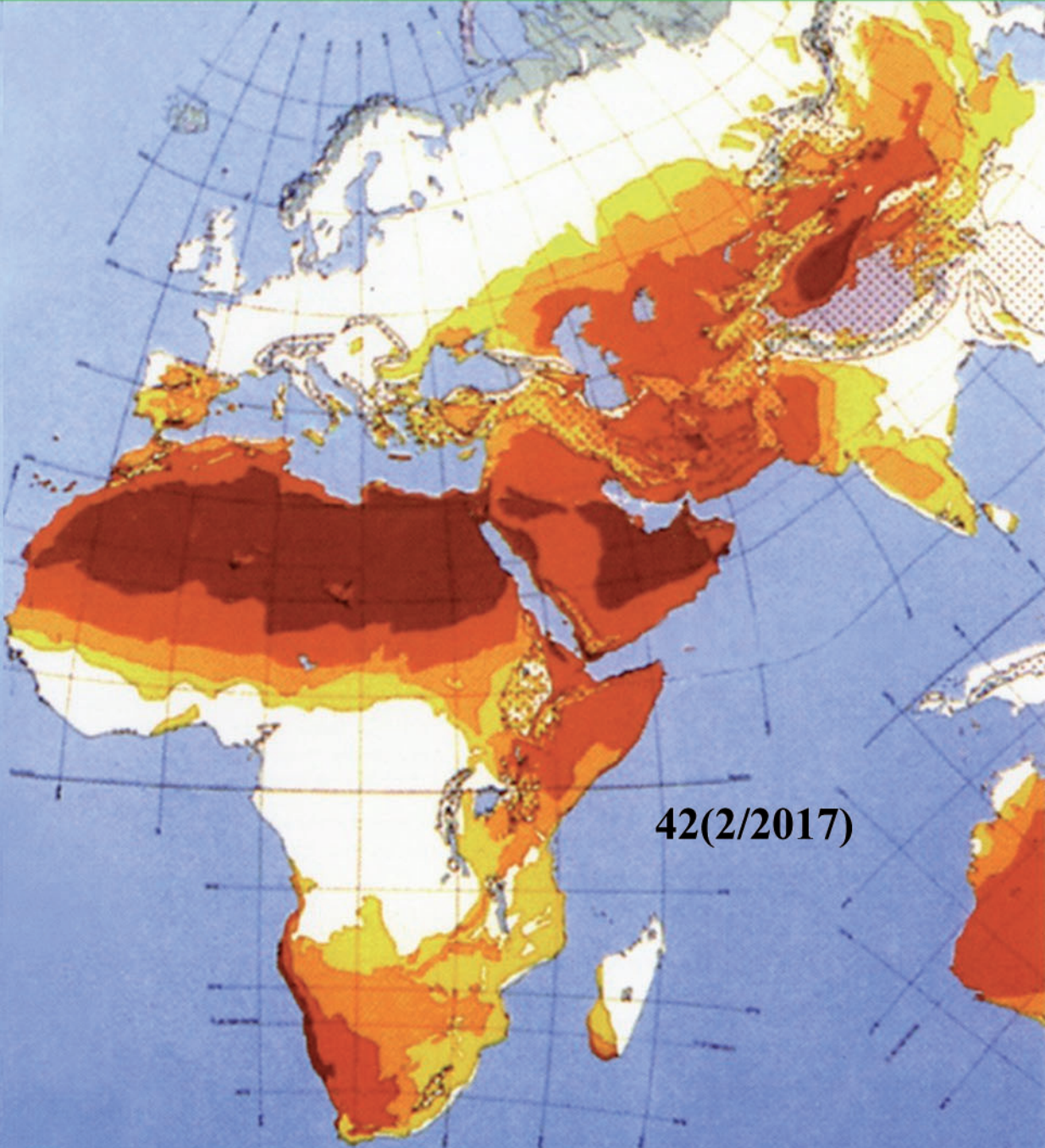


ISSN 0330 - 7956



REVUE DES RÉGIONS ARIDES

Éditée par l'Institut des Régions Arides - Médenine - TUNISIE



42(2/2017)

