davantage sur la productivité des bovins laitiers et la qualité du lait produit. Inopportunistement, les mammites restent au début de ce XXIème siècle un des fléaux majeurs de l'élevage laitier. Elles constituent une pathologie majeure de l'élevage laitier aussi bien par leur fréquence que par les pertes qu'elles entraînent [2]. Ces maladies, d'origine multifactorielle, constituent la préoccupation capitale dans les troupeaux laitiers. Leur maîtrise, souvent complexe, peut devenir déroutante pour les éleveurs. [3]. D'un point de vue économique, la mammité représente un des postes de dépenses les plus importants pour les éleveurs bovins laitiers [4]. Les pertes économiques générées correspondent au coût du traitement, aux réformes de vaches incurables et aux pertes de production laitière [5].

Les mammites en élevage bovin laitier sont la principale cause, loin devant la reproduction, de pertes économiques [6]. En Angleterre, les mammites représentent 38 % du coût de l'ensemble des pathologies en élevage laitier [7]. Dans le contexte Tunisien, les infections mammaires représentent 20 % des pathologies rencontrées chez la vache laitière [8]. Plus récemment, on a estimé que 30 % des vaches laitières sont réformées à cause des mammites [9]. De part l'impact des mammites sur la santé animale, la santé humaine peut se trouver risquée par la présence d'agents pathogènes et/ou des toxines dans le lait ainsi que les résidus d'antibiotiques résultant du traitement des mammites [10].

Les concentrations cellulaires du lait sont des indicateurs de l'état sanitaire du troupeau, de la vache ou du quartier [11]. En effet, les cellules somatiques du lait sont essentiellement constituées de leucocytes dont le nombre augmente considérablement en cas d'infection de la mamelle [12]. Parmi les méthodes de diagnostic de l'état sanitaire de la mamelle, la numération des cellules somatiques du lait constitue le test de référence pour évaluer l'état inflammatoire d'un quartier, de l'animal ou de troupeau [13]. La Concentration Cellulaire Somatique (CCS) du lait de tank est un indicateur précieux de l'état sanitaire du troupeau [11; 14]. Elle traduit essentiellement l'importance des mammites subcliniques et donne une indication sur le pourcentage moyen des quartiers infectés (CNERMA : Centre National d'Etudes et de Recommandations sur la Nutrition et l'Alimentation, cité par POUTREL [10]), ainsi que sur la perte laitière qui en résulte [14]. Ainsi, une CCS de 200 000 cell. /ml correspond à environ 5% de quartiers infectés par un pathogène majeur, une CCS de 400 000 cell. /ml à 10% de quartiers infectés, enfin, 800 000 cell. /ml correspond à 20% de quartiers infectés [14].

Le présent travail se propose notamment d'étudier la situation sanitaire mammaire d'un certain nombre de petits troupeaux bovins menés en hors sol, à partir des taux cellulaires de troupeau périodiques, tout en estimant le niveau et la gravité moyenne des infections de la glande mammaire des élevages considérés et d'estimer les pertes quantitatives en lait consécutives aux élévations des taux cellulaires.

L'objectif final recherché étant particulièrement la contribution préliminaire à l'élaboration d'un système de paiement du lait à la qualité à instaurer ultérieurement pour les éleveurs bovins laitiers en Tunisie.

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Contexte général de l'étude

Cette étude a été réalisée sur 40 élevages bovins laitiers hors sol, totalisant 364 vaches présentes (VP) dont 317 vaches en lactation (VL) de race Frisonne Holstein, inscrits au contrôle laitier dans la région de Monastir, zone semi-aride (pluviométrie annuelle généralement inférieure à 350 mm) relevant du Sahel Tunisien, durant une période de 8 mois étalée de Septembre 2009 à Avril 2010. Ces élevages sont sauvegardés, dans la majorité des cas, en zéro pâturage avec une alimentation à base, principalement, de foin d'avoine et du concentré, d'où, l'appellation élevage bovin laitier hors sol. Ils sont soumis à la traite biquotidienne mécanisée en pot. Le nombre des vaches par troupeau varie entre 2 et 21 VL avec une moyenne de 8 VL, alors qu'il est compris entre 2 et 29 VP avec une moyenne de 9VP. La production laitière journalière relevée par troupeau varie entre 25 et 280 l/j, elle est en moyenne de 136 l/j.

1.2.- Collecte des données cellulaires

Les échantillons du lait de mélange ont été prélevés mensuellement à la fin du chantier de traite de chaque troupeau (lait de mélange), tout en ayant recours à une agitation du lait collecté avant le prélèvement. Les analyses des échantillons du lait ont été accomplies au sein du laboratoire du Service de Contrôle Laitier du Centre d'Amélioration Génétique de Sidi Thabet, à l'aide d'un compteur cellulaire de type Fossomatic 4000 donnant surtout des résultats d'analyse des taux de matière grasse (MG), de matière protéique (MP) et des cellules somatiques (CS). La technique de numération cellulaire correspondante repose sur une méthode fluoro-optoélectrique, autrement dit, la numération par microscope en épifluorescence des cellules somatiques après coloration des noyaux. Après un chauffage préalable et une coloration des noyaux cellulaires au bromure d'éthidium, les cellules sont séparées de manière dynamique et exposées à un rayonnement spécifique du colorant. Chaque noyau excité par un faisceau lumineux renvoie une lumière rouge qui est captée par le microscope et transformée en signal électrique, alors traduit en termes de concentration cellulaire [15].

1.3.- Étude des taux cellulaires de troupeau

Les taux cellulaires de troupeau (TCT) ont été exprimés par les moyennes arithmétiques (MA) et géométriques (MG), dont les formules utilisées sont :

$$MA = \frac{\sum_1^n NCS}{n} \quad (1)$$

$$\text{et } MG = \sqrt[n]{NCS_1 \times NCS_2 \times \dots \times NCS_n} \quad [16] \quad (2)$$

NCS: Numération Cellulaire Somatique dans le lait

n: Nombre des échantillons de lait

Par ailleurs, les quartiles (Q1, Q2 et Q3) et l'écart interquartile (Q3-Q1) des valeurs des TCT ont été déterminés pour mieux apprécier la répartition des données cellulaires au sein de l'échantillon étudié.

Les TCT ont été analysés de façon descriptive en vue d'évaluer surtout leurs

évolutions mensuelle et saisonnière ainsi que leur distribution selon la taille du troupeau et la part des primipares au sein du troupeau.

1.4.- Estimation des pertes en lait liées aux taux cellulaires élevés

Les pertes quantitatives en lait induites suite aux taux cellulaires élevés ont été estimées à partir du modèle statistique établi par le Syndicat National des Groupements Techniques Vétérinaires (SNGTV) Français.

$$P(\%) = [TCT - 200\ 000 / 100\ 000] \times 0,02 \quad [17] \quad (3)$$

P : Pertes quantitatives en lait,

TCT : Taux Cellulaire du Troupeau (cell. /ml)

Cette formule signifiant qu'il y a perte en lait de 2% par tranche de 100 000 cellules au-delà de 200 000 cell. /ml de lait.

1.5.- Analyses statistiques

Dans le but de récapituler quantitativement les informations recueillies, les résultats concernant les numérations cellulaires ont été traités par le logiciel SAS (2000) selon des analyses statistiques descriptives. On a ainsi calculé, entre autres, des moyennes, des écarts-types et des fréquences.

2.- Résultats et discussion

2.1.- Analyse des variations des taux cellulaires de troupeau

L'analyse d'une série des taux cellulaires de troupeau (TCT) et de son évolution au cours du temps est toujours plus profitable pour l'appréciation de la situation sanitaire mammaire. La base de cette étude était un suivi qui a concerné 40 troupeaux de vaches laitières correspondant à 185 valeurs de TCT, ce qui revient à des problèmes dans la réalisation de l'échantillonnage, la conservation et l'analyse cellulaire du lait. A cet égard, nous sommes convaincus que cette étude ne présente qu'une première approche de la description des valeurs cellulaires collectives dans le lait.

2.1.1.- Distribution générale des taux cellulaires de troupeau

La moyenne arithmétique (MA) des TCT enregistrée a été de $771\ 000 \pm 967\ 000$ cell. /ml, tous numéros et stades de lactation confondus. Cette valeur apparaît plus élevée en comparaison avec celles trouvées par MTAALLAH [18] et M'SADAK [19]. La moyenne géométrique (MG) des TCT est 385 000 cell. /ml.

Plus que 66 % des élevages suivis (tab. I) ont montré un TCT >200 000 cell. /ml. Ces élevages sont présumés de l'existence des mammites subcliniques à cliniques au sein des troupeaux selon les interprétations relatives par WATTIAUX [20]. Le tableau II dévoile que les troupeaux ayant une MA des TCT $\leq 200\ 000$ cell. /ml présentent 15 % de l'ensemble, alors que le pourcentage des troupeaux ayant une MG des TCT $\leq 200\ 000$ cell. /ml est 25 % des troupeaux.

Tableau I.- Distribution des échantillons du lait collectif selon leurs TCT
(*: Pourcentages des échantillons selon le TCT attribué à chaque échantillon du lait de mélange)

Numération cellulaire (x1000 cell. /ml)	TCT *	
	Nombre	%
< 200	63	34
200-500	42	23
500-1000	34	18
> 1000	46	25

Tableau II.- Distribution des troupeaux selon leurs TCT moyens
(*: Pourcentages des troupeaux selon les TCT moyens calculés par troupeau par recours aux deux moyennes considérées MA et MG.)

Numération cellulaire (x1000 cell. /ml)	TCT *			
	Selon MA		Selon MG	
	Nombre	%	Nombre	%
≤200	6	15	10	25
200-500	12	30	13	32
500-1000	10	25	11	28
> 1000	12	30	6	15

Le diagramme des quartiles est utilisé pour mieux apprécier la distribution des valeurs des échantillons du lait collectif et les valeurs des TCT au sein de l'échantillon étudié.

Tableau III.- Détermination du diagramme des quartiles de la distribution des TCT
(*: Calcul fait sur la moyenne arithmétique des TCT par troupeau,
**: Calcul fait sur les TCT attribués aux échantillons du lait de mélange)

Variables	TCT (x1000 cell. /ml)	
	MA TCT *	TCT**
Q1 (Premier quartile)	295	156
Q2 (Médiane)	642	373
Q3 (Troisième quartile)	1 147	987
Q3-Q1 (Ecart interquartile)	852	831

On a trouvé que 25 % des échantillons ont un TCT < 156 000 cell. /ml, que 50 % des échantillons ont un TCT < 373 000 cell. /ml et que 75 % des échantillons ont un TCT < 987 000 cell. /ml (Tab. III). La valeur médiane des TCT trouvée (373 000 cell. /ml) est proche de la MG des TCT (385 000 cell. /ml) et éloignée de la MA des TCT (771 000 cell. /ml), ce qui confirme l'utilité de l'utilisation de la MG dans la distribution des TCT.

Pour la collecte du lait de mélange, la réglementation actuelle en France utilise la MG des résultats périodiques relevés sur 6 mois. Elle impose une valeur inférieure à 400 000 cell. /ml [21]. En effet, on a observé que 55 % des élevages ont une MG des TCT des résultats des 8 mois inférieure à 400 000 cell. /ml.

La numération cellulaire du lait de mélange ne donne qu'une indication globale de l'état sanitaire de tout le troupeau. En effet, deux troupeaux qui présentent des numérations cellulaires collectives identiques peuvent cependant avoir des situations différentes sur le plan sanitaire mammaire. En outre, l'interprétation du TCT doit être modulée par les différents détours qui peuvent affecter sa valeur. En effet, la collecte du lait des vaches reconnues comme infectées par l'éleveur ou en cours de traitement est retirée du circuit de collecte [4]. Le risque de sous-estimer la valeur cellulaire collective du lait est donc réel. Néanmoins, l'interprétation d'une telle valeur permet d'apprécier le pourcentage de quartiers infectés.

2.1.2.- Variation des taux cellulaires de troupeau selon la taille du troupeau

Les TCT sont plus faibles chez les troupeaux ayant un effectif des vaches ≤ 5 VP et plus élevés chez les troupeaux ayant un effectif des vaches >10 VP (tab. IV). Cette différence peut s'expliquer par le fait que la taille du troupeau a une influence sur la maîtrise des conditions d'hygiène dans l'élevage. Avec un nombre élevé des vaches, la prévention contre les infections, surtout les infections mammaires, devient plus difficile.

Tableau IV.- Variation des TCT en fonction de la taille du troupeau
(*: Moyenne arithmétique des TCT moyens de troupeau,
**: Moyenne géométrique des TCT moyens de troupeau)

VP	Nombre Troupeaux	TCT (x1000 cell. /ml)	
		MA TCT*	MG TCT**
≤ 5 VP	7	432 \pm 270	204
De 6 à 10 VP	16	832 \pm 562	455
> 10 VP	17	892 \pm 654	474

2.1.3.- Variation des taux cellulaires de troupeau selon la part des primipares

Les CCS peuvent varier en fonction du numéro de lactation. L'augmentation de la CCS du lait avec l'âge est liée à l'augmentation du nombre d'infections au cours des lactations successives et en aucun cas au seul phénomène de l'âge [22]. L'effet du numéro de lactation varie, de plus, en fonction du stade de lactation. DELUYKER [23] et SCHEPERS [24] ramènent un effet significatif d'interaction entre numéro et stade de lactation. En début de lactation, la CCS du lait des quartiers des vaches primipares est plus élevée que celle des vaches multipares. L'augmentation de la CCS observée en fin de lactation, est nettement plus prononcée pour les quartiers des vaches multipares [25]. L'origine du niveau élevé de la CCS observée au début de lactation chez les primipares serait liée à la mise en place de la lactation : chez les vaches primipares, les cellules sont diluées dans un faible volume de lait à cause de la faible production laitière [25].

Dans le cas étudié, les MA des TCT et les MG des TCT sont plus faibles chez les troupeaux ayant plus que 50 % des vaches primipares et sont plus élevées chez les élevages composés des vaches multipares seulement (tab. V). Ce résultat a confirmé celui rapporté par SERIEYS [26], à propos de l'étude de l'influence de l'âge moyen des vaches dans un troupeau sur les TCT, qui a montré que les élevages jeunes sont moins touchés par les mammites dans les conditions normales d'élevage.

Tableau V.- Variation des TCT selon l'importance des primipares dans le troupeau
 (*: Moyenne arithmétique des TCT moyens de troupeau,
 **: Moyenne géométrique des TCT moyen de troupeau)

% Primipares	Nombre Troupeaux	TCT (x1000 cell. /ml)	
		MA TCT*	MG TCT**
0%	9	900 ± 587	459
0-25%	11	726 ± 745	401
25- 50%	13	837 ± 448	452
> 50%	7	718 ± 431	357

2.1.4.- Variations mensuelle et saisonnière des taux cellulaires de troupeau

Il existe généralement des variations de la CCS en fonction du mois de prélèvement du lait. Les résultats sont cependant contradictoires. Les valeurs de concentration sont plus élevées en été [27], et en hiver pour KENNEDY [28]. EMANUELSON et PERSON [29] ne rapportent aucune tendance saisonnière. L'incidence de la saison ne doit pas être vue comme une cause primordiale d'élévation de la CCS [30].

Dans les conditions d'étude, la distribution des TCT a montré des variations mensuelles et saisonnières. On remarque que les MA et MG des TCT sont plus élevées dans la saison automnale et plus faibles dans la saison printanière (tab. VI). La saison automnale se caractérise par une humidité élevée avec une élévation de la température, ce climat chaud et humide favorise la transmission des germes et peut être responsable des mammites d'environnement.

Tableau VI.- Variations mensuelle et saisonnière des TCT moyens (x1000 cell. /ml) [* : MA TCT (Moyenne Arithmétique des Taux Cellulaires de Troupeau, calculée sur l'ensemble de 40 troupeaux), ** : MG TCT : Moyenne Géométrique des Taux Cellulaires de Troupeau, calculée sur l'ensemble de 40 troupeaux]

	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
MA TCT*	1011±1152	959±1087	482±383	466±416	899±1065	1021±1336	598±776	611±763
MG CT**	540	489	322	311	420	503	321	267
	Saison automnale			Saison hivernale			Saison printanière	
MA TCT	817±238			796±238			604±7	
MG TCT	440			403			293	

En général, La saison est corrélée au stade de lactation. Plusieurs auteurs [30 ; 31 ; 32 ; 25] ont observé une augmentation des comptages cellulaires au cours de l'été et en début d'automne, quelle que soit la période de vêlage et un minimum entre la fin de l'hiver et le début du printemps. Il existe également des variations quotidiennes : les prélèvements effectués le matin ont de CCS plus faibles que ceux réalisés le soir [33]. Une des causes pourrait être l'intervalle entre les deux traites plus important pour la traite du matin, la production de lait étant alors plus importante les CCS seraient plus faibles par dilution. Ainsi, la quantité journalière de lait produite, pourrait contribuer par dilution, à l'ajustement des concentrations cellulaires autour du niveau moyen au cours de la lactation [34].

2.2.- Estimation des pertes quantitatives en lait conséquentes à des TCT élevés

Dans ce travail, le modèle de troupeau SNGTV a été utilisé pour sa simplicité. Il tient compte de la moyenne arithmétique des TCT [35]. Ce modèle statistique choisi n'a pas été ajusté. En effet, ce modèle a été déterminé et vérifié dans des conditions différentes de celles de la Tunisie. Par conséquent, on aurait dû, au préalable, vérifier et ajuster ce modèle aux conditions tunisiennes avant de l'appliquer. Néanmoins, c'est un travail lourd qui nécessite à lui seul de nombreuses études [18]. C'est pour cela, l'adoption ultérieure d'un modèle adapté à partir du modèle SNGTV paraît plus démonstrative et plus représentative de la situation actuelle des élevages bovins laitiers en milieu semi-aride Tunisien.

Par ailleurs, il faut préciser que pour chaque modèle, les auteurs fixent un seuil de numération cellulaire différent à partir duquel ils supposent qu'il y a perte en lait. Le seuil choisi était de 200 000 cell. /ml, il a été dicté par le modèle SNGTV retenu.

Il apparaît que 34 % des échantillons du lait de mélange n'ont pas révélé des pertes en lait liées à l'élévation des TCT et que 45 % des échantillons du lait de mélange sont concernés par une perte moyenne > 5% de la production laitière théorique du troupeau (tab. VII).

Tableau VII.- Distribution générale des échantillons de lait de mélange selon les pourcentages de pertes générées (*: *Nombre et pourcentage des échantillons selon le % de la perte attribuée au TCT de chaque échantillon du lait de mélange*)

% Pertes	Nombre d'échantillons *	% *
0	63	34
0-5	39	21
5-10	15	8
10-30	43	23
≥ 30	25	14

Entre les trois saisons d'étude, la distribution des élevages selon les pourcentages des pertes est légèrement variable (tab. VIII). En effet, le pourcentage des échantillons du lait de mélange qui n'a pas exprimé des pertes en lait liées à l'élévation des TCT, est faible dans la saison automnale et élevé dans la saison printanière. De plus, le pourcentage des échantillons du lait de mélange ayant une perte > 5 % de la production laitière théorique du troupeau est 52 % dans la saison automnale et 34 % dans la saison printanière.