Répertoriée dans la base PASCAL de l'INIST

SOMMAIRE

La réponse physiologique et chimique des brebis de race barbarine à l'exposition au soleil durant l'été: LASSOUED N., KHNISSI S., BEN SALEM I., REKIK M. & MATOUFI F.	1
Evaluation des performances génétiques des lapins reproducteurs en Tunisie: DABOUSSI I.	15
Processus de mise-bas et comportement maternel et néonatal chez le dromadaire (<i>Camelus dromedarius</i>): DOGHBRI L., DEBOUBA S., CHNITER M., KHORCHANI T. & HAMMADI M.	21
L'Oryx d'ammah en Tunisie: caractérisation génétique et défis de conservation: BEN DHIEF A., BEDHIAF-ROMDHANI S. & DJEMALI M.	31
Facteurs déterminant l'occupation spatiale du Fennec '<i>Vulpes zerda</i>' dans la réserve naturelle Oued Dekouk, Tataouine: KARSSENE Y., CHAMMEM M., JARRAY M., KHORCHANI T. & NOUIRA S.	39
Evaluation de deux méthodes bio-informatiques pour la prédiction des éléments de réponse à l'auxine: SGHAIER N., REBAI A.	49
La filière des dattes communes dans l'oasis du grand Gabès : ses contraintes et ses atouts de développement: BEN H'MIDA F.	65
Caractérisation phytocéologique des différentes formations végétales des parcours gypso-salés d'El Bhaier, Sud de la Tunisie: GASMI A., BEN SALEM F. & TARHOUNI M.	83
Evaluation des paramètres d'infiltration en irrigation à la raie sur trois types de sol: SLATNIA., YACOUBI S., ZAYANI Kh. & PLAYAN E.	97
Restauration et réhabilitation d'une formation végétale saharienne : cas du parcours à base de <i>Retama raetam</i> : BEN ABDELLATIF M., TARHOUNI M., NEFFATI M. et OULED BELGACEM A.	113
Ecologie d'une population de Fouette queue d'Afrique du Nord "<i>Uromastix acanthinurus</i>" à Béni Khédache, Tunisie: Habitat, dimorphisme sexuel et régime alimentaire: KECHNEBBOU M., CHAMMEM M., JARRAY M. & KARSSENE Y.	131

Première réussite de l'insémination artificielle des chameles en Tunisie: SEDDIK M. M., MONACO D., FATNASSI M., PADALINO B., KHORCHANI T., LACALANDRA G.M., HAMMADI M.....145

La réponse physiologique et chimique des brebis de race barbarine à l'exposition au soleil durant l'été

LASSOUED N.¹, KHNISSI S.¹, BEN SALEM I.², REKIK M.², MATOUFI F.¹

¹ Institut National de Recherche Agronomique de Tunisie, Rue Hédi Karray, 2049 Ariana (Tunisie)

² Ecole Nationale de Médecine Vétérinaire, 2020 Sidi Thabet (Tunisie)

RESUME

Cette étude visait à comparer les réponses physiologiques et chimiques des brebis de race Barbarine exposées au soleil (lot 1) à leurs homologues placées à l'intérieur de bâtiments (lot 2). L'étude a été menée au cours du mois d'août et a concerné cinquante brebis adultes divisées en lots équilibrés selon l'âge et le poids vif. Les animaux ont été pesés une fois toutes les deux semaines. Les rythmes cardiaques et respiratoires ont été mesurés au début, milieu et fin de l'expérience. La température rectale a été mesurée chaque semaine. Des échantillons de sang ont été prélevés au début et à la fin de l'essai afin d'évaluer les bilans énergétique, azoté et ionique. Les résultats ont montré que l'exposition au soleil n'a eu aucune influence sur le poids vif ($50,33 \pm 0,74$ vs $50,78 \pm 0,78$ kg respectivement pour les lots ombre et soleil), par contre elle augmente significativement ($P < 0,05$) la fréquence respiratoire et cardiaque (respectivement 53 vs 100 et 83 vs 93 , pour les lots ombre et soleil). La moyenne de température rectale était de $39,33 \pm 0,15$ et $39,5 \pm 0,24$ °C respectivement pour les lots ombre et soleil, et était significativement plus élevée pour les animaux au soleil à la première, deuxième et cinquième semaine. L'évaluation des paramètres sanguins a montré des valeurs plus faibles du cholestérol et des valeurs plus fortes des triglycérides, des protéines totales, créatinine, urée et du potassium ($p < 0,05$) chez les brebis exposées au soleil. En conclusion, l'exposition des brebis au soleil pendant le mois d'août peut provoquer des changements physiologiques et chimiques mais n'a pas d'effets néfastes chez les animaux.

Mots clés: brebis, stress thermique, paramètres physiologiques, paramètres sanguins.