Cette variation saisonnière des pourcentages des pertes est conforme avec la variation saisonnière des valeurs des TCT durant la période d'étude.

Pour une production moyenne par lactation de 4575 kg lait/vache et une production moyenne journalière par troupeau de 136 l/j, les pertes moyennes de la production laitière théorique estimées à partir des TCT sont 382 l/VP/an, soit 3440 l/troupeau/an. Ce résultat est inférieur à celui trouvé par MTAALLAH [18] qui était de 524 kg/vache/an pour des grands élevages du Nord de la Tunisie, et supérieur à celui trouvé par M'SADAK [36] qui était de 215 kg de lait/vache/an dans des conditions similaires (petits troupeaux bovins hors

sol, zone côtière semi-aride, ...).

Tableau VIII.- Distribution saisonnière des échantillons du lait de mélange selon les pourcentages de pertes produites

% Pertes	Saison Automnale		Saison Hivernale		Saison Printanière	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
0	22	28	23	32	18	52
0-5	16	20	18	25	5	14
5-10	9	11	4	6	2	6
10-30	22	28	16	23	5	14
≥30	10	13	10	14	5	14

Conclusion

Cette étude, accomplie dans une région semi-aride de la Tunisie littorale, a permis de dégager un certain nombre de constatations relatives tant à la situation sanitaire mammaire de l'élevage bovin laitier hors sol pratiqué qu'à la méthodologie d'étude à mettre en œuvre ultérieurement. A cet égard, on peut distinguer essentiellement que les taux cellulaires collectifs moyens apparaissent plus élevés avec la méthode basée sur la moyenne arithmétique en comparaison avec celle basée sur la moyenne géométrique. Cette dernière méthode mérite d'être valorisée dans la normalisation future à mettre en œuvre pour le paiement du lait à la qualité, étant donné que la moyenne géométrique permet de ne pas surestimer l'importance d'un comptage cellulaire élevé. Notons également l'intérêt de la détermination du diagramme des quartiles pour mieux apprécier la distribution des valeurs des taux cellulaires au sein de l'échantillon étudié.

Les pertes laitières quantitatives engendrées par des taux cellulaires élevés, estimées à partir des Taux Cellulaires de Troupeau, sont relativement élevées. Environ 45% des troupeaux considérés présentent une baisse de production en lait supérieure à 5% de la production totale du troupeau. Une telle situation mérite une intervention efficace de lutte contre les élévations cellulaires relevées dans le lait et les mammites bovines conséquentes.

Dans l'avenir, il convient de mettre en place un plan de lutte contre les facteurs de risque des mammites subcliniques à l'échelle nationale ayant pour objectif de diminuer la concentration en cellules somatiques du lait au sein des troupeaux. Ce plan devrait faire appel à une démarche selon plusieurs étapes, à savoir : visite d'élevage et analyse préalable des données de santé mammaire (cahier sanitaire et comptages cellulaires du contrôle laitier), visite de traite et visite des bâtiments, analyse de la situation et conseils, suivi périodique.

Remerciements

Les auteurs remercient la Direction Régionale de l'Office d'Elevage et des Pâturages (OEP) de Monastir en Tunisie ainsi que tous les éleveurs bovins laitiers ayant fait partie de cette étude touchant des élevages affiliés au Contrôle Laitier.

Références bibliographiques

- [1].- Nassef N., 2001.- Le secteur de l'élevage du bétail en Tunisie. Revue de l'Agriculture, 45 :25-27.
- [2].- Bouaziz O., 2005.- Contribution à l'étude des infections intramammaires de la vache laitière dans l'Est Algérien. Thèse Doctorat d'Etat, Université Mentouri de Constantine, Faculté des Sciences, Algérie, 296 p.
- [3].- Baudet H., Bossuet I., Coulon R., Fulbert L., Huneau T., Lefevre T., Leiseing E., Pelletier E., Roussel Ph., Thomas B., Tocze C., 2009.- Mammmites, cellules. Tous les conseils pour lutter efficacement. Ed. GIE Élevage des Pays de la Loire, 57 p.
- [4].- Allain M., 2011.- Étude descriptive de l'identification des bactéries du lait dans un élevage à l'aide de la bactériologie, des comptages cellulaires de tank (CCT) et des comptages cellulaires individuels (CCI). Thèse Méd. Vét., ENMV Alfort, France, 122 p.
- [5].- Noireterre P., 2006.- Suivi de comptages cellulaires et d'examen bactériologiques lors de mammmites cliniques chez la vache laitière. Thèse Méd. Vét., ENMV Lyon, France, 98 p.
- [6].- Dumas P.L., Faroult B., Serieys F., 2004.- Assurer le traitement en exploitation laitière: expérience et perspectives de l'action G.T.V. Partenaire. Journées Nationales des GTV, Tours: 71-75.
- [7].- Kossaibati M. A., Esslemont R. J., 1997.- The costs of production diseases in dairy herds in England. Veterinary Journal, 154: 41-51.
- [8].- Aoudi A., 1991.- Contribution à l'étude des paramètres zootechniques dans les grands élevages bovins du gouvernorat de Béja. Thèse Méd. Vét., ENMV Sidi Thabet, Tunisie, 100 p.
- [9].- Ben Dhiab H., 2001.- Etude des mammmites dans les petits élevages bovins de la région de Monastir, PFE INA Tunis, Tunisie : 54-75.
- [10].- Poutrel B., 1986.- L'amélioration de la qualité du lait par la lutte contre les mammmites bovines. Médecine et Nutrition, 22 : 318-324.
- [11].- Poutrel B., 1985. Généralités sur les mammmites de la vache laitière. Processus infectieux, épidémiologie, diagnostic et méthode de contrôle. Les mammmites bovines. Rec. Méd. Vét., 161: 495-512.
- [12].- Alexandre A., 2005.- Utilisation des comptages cellulaires dans la comparaison de deux préparations hors lactation, Thèse Méd. Vét., ENMV Lyon, 94 p.
- [13].- Renaud T., 2002.- Méthodes de diagnostic des mammmites. Act. Vet. 1614: 21-25.
- [14].- Serieys F., 1995.- Le point sur les mammmites des vaches laitières. ITEB, Paris, 65 p.
- [15].- Leray O., 1999.- Méthodes de comptage cellulaire du lait et contrôle qualité. Journées Nationales GTV-INRA, Nantes : 85-89.

- [16].- Rupp R., Boichard D., Bertrand C., Bazin S., 2000.- Bilan national des numérations cellulaires dans le lait des différentes races bovines laitières françaises. *Revue INRA Prod. Anim.*, 13 (4) : 257-267.
- [17].- Raguét Y., 1996.- Evaluation de l'impact économique des mammites. *Bulletin G.T.V.*, 3B(527) : 21-24.
- [18].- Mtaallah B., OUBEY Z., HAMMAMI H., 2002.- Estimation des pertes de production en lait et des facteurs de risque des mammites subcliniques à partir des numérations cellulaires de lait de tank en élevage bovin laitier. *Rev. Méd. Vét.*, 153 (4): 251-260.
- [19].- M'Sadak Y., Mighri L., Kraiem K., 2011.- Etude de la situation sanitaire mammaire à partir des taux cellulaires de troupeau et estimation des pertes laitières engendrées chez des ateliers bovins hors sol en Tunisie. *Revue Nature et Technologie*, 4: 8-14.
- [20].- Wattiaux M., 2005.- Les mammites : Lactation et récolte du lait. Guide technique. Institut Babcock pour la Recherche et le Développement International du Secteur Laitier, USA : 66-76.
- [21].- Brunet J., 2005.- Modalités du paiement du lait à la qualité. LILCO, 11 p.
- [22].- Badinand F. Maîtrise du taux cellulaire du lait. *Rec. Méd. Vét. Numéro spécial Qualité lait*: 419-427, 1994.
- [23].- Deluyker H. A., Gay J. M., Weaver L. D., 1993.- Interrelationships of somatic cell count, mastitis, and milk yield in a low somatic cell count herd. *J. Dairy Sci.*, 76: 3445-3452.
- [24].- Schepers A. J., Lam T. J. G. M., Schukken Y. H., Wilmink J. B. M., Hankamp W. J. A., 1997.- Estimation of variance components in somatic cell count to determine thres hold for uninfected quarters. *J. Dairy Sci.*, 80: 542-547.
- [25].- Coulon J. B., Dauver F., Garel J. P., 1996.- Facteurs de variation de la numération cellulaire du lait de vaches laitières indemnes de mammites cliniques. *INRA Prod. Anim.*, 9: 133-139.
- [26].- Serieys F., 2004.- Rapport d'expertise : Epidémiologie. Conférence de consensus sur le traitement des mammites bovines, Prague, 27p.
- [27].- Bodoh G. W., Nickerson S. C., Owens W. E., Watts J. L., 1975.- Variation in somatic cell counts in dairy herd improvement milk samples. *J. Dairy Sci.*, 95: 1127-1137.
- [28].- Kennedy B. W., Sethar M. S., Tong A. K., Moxley J. E., Downey B. R., 1982.- Environmental factors influencing test-day somatic cell counts in Holsteins. *J. Dairy Sci.*, 65: 275-280.
- [29].- Emanuelson U., Person E., 1984.- Studies on somatic cell counts in milk from

Swedish dairy cows. *Acta. Agri. Scand.*, 34: 33-34.

- [30].- Doho I. R., Meek A. H., 1982.- Somatic cell counts in bovine milk. *Can. Vet. J.*, 23: 119-125.
- [31].- Wiggans G. R., Shook G. E., 1987.- A lactation measure of somatic cell count. *J. Dairy Sci.*, 70: 2666-2672.
- [32].- Schukken Y. H., Buurman J., Brand A., Van Der Geer D., Grommers F. J., 1990.- Population dynamics of bulk milk somatic cell counts. *J. Dairy Sci.*, 73: 1343-1350.
- [33].- Brolund L., 1985.- Cell counts in bovine milk. Causes of variation and applicability for diagnosis of subclinical mastitis. *Acta. Vet. Scand. Suppl.*, 80: 1-123.
- [34].- Serieys F., 1985.- La numération cellulaire du lait : interprétation pour le diagnostic et le suivi des infections mammaires. *Rec. Méd. Vét.* 161: 553-566.
- [35].- Yalcin C., Stott A. W., Logue D. N., Gunn J., 1999.- The economic impact of mastitis-control procedures used in Scottish dairy herds with high bulk-tank somatic-cell counts. *Prev. Vet. Med.*, 41 (2/3): 135-149.
- [36].- M'Sadak Y., Mighri L., Kraiem K., 2010.- Effet des conditions de traite sur la santé mammaire des vaches laitières et estimation des pertes en lait consécutives dans la région de Mahdia en Tunisie. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 63 (1-2): 35-39.

ETUDE DE L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE DE LA NISINE CONTRE *Pseudomonas fluorescens*

SOUID Wafa, BOUDJENAH Saliha, SIBOUKEUR Oumelkher
Laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi arides
Faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers
Université Kasdi Merbah Ouargla, Ouargla 30000, Algérie. E-mail: souid.wafa@yahoo.fr

Résumé.- Cette étude porte sur l'activité antibactérienne d'une souche lactique (*Lactococcus lactis* ssp. *lactis*) isolée à partir du fromage camelin contre une souche psychrotrophe (*Pseudomonas fluorescens*). La souche nisinogène est isolée à partir d'un fromage camelin frais préparé avec un rendement non négligeable, égale à 35,5 %. La souche test, est une souche psychrotrophe isolée à partir d'un échantillon de lait de chamelle cru, conservé à 4°C pendant plus de 3 jours. Le surnageant neutralisé d'une culture de *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, sur milieu M17 (8000 g/ 20 min à 4°C) est testé contre la souche de *Pseudomonas fluorescens* selon trois techniques de diffusion sur gel; les spots, les puits et les disques. Le surnageant neutralisé a présenté une activité antibactérienne qui s'est manifesté par l'apparition de zones d'inhibition dont le diamètre diffère selon la nature du test utilisé. Des diamètres variant entre 9 et 18 mm et entre 12 et 29 mm sont enregistrés respectivement avec les puits et les disques. La technique des spots donne des résultats peu apparents.

Mots clés: Lait, dromadaire, *Pseudomonas fluorescens*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, nisine.

STUDY OF THE ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF NISIN AGAINST *Pseudomonas fluorescens*

Abstract.- In this research, we are interested in the study of antibacterial activity of lactic strain (*Lactococcus lactis* ssp. *Lactis*) isolated from camel cheese against a psychrotrophic strain (*Pseudomonas fluorescens*). The nisin producer strain was isolated from a camel cheese prepared with fresh yield significant, equal to 35.5%. The test strain is a psychrotrophic strain isolated from a sample of raw camel milk, stored at 4 ° C for more than 3 days. The culture medium of *Lactococcus lactis* ssp. *Lactis* in M17 medium was centrifuged (8000 g, 20 min at 4 ° C). Thus, the supernatant was neutralized and tested against *Pseudomonas fluorescens* strain with three gel diffusion techniques; spots, shafts and discs. The neutralized supernatant presented antibacterial activity which is manifested by the appearance of inhibition zones diameter differs depending on the type of test used. Diameters varying between 9 and 18 mm and between 12 and 29 mm respectively were recorded with the wells and the discs. The technique of spots gave less conclusive results.

Key words: milk, dromedary, *Pseudomonas fluorescens*, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, nisin.

Introduction

Le lait de chamelle, comme celui des autres mammifères, est un milieu de composition chimique et physique complexe, permettant au chamelon de couvrir ses besoins énergétiques et nutritionnels pendant la première étape de son existence [1].

La transformation du lait camelin est réputée difficile, notamment la fabrication fromagère [2]. L'aptitude d'un lait à la transformation fromagère est étroitement liée à la nature de ses constituants [3]. KAMOUN et RAMET (1989) ont montré la possibilité de

transformer ce lait en fromage, présentant une conservabilité satisfaisante à condition de tenir compte des particularités inhérentes à sa composition physico-chimique [1]. Plus récemment, des travaux entrepris au niveau de l'université de Ouargla, rapportent que la substitution des enzymes habituellement utilisées en fromagerie (présure commerciale), par des protéases gastriques issues de caillettes de dromadaires adultes (âgés de 8 à 9 ans) permet d'améliorer l'aptitude du lait camelin à la coagulation [4].

De même, lors de la réfrigération du lait, des germes psychrotrophes sont susceptibles de produire des enzymes lipolytiques et protéolytiques thermostables, à l'origine des mauvais goûts dans les fromages (goûts amers, saveurs non désirées et atypiques...) [5]. Il s'agit de micro-organismes présents dans le lait cru, ayant une aptitude à se développer à basse température (8-4°C). Parmi cette flore, figure le genre *Pseudomonas*, et plus particulièrement l'espèce *Pseudomonas fluorescens* [6].

A des températures inférieures à 10°C, la flore lactique du lait n'étant plus dominante, d'autres micro-organismes considérés comme nuisibles en fromagerie, tels que les psychrotrophes deviennent dominants [5]. Les bactéries lactiques produisent de nombreux métabolites aux propriétés antimicrobiennes, tels que les acides organiques, le peroxyde d'hydrogène, le dioxyde de carbone, la reutéline, le diacétyl et les bactériocines. Ces dernières sont des peptides antimicrobiens inhibant la croissance de bactéries d'altération ou pathogènes [7]. En agro-alimentaire, seule la nisine issue de *Lactococcus lactis* est autorisée comme additif alimentaire (E 234) depuis 1969 par l'OMS. Selon la Generally Recognized As Safe (GRAS), la nisine possède un large spectre d'activité antibactérienne, essentiellement dirigé contre les bactéries à Gram positives. La nisine est efficace contre les germes pathogènes, tels que *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium tyrobutyricum* [8].

La présente étude a pour objectif de mettre en évidence l'effet antagoniste d'une souche lactique bactériocinogène (*Lactococcus lactis* ssp. *lactis*) contre une souche psychrotrophe contaminant du lait (*Pseudomonas fluorescens*).

1.- Matériel et méthodes

1.1.- Origine du lait

Le lait de chamelle utilisé dans la présente étude, est un mélange de lait. Il est collecté le 26 février 2011, à partir d'un élevage implanté dans la région de Ghardaïa et conduit en semi-extensif (pâturage du M'Zab).

1.2.- Analyses préliminaires

Les échantillons de lait sont transportés dans des flacons stériles, dans une glacière, au laboratoire de l'université Kasdi Merbah Ouargla pour y subir des analyses, physico-chimiques (pH, acidité et densité), et microbiologiques (test de réductase).

1.3.- Répartition des échantillons de lait

Les échantillons de lait collectés sont divisés en deux parties, la première partie est immédiatement utilisée pour la préparation d'un fromage frais en vue de l'isolement de la souche lactique productrice de nisine. La seconde partie est réfrigérée en vue de

l'isolement de la souche psychrotrophe *Pseudomonas fluorescens*.

1.4.- Méthode de fabrication du fromage frais

La méthode de fabrication du fromage frais utilisée dans le présent travail consiste à utiliser des enzymes gastriques de dromadaire (ECD), comme seul agent de coagulation. Ces enzymes sont extraites à partir de l'estomac d'un dromadaire, âgé de 14 mois [10], et conservées dans un flacon en présence de thymol, comme conservateur.

1.5.- Isolement de la souche productrice de nisine

L'isolement de la souche productrice de nisine d'intérêt à partir du fromage se fait selon la technique d'EDIMA (2007) [11].

1.6.- Identification de la souche productrice de nisine

L'identification biochimique de la souche isolée se fait par des examens: macroscopique (aspects des colonies), microscopique (après coloration de Gram), des tests (catalase et oxydase) et par des tests de la galerie de Sherman: culture à (45°C, pH de 9,6, NaCl à 6,5 %) [12,13].

1.7.- Protocole de production de la nisine

Le protocole de production utilisé s'inspire de celui réalisé par plusieurs auteurs, tels que BAREFOOT *et al.* (1983), LACHANCE (2000), XIA LIU *et al* (2003), DOUMANDJI *et al* (2010) [14, 15, 16, 17].

1.8.- Isolement et identification de la souche cible *Pseudomonas fluorescens*

La souche psychrotrophe *Pseudomonas fluorescens* est isolée à partir d'un lait conservé à 7°C pendant 10 jours [9].

L'identification de la souche isolée se fait par des examens macroscopique et microscopique (à l'état frais et après coloration de Gram), des tests physiologiques, tels que la croissance à différentes températures (4°C, 43°C) et sur milieux King A et King B. L'identification biochimique est réalisée à l'aide d'une galerie miniaturisée API 20 E (Biomérieux) [12, 18].