SUMMARY

This study was aimed to compare during summer, physiological and chemical responses of Barbarine ewes placed under direct exposure to sun (group 1) to counterparts placed indoors (group 2). The study was conducted during the month of August. Fifty ewes were divided to 2 groups balanced for age and live weight. Animals were weighed once every two weeks. Heart and respiration rates were measured at the beginning, middle and last times of the experiment. In the other hand, rectal temperature was measured every week. Blood samples were withdrawn at the beginning and at the end of the trial in order to assess energetic, nitrogen and ionic balances. Results showed that exposure to the sun had no influence on body weight (50.33 ± 0.74 vs 50.78 ± 0.78 kg respectively for indoors and outdoors groups). Solar radiation significantly ($P < 0.05$) increased respiration and heart rates (respectively 53 vs 100 and 83 vs 93 ; for indoors and outdoors). The average rectal

temperature was 39.33 ± 0.15 and 39.5 ± 0.24 °C respectively for indoors and outdoors groups, and was significantly higher for animals in the sun at the first, the second and the fifth measurements. The evaluation of serum metabolites showed that cholesterol concentration decreased and triglyceride concentration, total proteins, creatinin and urea blood values increase in solar exposed ewes. In conclusion, solar exposure of ewes during summer causes some physiological and metabolic changes in Barbarine ewes without deleterious effects.

Key words: ewes, heat stress, physiological traits, blood parameters.

1-INTRODUCTION

En Tunisie, les températures augmentent dès le mois de mars pour atteindre leur maximum en juillet et restent élevées jusqu'au mois de septembre. L'allongement de la période chaude est de plus en plus marqué avec les changements climatiques que connaît notre globe. Dans le secteur d'élevage, les fortes températures affectent non seulement les disponibilités alimentaires mais agissent directement sur l'animal.

L'élevage ovin, en majorité détenu par de petits éleveurs est conduit en système extensif. Dans ce système, l'alimentation est surtout basée sur la végétation naturelle et les chaumes de l'été. En plus, les béliers sont maintenus généralement avec les brebis.

Ces animaux élevés en plein air subissent directement l'effet des aléas climatiques entre autres les fortes températures estivales et les radiations solaires (Sevi et *al.*, 2001). Ces périodes chaudes peuvent coïncider avec des événements critiques de la ligne de conduite des ovins telle que la lutte. En effet, la fin du mois de juillet, qui correspond à une photopériode décroissante, coïncide avec le début de la saison sexuelle chez

les races ovines locales (Lassoued, 2011).

Dans le secteur organisé également, l'intensification de l'élevage ovin implique une accélération du rythme d'agnelage à travers une reproduction à différentes saisons de l'année dont l'été.

La majorité des travaux de recherche sur le stress thermique ont porté sur l'espèce bovine considérée plus sensible au stress thermique et n'a pas concerné l'espèce ovine.

L'objectif de notre étude est donc d'étudier l'effet de l'exposition au soleil et des fortes températures de l'été sur quelques paramètres physiologiques et métaboliques chez les femelles ovines de la race Barbarine.

2- MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'expérience s'est déroulée à Bou Rébiàa (INRAT, latitude $36^{\circ}38'$ Nord), qui appartient à l'étage bioclimatique semi-aride supérieur où la pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 440 mm avec une variabilité entre années et saisons. Les températures moyennes de la région de Bou Rebiaà varient de 17,7

à 19,6°C. La moyenne des maxima varie de 31,3 à 35,6°C et celle des minima varie de 4,4 à 6,8°C.

L'expérience a été réalisée durant 6 semaines entre juillet et septembre, période qui coïncide naturellement avec le début de l'activité sexuelle des ovins. Elle a porté sur 50 brebis réparties en deux lots. Un lot a été maintenu à l'extérieur sous les rayons solaires sans abris (lot 1) et l'autre lot a été logé à l'intérieur de bâtiments lumineux et aérés (lot 2).

Les deux lots sont homogènes sur le plan âge ($4,1 \pm 1,8$ ans et $4,1 \pm 1,9$ ans) et poids vif ($43,5 \pm 5,9$ kg et $43 \pm 5,4$ kg) respectivement pour les brebis à l'intérieur des bâtiments et au soleil.

Le régime alimentaire est basé sur du foin d'avoine (800 g / tête / jour) distribué en deux repas matin et soir, et de l'orge en grain 500 g /tête/ jour) distribué uniquement le matin.

Un enregistrement quotidien des températures minimales et maximales a été effectué à l'aide de thermomètres minima et maxima à affichage électronique : l'un placé dans le bâtiment où sont logés les animaux et l'autre en plein air à proximité des brebis au soleil.

Un seul hygromètre électronique a été utilisé et placé à une hauteur de 1 m de la litière afin de mesurer l'humidité relative à l'intérieur du bâtiment.