1.9.- Étude de l'activité inhibitrice de la nisine sur *Pseudomonas fluorescens*

L'activité antimicrobienne du surnageant récupéré à partir d'une culture de la souche *Lactococcus lactis subsp. lactis* est testée selon plusieurs méthodes de la technique de diffusion sur gel préconisée par TAGG *et al.* (1976) [19]. Elle est fondée sur l'apparition d'une zone d'inhibition, provoquée par le surnageant de la culture, contenant la bactériocine, déposée dans des puits, des spots ou même imbibé sur des disques. La bactérie indicatrice est préalablement ensemencée, en tapis, en milieu gélosé approprié. La lecture de l'activité bactériocinogénique se fait par la mesure du diamètre d'inhibition autour des puits (Zi), exprimée en millimètre [20]. Une inhibition est considérée positive si le diamètre de (Zi) est supérieur à 2 mm selon DOUMANDJI *et al.* (2010) [17]. La mesure du diamètre d'inhibition (Zi) est effectuée selon la formule suivante :

Z_i (mm) = diamètre de la zone d'inhibition obtenue (mm) – diamètre de puits (4,5 mm).

L'activité antibactérienne en unité arbitraire par ml (UA/ml), est calculée à partir de la plus grande dilution (D) où il y a encore la présence d'une zone d'inhibition de plus de 2 mm, selon l'équation suivante [21] :

$$A \text{ (UA / ml)} = (1000 / 10 \mu\text{l}) \times (1/D).$$

2.- Résultats et discussion

2.1. Analyses physico-chimiques

Les résultats relatifs aux caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle analysé sont résumés dans le tableau I.

Tableau I.- Analyses physico-chimiques de l'échantillon de lait camelin

Paramètres	Valeur moyenne	Ecart-type
pH (T° = 18,2°C)	6 ,546	±0,002
Acidité (°D)	17,5	±0,5
Densité	1,025	±0,001

Le pH de l'échantillon de lait camelin ayant fait l'objet de la présente étude est égal à 6 ,546 . Le lait de chamelle à l'état frais est plus acide et moins dense que les laits, bovin et humain dont les valeurs du pH sont respectivement égales à 6,6 et 7,01 [22]. Le pH ainsi que le goût du lait de chamelle peuvent dépendre de la nature des fourrages et de la disponibilité de l'eau [23]. De plus, la teneur relativement élevée en vitamine C du lait de dromadaire, est à l'origine du pH bas comparé au lait bovin [24]. Il a été montré que le pH bas du lait camelin est dépendant de la teneur en citrates, phosphates et caséines, ainsi, que de l'état sanitaire de la mamelle [25].

Le lait fraîchement trait est légèrement acide. Cette acidité provient essentiellement, des protéines, des phosphates et du CO₂ dissous. Il acquiert ensuite une acidité, dite acidité développée, car elle est provoquée par l'acide lactique et autres acides issus de la dégradation des constituants du lait par des micro-organismes [26]. L'acidité mesurée au cours de cette étude est égale à 17,5°D. Les variations dans la valeur l'acidité sont généralement dues à la variation de l'alimentation des animaux, aux conditions environnementales, ainsi qu'à la période de lactation [27].

Le taux de matière sèche du lait camelin est plus faible que celui du lait bovin [1]. Ce qui explique la faible densité enregistrée dans la présente étude, qui est de l'ordre de 1,025.

2.2.- Qualité bactériologique de lait camelin

La décoloration du bleu de méthylène par le lait de chamelle analysé a eu lieu après une durée supérieure à 4 heures. Ce lait est par conséquent de bonne qualité bactériologique. Il renferme moins de 2.10⁶ germes/ml [12, 28]. La décoloration du bleu de

méthylène est due au métabolisme bactérien et sa rapidité est directement proportionnelle au nombre de germes. L'épreuve de la réductase n'est pas un moyen d'appréciation du nombre de bactéries mais une épreuve destinée à estimer le degré de la contamination du lait [29]. Le lait de chamelle caractérisé par sa richesse en lysozyme et en vitamine C, est naturellement protégé contre les attaques extérieures. En plus, le milieu naturel du dromadaire, caractérisé par de fortes insulations, des températures élevées et de faibles humidités relatives, limite le développement des microorganismes [30].

2.3.- Fabrication du fromage camelin

A partir de 2 litres de lait de chamelle cru, nous avons produit 710 grammes de fromage frais avec un rendement de 35,5%. Ces résultats montrent que le fromage fabriqué au laboratoire, diffère de celui décrit par RAMET (1989). L'auteur a caractérisé le coagulum comme étant friable et les rendements rapportés sont de l'ordre de 8 à 10 % pour les fromages frais [1]. Au cours de ce travail, la substitution de la présure habituellement utilisée en fromagerie par des enzymes coagulantes extraites à partir des caillettes de dromadaires (ECD), au niveau des laboratoires de l'université Kasdi Merbah Ouargla (Algérie), a permis une nette amélioration de la texture et du rendement fromager de ce produit dérivé.

2.4.- Isolement et identification des souches bactériennes

2.4.1.- Isolement et identification de *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*

La souche isolée est dénuée de catalase et d'oxydase. Elle est immobile. Elle fermente le glucose en donnant seulement de l'acide lactique (homofermentaire). Elle n'hydrolyse ni l'arginine ni le citrate. Elle croît à pH 9,6 et résiste à 45°C. Les résultats des tests physiologiques et biochimiques ont permis d'identifier la souche isolée comme étant une souche appartenant à l'espèce *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* [12]. L'espèce *Lactococcus lactis* joue un rôle important dans la conservation de nombreux aliments et dans la fabrication des fromages et des produits fermentés. En effet, les lactocoques sont généralement associés à une forte capacité d'acidification du lait. Elles présentent aussi des propriétés inhibitrices envers la flore d'altération et envers la flore pathogène du fromage, grâce à la production de métabolites tels que les acides organiques, le peroxyde d'hydrogène et les bactériocines ou à sa compétition écologique vis-à-vis des nutriments [7, 31].

2.4.2.- Isolement et identification de *Pseudomonas fluorescens*

La souche isolée est catalase positive, oxydase positive, ne réagit pas avec le rouge de méthyle (réaction RM négatif). Elle dégrade le glucose, l'amygdaline, l'arabinose et le mélibiose, en aérobiose sur la galerie biochimique API 20 E. Elle hydrolyse également l'arginine et la gélatine sur la même galerie. La croissance sur bouillon nutritif (BN) est enregistrée à température de 4°C et pas à 43°C. La production de pyoverdine (pigment) est visualisée sur milieu King B (couleur verte fluorescente). Les caractères morphologiques et les différents tests biochimiques et physiologiques permettent d'identifier la souche isolée comme étant une souche appartenant à l'espèce *Pseudomonas fluorescens* [12]. Les espèces appartenant au genre *Pseudomonas* sont dotées d'une grande activité métabolique (protéolyse, lipolyse et la dégradation des substances carbonées). En plus des différentes sources de contamination, tels que le sol, l'eau et la nourriture, la prédominance du genre

Pseudomonas dans le lait est liée à l'état sanitaire de l'animal et de l'équipement laitier [9].

2.5.- Etude de l'activité antibactérienne de l'extrait de la nisine sur *Pseudomonas fluorescens*



Photo 1.- Activité antibactérienne du SCN vis-à-vis *Ps. fluorescens* par la méthode des spots



Photo 2.- Activité antibactérienne du SCN vis-à-vis *Ps. fluorescens* par la méthode des disques



Photo 3.- Activité antibactérienne du SCN vis-à-vis *Ps. fluorescens* par la méthode des puits

En travaillant dans des conditions expérimentales éliminant l'influence de l'acide lactique (par neutralisation du pH de surnageant) et le peroxyde d'hydrogène, l'activité antimicrobienne due à l'action de la bactériocine pour la souche *Lactococcus lactis ssp. lactis* étudiée a révélé un spectre d'inhibition dirigé vis-à-vis du germe cible *Ps. fluorescens*.

Les 3 méthodes de diffusion sur gel donnent des résultats positifs avec apparition des zones d'inhibition (Zi) bien distinctes (halos clairs) autour des spots, des puits et des

disques. Les résultats obtenus sont illustrés par les photos 1, 2 et 3. Les zones d'inhibition (Z_i) ont des diamètres variables. Ces derniers se situent entre 9 et 18 mm avec une moyenne de 8,75 mm (> 2 mm), obtenue par la technique des puits à partir de 4 puits considérés comme positifs. Ce résultat est considéré comme positif selon THOMPSON *et al.* (1996) [32].

Par la méthode des disques imprégnés de surnageant, les diamètres des zones d'inhibition varient de 12 à 29 mm avec un diamètre moyen égal à 20,05 mm (au niveau de 10 disques).

Les mesures des diamètres moyens des zones d'inhibition (Z_i) sont présentées sur le tableau II:

Tableau II.- Mesure des diamètres moyens des zones d'inhibition (Z_i) pour la technique des puits et des disques

Techniques	Diamètres moyen des zones d'inhibition (mm)	Ecart-type
Méthode des puits	8,75 (pour 4 puits positifs)	$\pm 0,030$
Méthode des disques	20,05 (pour 10 puits positifs)	$\pm 0,022$

L'activité antibactérienne estimée par la méthode de la dilution critique de THOMPSON *et al.* (1996) [33], est donc égale à 3200 UA/ml. Cette mesure peut être plus ou moins acceptée, MEGHROUS *et al.* (1999) [34] rapportent que l'estimation de l'activité d'une bactériocine par la méthode de diffusion dans l'agar est une mesure relative, car la sensibilité de la bactérie cible, le milieu de croissance utilisé, la concentration d'agar du milieu test, ainsi que la concentration en bactériocine sont tous des facteurs pouvant affecter les résultats.