L'index THI (Temperature Humidity Index) est communément utilisé comme indicateur de l'intensité du stress thermique : parmi les formules qui permettent le calcul de cet index, celle proposée par NOAA (1976).

$$\text{THI (t, h)} = 9/5t + 32 - 11/2 (1-h)(9/5t - 26)$$

Où t correspond à la température maximale journalière en °C et h est l'humidité relative minimale quotidienne.

Fuquay (1981) évalue l'intensité du stress thermique en fonction de l'index THI :

- THI est < 72 : Pas de stress thermique
- $73 < \text{THI} < 77$: stress thermique faible mais qu'on peut sentir
- $78 < \text{THI} < 89$: stress thermique moyen
- THI > 90 : stress thermique sévère

Les brebis ont été pesées à jeun une fois toutes les deux semaines.

L'évaluation des réponses physiologiques est effectuée par des mesures des rythmes cardiaque et respiratoire au début, au milieu et à la fin de l'essai, et par des mesures hebdomadaires de la température rectale à l'aide d'un thermomètre digital appliqué sur la muqueuse rectale de l'animal pendant une minute.

D'autre part des échantillons de sang ont été prélevés au début et à la fin de l'essai afin d'évaluer l'effet du stress thermique et de l'exposition au soleil, sur les bilans énergétiques, azotés et ioniques. Les prélèvements sanguins sont effectués au niveau de la veine jugulaire et immédiatement centrifugés à +4°C pendant 20 minutes. Les échantillons de plasma sont conservés à -20°C jusqu'au dosage du glucose, cholestérol, triglycérider, protéine totale, urée, créatinine, Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺

et du phosphore en utilisant blood analyzer Genuis (Model GE200B; N.C: 300401101712).

Les résultats obtenus sont présentés sous forme (moyenne \pm SE). L'analyse statistique a été réalisée selon la procédure de modèles mixtes (SAS, 2005). Le traitement ombre/soleil est la source de variation considérée. La variable aléatoire était le lot exposé au soleil. Les niveaux de signification statistique ont été fixés à $P < 0,05$.

3-RÉSULTATS

3.1-Température environnementale

A l'échelle temporelle, on constate une forte amplitude thermique saisonnière et journalière.

La température maximale enregistrée au soleil pendant la période de mesure varie de 35 à 49,5°C, elle est de 39,9°C en moyenne. La température minimale varie de 3,5 à 29°C et présente une valeur moyenne de 17,9°C.

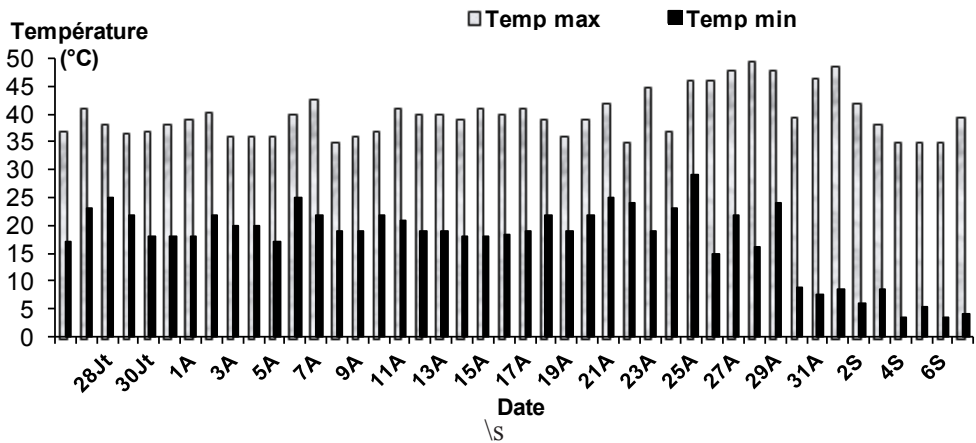


Figure 1. Variation journalière de la température minimale et maximale à l'extérieur durant l'essai

Au sein du bâtiment, la température maximale moyenne est de 35,5°C et varie de 27,5 à 44,5°C. La température minimale moyenne est de 19,4°C et varie de 8,5 à 29°C.

L'humidité relative (dans le bâtiment) est comprise entre 14,1 et 59,6. Elle est de 33,9 en moyenne. Quant au THI, les valeurs enregistrées varient de 40 à 113

avec une moyenne de 67,7 et des valeurs supérieures à 90 pendant le mois d'août.

Il se dégage de ces valeurs que l'essai s'est déroulé dans des jours de fortes chaleurs et de stress thermique de faible à sévère.