En règle générale, les bactériocines des bactéries lactiques ne sont pas actives contre les bactéries à Gram négatif. Ceci est dû à la différence dans la composition de l'enveloppe cellulaire des bactéries Gram positives et Gram négatives. Toutefois, certaines études ont suggéré qu'un changement des propriétés de perméabilité de la membrane externe suite à certains traitements utilisés (l'ajout de EDTA, lysozyme...) en combinaison avec des bactériocines ou encore des conditions de stress rendraient les bactéries Gram négatives sensibles aux bactériocines [35, 36, 37]. A notre connaissance, aucune étude sur l'effet de la nisine utilisée seule sur les *Pseudomonas* n'a été signalée dans la littérature. Cependant, le spectre d'activité des quelques bactériocines (comme la nisine) selon KLAENHAMMER (1993) [38], peut ne pas être restreint aux espèces proches taxonomiquement ou même occupant la même niche écologique que la bactérie productrice. D'un point de vue pratique, le champ d'activité d'une bactériocine peut être plus ou moins large suivant les conditions du milieu et la concentration en substance active [38].

Conclusion

Les résultats de cette étude révèlent la possibilité d'utiliser la nisine produite par une souche d'origine cameline pour la préservation du lait camelin réfrigéré. L'isolement

des bactéries lactiques particulièrement à partir du fromage ou du lait de chamelle et la mise en évidence de leur pouvoir antagoniste par la production des bactériocines, contre la flore à Gram négatif, constitue un sujet intéressant à approfondir dans la mesure où peu d'informations sont disponibles dans la littérature sur ces microorganismes.

Références bibliographiques

- [1].- Kamoun M. et Ramet J. P., 1989. Conservation et transformation du lait de dromadaire. Options Méditerranéennes, Série séminaires, n° 6: 229-231.
- [2].- Faye B., 1997. Guide de l'élevage du dromadaire. Ed. Sanofi, Libourne : 38-39.
- [3] Goursaud J., 1985. Composition et propriétés physico-chimiques. In : LUQUET F. M.- Laits et produits laitiers. Ed. Technique et documentation, Lavoisier, 1(1): 1-90.
- [4].- Siboukeur O., Mati A. et Hesses B., 2005. Amélioration de l'aptitude à la coagulation du lait cameline (*Camelus dromedarius*): Utilisation d'extraits enzymatiques coagulants gastriques de dromadaires. Cahier Agriculture, 14(5): 473-478.
- [5].- Le Jaouen J. C., 1993. Guide national des bonnes pratiques en production fromagère fermière. Ed. Institut de l'élevage, Paris, 3: 123-144.
- [6].- Law J., Haandrikman A., 1997. Proteolytic enzymes of lactic acid bacteria. Int Dairy J, vol. 7: 1-11.
- [7].- Dortu C., Thonart P., 2008. Les bactériocines des bactéries lactiques: caractéristiques et intérêts pour la bioconservation des produits alimentaires. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 13 (1): 143-154.
- [8].- Kalchayanand N., Hanlin M. B. and Ray B., 2008. Sublethal injury makes Gram negative and resistant Gram-positive bacteria sensitive to the bacteriocins, pediocin ACH and nisin. Letters in Applied Microbiology, 15: 239-243.
- [9].- Millière J. B. et Veillet-Poncet L., 1979. Détermination de la flore bactérienne caséolytique psychrotrophe des laits crus réfrigérés. Le Lait, 59: 581-582.
- [10].- Boudjenah-Haroun S., Laleye C. L., Moulti-Mati F., Si Ahmed S., Mahboub N., Siboukeur O. and Mati A., 2011. Comparative study of milk clotting activity of crude gastric enzymes extracted from camels' abomasum at different ages and commercial enzymes (rennet and pepsin) on bovine and camel milk. Emir. J. Food Agric., 23 (4): 301-310.
- [11].- Edima C., 2007. *Carnobacterium maltaromaticum* : caractéristiques physiologiques et potentialités en industries fromagères. Thèse de doctorat à L'INPL, Université de Nancy, 48 p.
- [12].- Guiraud J., P., 1998. Microbiologie alimentaire. Ed. DUNOD, Paris: 76-122.
- [13].- Joffin J. N. et Leyral G., 2001. Microbiologie. Dictionnaire des Techniques. Ed. Collection Biologie Technique. CRDP d'aquitaine, Bordeaux: 122-130.

- [14].- Barefoot S. F., Klaenhammer T. R., 1983. Detection and activity of lacticin B, a bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus*. Appl. Environ. Microbiol., 45: 1808–1815.
- [15].- Lachance M., 2000. Purification et caractérisation d'une bactériocine produite par *Lactococcus lactis ssp. lactis* MJC15. Département des sciences des aliments et de nutrition. Université Laval, Qc., 543 p.
- [16].- Xia L., Yoon-Kyung C., Shang-Tian Y., Ahmed E. Y., 2003. Continuous nisin production in laboratory media and whey permeate by immobilized *Lactococcus lactis*. Process Biochemistry, 40: 13-24.
- [17].- Doumandji A., Hellal A., Saidi N., 2010. Purification de la bactériocine à partir de *Lactobacillus acidophilus* 11. Rev. Microbiol. Ind. San et Environn., 4(2): 25-47.
- [18].- Vezina L. et Lacroix M., 2000. Tests biochimiques classiques pour l'identification des Pectobacterium (*Erwinia* pectinolytiques) et des *Pseudomonas fluorescents*. Laboratoire de diagnostic en phytoprotection-MAPAQ : 2-6.
- [19].- Tagg J. R., Dajani A. S., Wannamaker L. W., 1976. Bacteriocins of Gram-positive bacteria. Microbiol Rev., 40: 722-756.
- [20].- Allouache F. N., Hellal A., Laraba A., 2010. Etude de l'activité antimicrobienne des souches de lactobacilles thermophiles utilisées dans l'industrie laitière. Revue de Nature et Technologie, 3: 13-20.
- [21].- Champagne A., 2007. Potentiel antagoniste des bactéries lactiques épiphytes de plantes fourragères contre le développement des clostridies dans l'ensilage. Université Laval, Québec, 132 p.
- [22].- Sboui A., Khorchani T., Djegham M. et Belhadj O., 2009. Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du Sud tunisien; variation du pH et de l'acidité à différentes températures. Afrique Science, vol. 05(2) : 293-304.
- [23].- Gorban A. M. S. et Izzeldin O. M., 1999. Study on cholesterol ester fatty acids in camel and cow milk lipid. International Journal of Food Science and Technology, vol. 34: 229-234.
- [24].- Saley M., 1993. La Production laitière du dromadaire. Ed Maisons-Alfort, Paris : 50-76.
- [25].- Mathieu J., 1998. Initiation à la physicochimie du lait. Ed. Tec et doc-Lavoisier, Paris, 221p.
- [26].- Badaoui D., 2000. Contribution à la connaissance du lait de chamelle: Essai de caractérisation des protéines par Electrophorèse sur Gel de Poly-Acrylamide (PAGE). Mémoire d'Ingénieur, sciences agronomiques, Université d'Ouargla, 25 p.

- [27].- Abu-Taraboush H. M., Al-Dagal M. M., Al-Royli M. A., 1998. Growth, viability, and proteolytic activity of Bifidobacteria in whole camel milk. *Journal of Dairy Science*, 81: 354-361.
- [28].- Larpent J. P., 1970. Manuel pratique de microbiologie. Ed. Hermann, Paris, 218 p.
- [29].- Petransexie M., Serres L., Amarigios P., 1973. Analyses physiques et chimiques. *In* : Contrôle de la qualité des produits laitiers. Direction des services vétérinaires, Ministère de l'Agriculture, Paris, 345 p.
- [30].- Saidi M., Siboukeur O., Ouled Belkheir A. et Guerradi, 1999. Caractéristiques physico-chimiques, composition et qualité bactériologique du lait de chamelle population sahraoui (wilayates d'Ouargla et Ghardaïa). *Aptitudes technologiques. Premières journées sur la recherche cameline, Ouargla*: 129-133.
- [31].- O'Sullivan L., Ross R.P. et Hill C., 2002. Potential of bacteriocin-producing lactic acid bacteria for improvements in food safety and quality. *Biochimie*, 84: 593-604.
- [32].-Thompson J. K., Collins M. A. et Mercer W. D., 1996. Characterization of a proteinaceous antimicrobial produced by *Lactobacillus helveticus* CNRZ 450. *J. Appl. Bacteriol.*, 80: 338-348.
- [33].- Mayr-Harting A., Hedges A.J., Berkley R. C. W., 1972. Methods for studying bacteriocins. *In*: method in Microbiology. J.R Norris and D.W. Ribbons. Ed. Academic Press., New York 7A: 315-322.
- [34].- Meghrous J., Goulhen F., Lacroix C., 1999. Production of a nisin Z/pediocin mixture by pH-controlled mixed-strain batch cultures in supplemented whey permeates. *J. Appl. Microbiol.*, 86: 399-406.
- [35].- Abee T., 1995. Pore-forming bacteriocins of Gram-positive bacteria and self-protection mechanism producer organism. *FEMS Microbiol. Letters*, 129: 1-10.
- [36].- Cintas L. M., Casaus M. P., Herranz C., Nés I. F. and Hernandez P. E., 2001. Review: Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Food Sci. Technol. Int.* 7: 281-305.
- [37].- Deegan L. H., Cotter P. D., Hill C. et Ross P., 2006. Bacteriocins: Biological tools for bio preservation and shelf-life extension. *Inter. Dairy J.* 16: 1058-1071.
- [38].- Klaenhammer T. R., 1993. Genetics of bacteriocins produced by lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol Rev.*, 12: 39-86.

GESTION DES POTENTIALITES HYDRIQUES EN REGIONS SAHARIENNES

SAKER Mohamed Lakhdar^{1*}, DADDI BOUHOUN Mustapha¹, BOUTOUTAOU Djamel²
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, Ouargla 30000, Algérie

E-mail: sakermohamedlakhdar@yahoo.fr

Résumé.- *Les potentialités hydriques constituent un élément essentiel et conditionnent toute possibilité de développement dans les zones sahariennes. L'exploitation irraisonnée et la mauvaise gestion des ressources en eau mobilisées dans ces régions ont connu une certaine évolution au cours de la dernière décennie, mais des déboires ont été observés et des résultats décevants ont été enregistrés. Tout cela, en dépit des orientations de la politique nationale inhérente au développement du sud algérien. Elles soulignent la nécessité d'impulser le développement socio-économique local saharien. Elles mettent également l'accent sur une exploitation rigoureuse et une gestion rationnelle des ressources hydriques mobilisées. Cette démarche doit accorder la priorité à la mise en place de meilleures conditions techniques, économiques, sociales et écologiques des programmes utilisés. La présente recherche vise à cerner les principales contraintes posées sur le plan des ressources en eau, à travers leur exploitation, gestion, et apprécier leurs conséquences sur le niveau de développement des régions sahariennes. Tout cela doit s'inscrire dans une perspective d'optimisation, valorisation et de développement durable des ressources en eau à travers une application des techniques et des méthodes de gestion appropriées pour un développement meilleur des régions sahariennes.*

Mots clés: *Gestion, potentialités hydriques, régions sahariennes.*

THE MANAGMENT OF HYDRIC POTENTIALITIES IN SAHARIAN REGIONS

Abstract.- *The hydric potentialities constitute an essential element and condition every possibility in saharian zones. The non-recisioned exploitation and the bad management of water ressources mobilized in these regions knew a certain evolution during the last decade, but mistakes were observed and deceiving results were recorded. All this, inspite of the in herent national political orientations for the development of the algerien south. They mark the necessity to push the local socio-economic development in south. They equally stress on rationel exploitation and management of hydric mobilized ressources. This approach should accord the priority to put in to place the best technical, economic, social and ecological conditions of the employed programmes the present work aims at limiting and locating the principal constraints posed on the plan of water ressources, through their exploitation, management, and appreciate their consequences at the development level in saharian regions. All this should be mentioned in an optimization perspective, valorization and of permanent development of water ressources by the application of technical and management methods appropriate for a better development in saharian regions.*

Key words: *management, hydric potentialities, saharian regions.*

Introduction

La présente recherche se propose de donner un aperçu sur les ressources en eau, comme elle essayera d'analyser la situation de ces dernières sur les plans de l'exploitation

et la gestion, sur la base de quelques données de portée générale. Elle se propose aussi de mettre en évidence les problèmes posés, cerner les principales contraintes et proposer des solutions concrètes, susceptibles d'améliorer la situation de ces ressources, dans le cadre d'une perspective de développement durable.

La mobilisation des ressources en eau, leur exploitation, gestion et évolution conditionnent dans une large mesure le développement économique et social des régions sahariennes, notamment sur le plan agricole. Cependant, cette mobilisation des ressources en eau a connu une évolution appréciable au cours de la dernière décennie, compte tenu des orientations dictées par la politique nationale, relative au développement local et régional saharien. Elles soulignent aussi la nécessité d'élargir l'activité agricole saharienne par la mise en valeur de nouvelles terres dans les zones sahariennes. Comme elles mettent l'accent sur une exploitation et une utilisation rationnelle des ressources en eau mobilisées, tout en accordant la priorité à la mise en place de meilleures conditions de viabilité technique, économique, sociale et écologique des programmes utilisés. Cela repose sur l'existence et la disponibilité d'importantes ressources en eau dans ces régions. L'optimisation et la valorisation des ressources hydriques et leur impact sur le développement des contrées sahariennes restent conditionnés par une utilisation rationnelle et planifiée, et une application appropriée des méthodes et techniques de mobilisation, d'exploitation et de gestion des eaux.

1.- Situation des ressources naturelles sahariennes

1.1.- Caractéristiques du milieu oasien

Les régions sahariennes dont la superficie est cinq fois supérieure à celle de l'Algérie du Nord, s'étendent sur près de 2 millions de km², se caractérisent par un climat contraste, avec une saison chaude et sèche et des écarts importants de températures, ainsi que par la fréquence et l'intensité des vents. La pluviométrie reste très insuffisante, d'où la nécessité de recourir à l'irrigation pour la pratique de toute activité agricole.

1.2.- Population

Sur le plan démographique, l'analyse des trois RGPH de 1977, 1987 et 1998 nous apprend que la population saharienne a plus que doublé en 20 ans, pour atteindre désormais plus de 2,7 millions d'habitants, avec des prévisions de 5 millions d'habitants en 2030 [1]. C'est là, à l'évidence un enjeu majeur pour l'avenir économique, surtout, la composante agricole saharienne.

1.3.- Aperçu sur les ressources en eau

Les ressources en eau sahariennes disponibles ne dépassent guère les 5,4 milliards de mètres cubes. Cela nécessite la mise en oeuvre d'une politique agricole saharienne claire de l'eau. Dans ce contexte, les pertes en eau enregistrées dans les réseaux d'irrigation sont estimées à 40 %, et oscillent en général entre 30 et 60 % (fig. 1, 2, 3 et 4).

Les eaux superficielles restent faibles et très aléatoires. Les eaux des nappes peu profondes, alimentées par les eaux de pluie, d'importance moyenne, mal étudiées et mal évaluées, servent à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation agricole de surfaces modestes de certaines zones sahariennes.

Les nappes fossiles, non renouvelables, constituées principalement par les eaux du complexe terminal (CT) et du continental intercalaire (CI), constituent indéniablement la ressource la plus importante et la mieux étudiée.

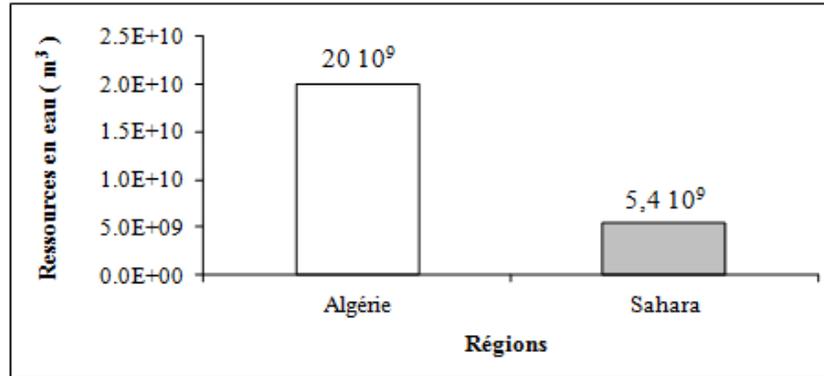


Figure 1.- Ressources en eau (Algérie et Sahara)