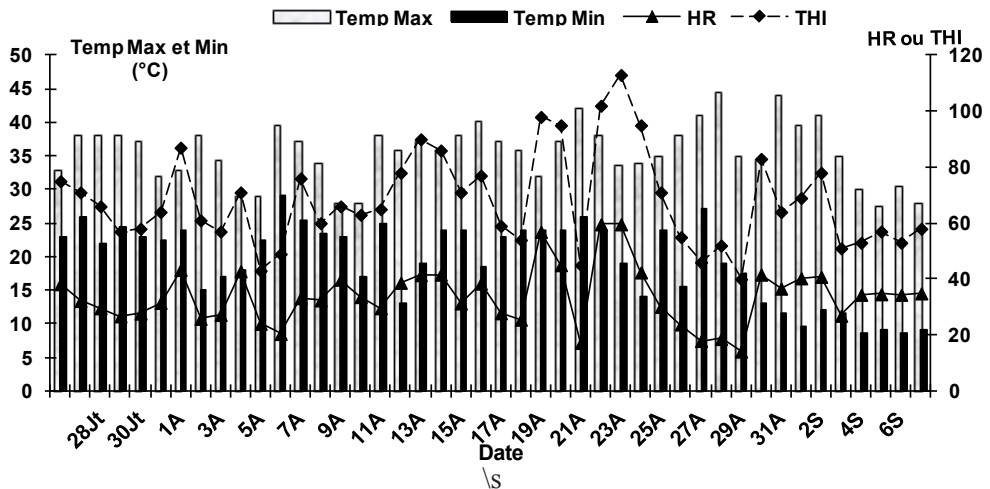
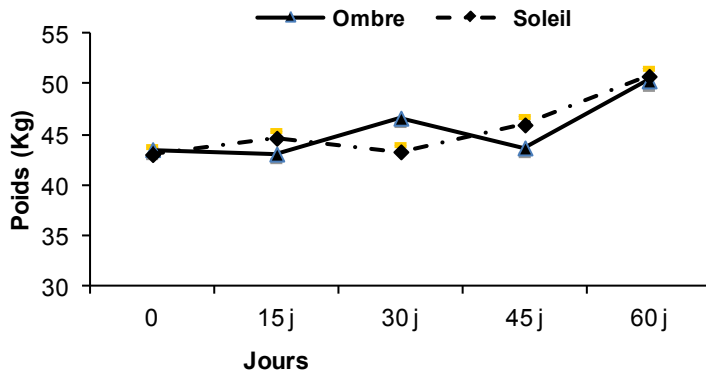


Figure 2. Variation journalière de la température (minimale et maximale), de l'humidité relative et des valeurs du THI à l'intérieur des bâtiments durant l'essai

3.2-Poids vif moyen

L'évolution du poids vif moyen des brebis dans les deux lots expérimentaux est représentée par la figure 3. Le poids moyen des brebis dans les deux lots est pratiquement constant 15 jours après le début de l'expérience. Ce n'est qu'à 30 jours de la date d'entrée des béliers que les analyses statistiques ont montré une différence significative ($P < 0,05$) du poids entre les deux lots. Le poids moyen des brebis logées à l'intérieur des bâtiments est de $46,63 \pm 0,72$ kg contre $43,29 \pm 0,74$ kg pour les brebis exposées

au soleil. A 45 jours de l'expérience, le poids moyen des brebis à l'intérieur a chuté à une moyenne de 43,7 kg. En revanche, les animaux à l'air libre ont gagné du poids vif. A la fin de l'expérience, les animaux se retrouvent avec des poids moyens supérieurs à ceux de départ ($50,33 \pm 0,74$ kg et $50,78 \pm 0,78$ kg, respectivement pour les brebis à l'intérieur et à l'extérieur $P < 0,05$).



\s

Figure 3: Evolution du poids moyen des brebis durant l'expérience

3.3-La température rectale

La figure 4 illustre la variation de la température rectale moyenne des brebis à l'ombre et au soleil durant la période expérimentale. La température rectale est significativement ($P < 0,05$) plus élevée chez les brebis au soleil à

la première, deuxième et 5^{ème} mesures. Toutefois, dans cette étude, les brebis maintenues à l'intérieur ne présentent pas toujours des températures rectales plus basses par comparaison à celles au soleil.