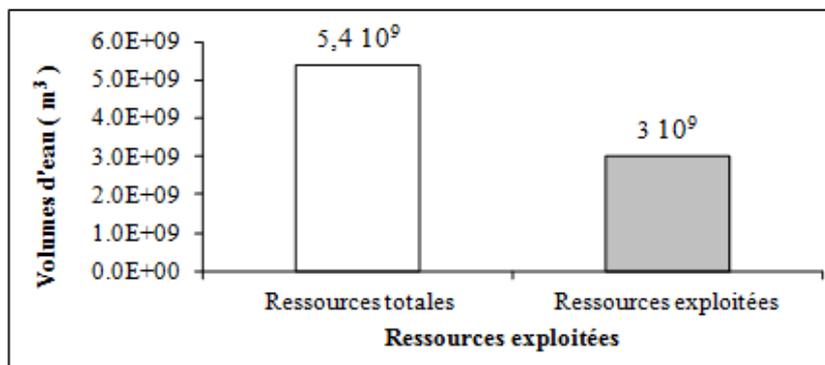


Figure 2.- Exploitation des ressources souterraines sahariennes

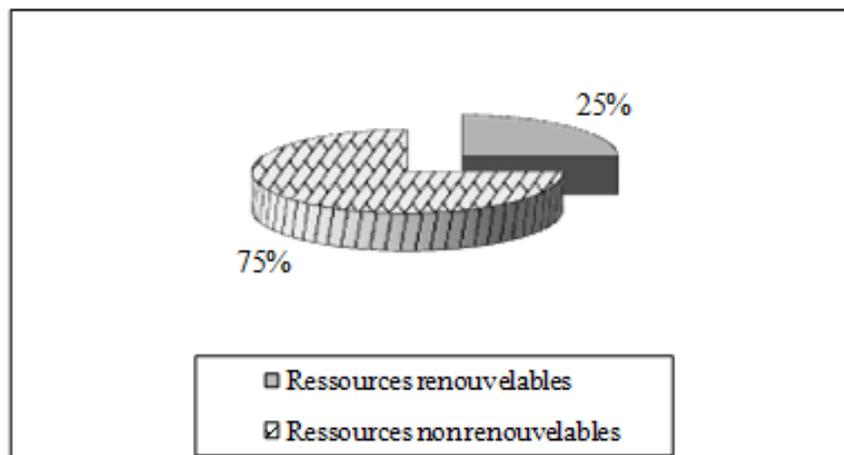


Figure 3.- Renouvellement des ressources en eau

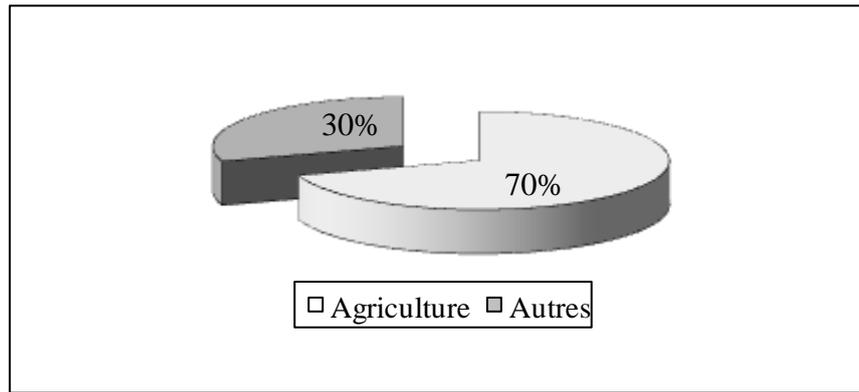


Figure 4.- Ressources nationales destinées à l'agriculture

1.4.- Bilan de la demande totale de la ressource en eau

Il est estimé en année moyenne, la demande en eau dans les régions sahariennes à environ $60 \text{ m}^3/\text{s}$, dont près de 65 % sont garantis par les aquifères profonds du complexe intercalaire et du complexe terminal (CI et CT), et le reste par les autres ressources en eau (autres nappes et ressources superficielles). Ces ressources n'ont cependant à l'évidence qu'un potentiel très limité pour le futur, et l'alimentation de ces régions doit être considérée comme un souci majeur. On peut retenir que les ressources en eau sont très variables d'une région à une autre, concernant les grands aquifères, avec de fortes contraintes de salinité, température et profondeur. Par contre, elles sont faibles dans les autres nappes, avec des perspectives d'exploitation supérieure limitées. Elles sont très aléatoires pour les ressources superficielles, qui ne sont guère valorisables que dans une économie extensive. Cependant, pour une gestion raisonnée de ces ressources en eau, il est prévu une mobilisation pour l'horizon 2010 d'environ 156.000 l/s , soit environ 5 milliards de m^3 d'eau annuellement au profit des régions sahariennes, qui seraient assurés par les deux nappes [2].

Globalement, on peut dire que dans ces conditions, les débits n'ont pas connu une évolution significative (fig. 5), surtout entre 1970 et 1987, et sont très loin de répondre à la norme qui recommande un débit de $0,8 \text{ à } 1 \text{ l/s/ha}$. Ils représentent seulement 30 % des besoins réels des cultures. Aussi, les prévisions de débit de $0,62 \text{ l/s/ha}$ pour 2010 reste très loin de répondre aux besoins de l'activité agricole saharienne [3].

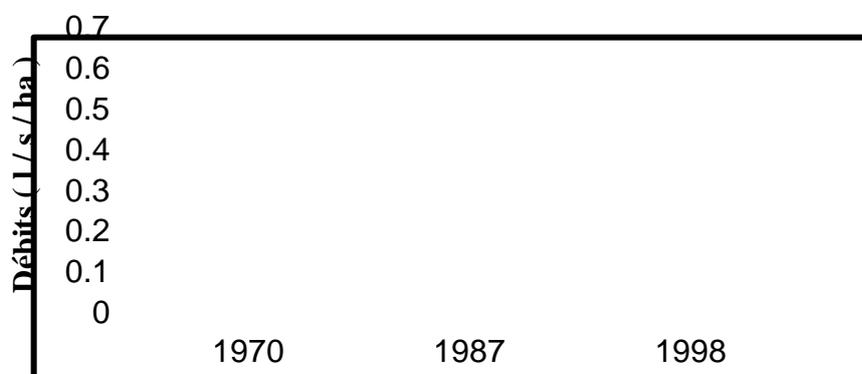


Figure 5.- Evolution des débits fictifs continus par surfaces irriguées

1.5.- Cadre et limites de développement des ressources en eau

Le plan de développement des ressources en eau des régions sahariennes doit conduire nécessairement à un développement durable [4], de ce principe, découlent plusieurs conséquences:

- L'utilisation des ressources en eau doit être maîtrisée autant que possible.
- Le développement de la ressource végétale ne doit pas être réfléchi en seuls termes de mobilisation, mais également en termes d'amélioration de la productivité de ce potentiel.
- Le développement n'est pas seulement une affaire de capitaux, mais d'abord d'hommes et de compétence et de savoir-faire.

2.- Perspectives de développement des ressources hydriques

2.1.- Objectifs généraux

Le développement des ressources hydriques doit être perçu comme un élément essentiel, pouvant contribuer au développement économique et social des régions sahariennes. Il doit être intégré dans un processus de développement global. En effet, les ressources en eau commandent la définition des objectifs de développement [5], notamment agricole, à travers une exploitation raisonnée de ces ressources, en vue de garantir un développement durable des régions sahariennes.

2.2.- Actions à mener pour la maîtrise de l'eau

Les actions à mener sont :

- Sur la ressource globale en eau: réalisation d'un bilan complet des forages, puits, foggaras et un suivi des barrages. Une instance de concertation large sur la gestion de l'eau, avec une prise en charge des opérations de collecte, traitement, évacuation ou réutilisation des eaux urbaines.
- Pour le CI et le CT: l'exploitation rationnelle des ressources en eau du système aquifère du Sahara doit être fondée sur une connaissance aussi précise et complète que possible.
- Débits exploités: le suivi de l'exploitation des aquifères est primordial, des objectifs raisonnables doivent viser à avoir pour chaque centre d'exploitation (palmeraie, groupe de périmètres irrigués, etc.), une estimation complète des débits prélevés dans les forages, tous les 4 à 5 ans.
- Qualité des eaux: la connaissance de la qualité de l'eau est utile aux exploitants [6], on l'étudiera en s'appuyant sur un réseau stable dans le temps, comportant des ouvrages en bon état et offrant de bonnes conditions de collecte des échantillons.

2.3.- Politique à long terme

La gestion des ressources en eau des régions sahariennes nécessite un certain pilotage, des perspectives à long terme étayées par des bases de données suffisantes et nourries par des actions de formation et de recherche pluridisciplinaires [7], par le développement de l'aspect économique de la gestion des ressources en eau dans les zones sahariennes, et par un contrôle rigoureux et une gestion rationnelle de l'eau.

2.4.- Coordination des acteurs

Cette fonction pourrait être confiée au commissariat au développement de l'agriculture saharienne, il aura pour mission de définir les programmes des agences de réalisation au sens large (ANRH, DHW, CDRAS, ITDAS, etc.), et contrôler les résultats.

2.5.- Organisation et aménagement de la ressource en eau

Essayez de susciter l'organisation des usagers en syndicats spécialisés de l'eau. Le CDARS pourra développer une politique d'aide à la modernisation. L'ANRH, L'INRA et l'ITDAS peuvent également développer un programme de recherche scientifique et technique, pouvant valoriser la ressource en eau.

2.6.- Organisation, exploitation et gestion des ressources en eau

Essayer d'entraîner les structures techniques concernées, telles que ANRH, DSA, DHW à élaborer un plan de mobilisation et d'exploitation des ressources en eau, dans le cadre d'une gestion raisonnée et contrôlée, permettant de redessiner les zones qui présentent les potentiels hydriques les plus forts, en les dotant de réseaux de communication et d'électrification.

2.7.- Développement durable de la ressource hydrique

L'optimisation et la valorisation de la ressource en eau à travers une exploitation judicieuse et une utilisation raisonnée et rationnelle, en vue d'arriver à un développement durable exigent impérativement d'associer tous les acteurs concernés, y compris les populations locales. Il faut qu'elles puissent tirer profit de cette ressource vitale, dans le cadre d'un programme de développement local et régional intégré, en vue de diversifier et d'améliorer les revenus.

Devant la globalisation économique au niveau international, il est indispensable d'exploiter et gérer correctement cette ressource en eau précieuse, dans le cadre d'un développement, prenant en compte les spécificités locales et régionales sahariennes. C'est par cette approche, qu'il sera possible d'optimiser et valoriser les ressources hydriques sahariennes, pouvant avoir une importance sur la dynamique de développement locale et régionale des régions sahariennes, tout en assurant un développement durable, devant répondre aux conditions suivantes:

- Acceptable socialement,
- Maîtrisable techniquement,
- Rentable économiquement,
- Viable écologiquement.

3.- Conclusion

L'objectif recherché aujourd'hui est d'assurer une optimisation des ressources en eau et leur valorisation dans une optique de développement durable, à travers une exploitation judicieuse et une utilisation rationnelle. Cette façon de procéder garantirait aux régions sahariennes un développement local intégré certain, et contribuerait à la préservation du milieu oasien. Dans ce contexte, l'essentiel ne réside pas uniquement dans l'aménagement, mais plutôt dans l'immatériel, à savoir: l'acquisition de références sérieuses, la

structuration et le renforcement des filières, la promotion de l'organisation professionnelle agricole, qui constituent autant d'actions prioritaires que les pouvoirs publics peuvent prendre en charge. Il est bien évident que toutes ces actions seraient vaines et ne sauraient atteindre leur but, que dans la mesure où elles s'inscrivent dans le cadre d'un plan de gestion et de développement global des ressources en eau, soutenu par les pouvoirs publics, appliqué et suivi par les services techniques spécialisés compétents.

Références bibliographiques

- [1].- CDARS, 2000.- Synthèse sur le développement des régions sahariennes, Ouargla, 17 p.
- [2].- BNEDER, 1999.- Plan de développement des régions sahariennes, Alger, 47 p.
- [3].- CDARS, 1999.- Valorisation des ressources hydriques et le développement agricole saharien, Ouargla, 30 p.
- [4].- Saker M. L., 2000.- Les contraintes du patrimoine phoenicicole de la région de l'Oued Righ et leurs conséquences sur la dégradation des palmeraies. Problèmes posés et perspectives de développement. Thèse de Doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 335 p.
- [5].- CDARS, 1997.- Situation de la mise en valeur dans les zones sahariennes, Ouargla, 13 p.
- [6].- Daddi Bouhoun M., 1997.- Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne: Cas du M'Zab. Thèse de Magister, INA, Alger, 180 p.
- [7].- Saker M. L., 1993.- Contribution à l'étude des problèmes de la formation agricole saharienne. DEA, université des sciences humaines, Strasbourg, 20 p.