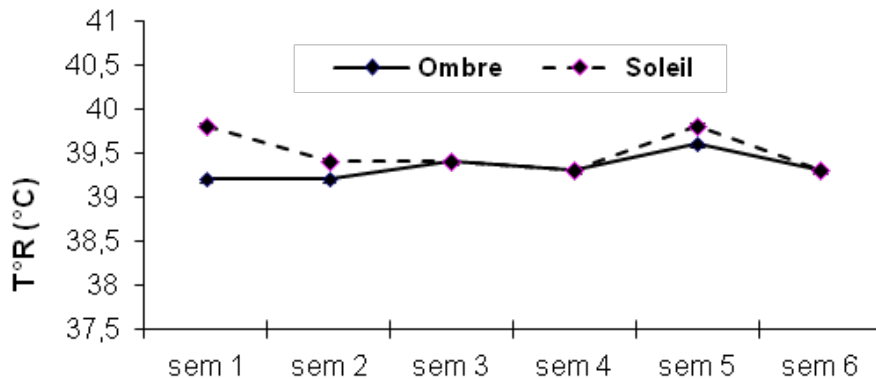


Figure 4 : Evolution de la température rectale des brebis durant l'expérience

Le tableau 1 montre les valeurs températures rectales dans les deux lots. moyennes, minimales et maximales des

Tableau 1 : Températures rectales moyennes des brebis et des béliers dans les deux lots expérimentaux

	Brebis	
	Ombre	Soleil
Température rectale moyenne (°C)	39,34 ± 0,30	39,51 ± 0,41
Minimum	38,70	38,70
Maximum	40,00	40,90

3.4-Fréquence respiratoire

Les valeurs enregistrées de la fréquence respiratoire sont représentées sur la figure 5. Elles varient de 44±3 respirations/min à 61±2 respirations/min et de 70

±3 respirations/min à 130 respirations/min pour les brebis à l'ombre et au soleil respectivement (Figure 5).

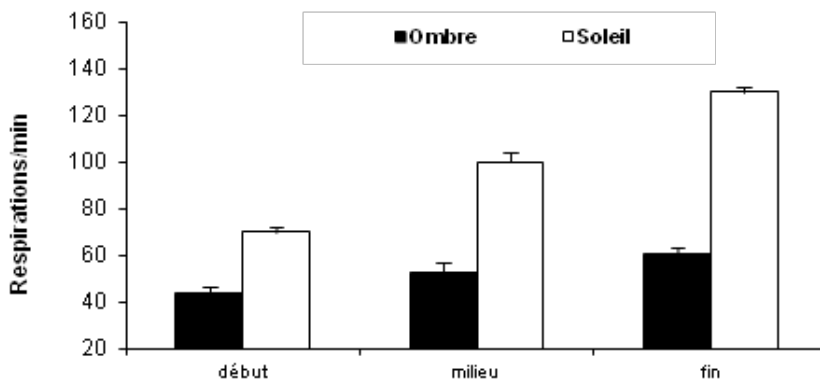


Figure 5 : Fréquence respiratoire des brebis au début, milieu et fin de l'expérience

Le rythme respiratoire est significativement supérieur ($P < 0,05$) chez les brebis exposées au soleil. On constate aussi qu'à la fin de l'essai la différence est plus importante entre les deux lots.

3.5-Fréquence cardiaque

Le nombre de battements cardiaques par minute des brebis est représenté sur la

figure 6. Les valeurs enregistrées lors de l'essai montrent des différences très significatives ($P < 0,05$) entre les deux lots. La fréquence cardiaque se situe entre 77 ± 2 et 87 ± 1 battements/min pour les brebis à l'ombre et entre 90 ± 2 et 95 ± 2 battements/min pour les brebis exposées au soleil.

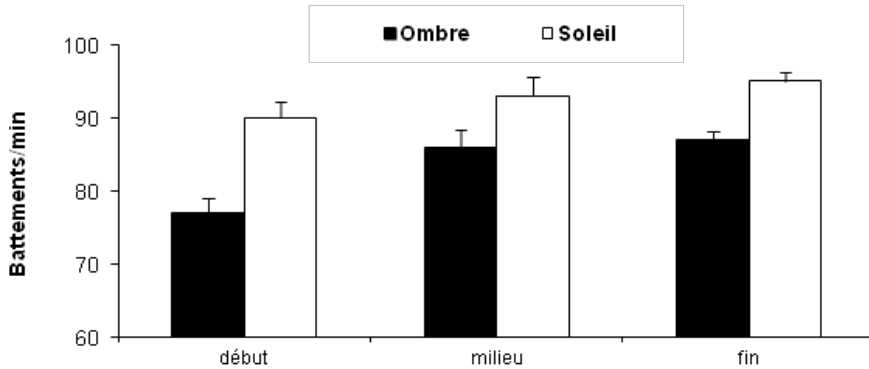


Figure 6 : Fréquence cardiaque des brebis au début, milieu et fin de l'expérience

3.6-Paramètres sanguins

Les paramètres du sang qui ont été analysés sont le glucose, les triglycérides, le cholestérol, les protéines totales, la

créatinine et l'urée. Pour les éléments ioniques, ce sont le potassium, le sodium, le phosphore et le calcium qui ont été analysés.

Tableau 2 : Métabolites et électrolytes dans le sang

Paramètres	Traitement		Effet, p
	Soleil (S)	Ombre (O)	
Bilan énergétique			
Glucose (mmol/L)	3.080.04±	3.030.04±	0.3555
Cholestérol (mmol/L)	1.840.04±	2.170.04±	<0.0001
Triglycérides (mmol/L)	0.340.01±	0.250.01±	=0.0022
Bilan azoté			
Protéines totales (g/L)	77.080.83±	71.700.81±	<0.0001
Créatinine (µmol/L)	71.62.94±	53.502.87±	<0.0001
Urée (mmol/L)	3.870.07±	3.430.07±	=0.0002
Bilan ionique			
Na ⁺ (mmol/L)	141.530.46±	141.900.44±	=0.5746
K ⁺ (mmol/L)	4.300.04±	4.080.04±	=0.0010
Ca ⁺⁺ (mmol/L)	1.780.05±	1.770.05±	=0.8831
P (mmol/L)	1.460.03±	1.460.03±	=0.8539

Le tableau 2 montre que les concentrations en protéines totales, créatinine et urée sont statistiquement différents entre les deux groupes d'animaux. En effet, toutes les concentrations sont plus élevées chez les brebis maintenues à l'extérieur exposées au soleil. Cependant la glycémie est semblable dans les deux lots ($p>0,05$). Par contre la concentration de cholestérol est inférieure chez les brebis exposées au soleil et la concentration des triglycérides plasmatiques est supérieure chez ces mêmes brebis. D'autre part, le bilan ionique dans cette étude reste dans les normes et il n'y a pas de différence significative, à l'exception de la concentration plasma-

tique du potassium qui a augmenté significativement ($p<0.001$) avec l'exposition au soleil.

4-DISCUSSION

En général les animaux exposés au soleil subissent de plus grandes charges de chaleur que ceux qui se trouvent dans des abris fermés ou dans des endroits ombragés (Al-Tamimi, 2007; Brosh et al., 1998; Sevi et al., 2001).

Les résultats de cette étude montrent clairement un effet de l'exposition au soleil sur les paramètres physiologiques et sur quelques métabolites chez les brebis de la race Barbarine maintenues à l'extérieur pendant la saison d'été.

Lepoids vifdesbrebis a subi des variations au cours de l'essai avec des différences significatives. Il est difficile d'attribuer la différence du poids entre les deux lots à la présence ou non d'ombrage. Cette variation peut être toutefois assimilée à des niveaux d'ingestion différents d'une période à l'autre et influencée par le stress thermique chez les brebis à l'intérieur comme au soleil. En effet, et selon les enregistrements à l'intérieur du bâtiment, des valeurs très élevées de THI ont été relevées jusqu'au 30^{ème} jour et qui témoignent d'un stress thermique sévère provoqué par des taux d'humidité très élevés au sein du bâtiment (Marai et al., 2007). Ceci a probablement affecté négativement les poids moyens des brebis durant cette période et pourrait expliquer la chute significative du poids vif observée avant le 45^{ème} jour. D'après Fuquay, (1981) lorsque la température ambiante s'élève au-dessus de 25-30°C, la consommation de matière sèche diminue et celle de l'eau augmente. Des variations de température peuvent expliquer jusqu'à 87 % des variations de la consommation alimentaire d'un même régime (Ahmed et El Amin 1997). En effet, l'animal réduit sa consommation alimentaire et s'adapte en réduisant les pertes de chaleur liées à la fermentation et à l'extra chaleur ajoutée à l'activité de mastication (Morand-Fehr et Doreau, 2001).

Parmi les principales fonctions thermo-régulatrices lors d'une exposition au stress thermique ou aux rayons solaires, la température rectale, la fréquence respiratoire et de battements cardiaques, la température au niveau de la peau sont le plus souvent évoqués.

La température rectale est le meilleur paramètre physiologique de mesure du bien être de l'animal dans un environnement chaud. Chez l'espèce ovine, la température rectale peut varier de 38,3°C à 39,9°C dans les conditions de neutralité thermique, c'est à partir de 42°C que cette température est considérée dangereuse (Fahmy, 1994 ; Marai et al., 1997).

Les moyennes observées chez la race Barbarine à partir de l'essai ainsi que les minima et les maxima sont pratiquement les mêmes pour les deux lots et ne s'éloignent pas des valeurs mesurées sur d'autres races adaptées aux climats chauds et arides. Ces valeurs restent dans les limites des normes physiologiques et traduit le pouvoir thermorégulateur de cette race.

En comparaison à d'autres races, en période chaude, on enregistre en moyenne des températures rectales de 39,7°C pour des moutons Omaniens (Srikandakumar et al., 2003), 39,5°C pour la race Awassi à queue grasse très adaptée au climat semi-aride (Hamadeh et al., 1993) et 39,3°C pour la race égyptienne Rahmani (EL-Sheikh et al., 1981).

Le rythme respiratoire et le rythme cardiaque qui sont des indicateurs de stress thermique (Berbigier, 1988) sont significativement supérieurs ($P < 0,05$) chez les brebis exposées au soleil. Durant l'été, la fréquence respiratoire et cardiaque est plus élevée qu'en hiver (Fahmy, 1994 ; Ismail et al., 1995). Au cours d'une journée, ces paramètres sont également plus élevés après midi (15 :00) que le matin (8 :00) (Marai et al., 2007). La même tendance est observée

chez des brebis sur parcours, ce qui est probablement le résultat de l'exposition au soleil (Ismail et al., 1995). Les valeurs enregistrées chez quelques races après 4 heures d'exposition au soleil sont : $86,2 \pm 2,7$ battements/min pour l'Île de France (Singh et al., 1980) ; $73,6 \pm 9,8$ battements/min pour la Suffolk et $71,0 \pm 9,6$ battements/min pour la race égyptienne Barki (El-Sheikh et al., 1981). A une température ambiante de $28,8^{\circ}\text{C}$, les rythmes cardiaques sont $66,1 \pm 2,22$ et $65,4 \pm 4,2$ battements/min respectivement pour les races indiennes Marwari (Mittal, Gosh., 1979) et Magra (Singh et al., 1980). L'augmentation du rythme de battements cardiaque augmente le flux sanguin vers la surface de l'organisme et donc augmente la déperdition de chaleur.

Pour le statut métabolique, la majorité des paramètres explorés dans cette étude présentent des valeurs compatibles avec les valeurs usuelles correspondantes rapportées dans la littérature (Casamassima, 2008 ; Deghnouche, 2011), même si des différences significatives ont été enregistrées entre les deux lots. Dans cette étude la glycémie n'est pas affectée par le stress thermique contrairement au résultat présenté par Sano et al., (1985) qui ont montré que la glycémie change immédiatement après l'exposition des animaux à la température élevée. Les valeurs observées de la triglycéridémie se sont avérées relativement inférieures à celles décrites par Dubreuil et al., (2005), mais sont restées comparables à celles présentées par Mollereau et al., (1995). En effet, en comparaison avec ces références, une baisse de la concentration

plasmatique de triglycérides a été notée chez les brebis du lot logé à l'intérieur des bâtiments. Cependant, le stress de l'exposition au soleil a provoqué une diminution du cholestérol. Dans d'autres travaux, une diminution du cholestérol a été expliquée par une augmentation du volume total de l'eau corporelle ou bien elle peut être due également à la diminution de la concentration d'acétate qui présente l'essentiel précurseur pour la synthèse du cholestérol (Marai, 2007).

L'exposition au soleil n'a pas affecté le bilan ionique à l'exception du K^+ qui a augmenté significativement chez les brebis exposées au soleil ($p < 0.001$). Ce résultat est difficile à interpréter puisque d'après plusieurs auteurs (Ashmawy et al., 1999 ; Jaber et al., 2004), la concentration plasmatique en potassium diminue avec un stress thermique et avec un stress hydrique de privation en eau.

D'autre part, un effet significatif de l'exposition au soleil est enregistré pour les concentrations de protéines totales, créatinines et urée, qui sont plus élevées chez les animaux exposés au soleil. Ce résultat est en accord avec Salem et al., (1998) qui ont montré que la concentration plasmatique des protéines totales augmente significativement chez des agneaux de race Chios pendant la saison estivale. Cependant, Baumgartner & Partnhaner (1994) ont montré que la protéinémie diminue avec la température élevée, alors que Marai et al., (2007) ont prouvé que ce paramètre est insensible au stress thermique. Concernant la créatinémie on est en accord avec les résultats de Baumgartner & Partnhaner (1994) qui ont montré que ce paramètre sanguin augmente en exposant les

animaux à des températures élevées.

5-CONCLUSION

Les résultats de cette étude démontrent une fois encore la capacité adaptative de la race Barbarine, pourvue d'une toison et d'une peau blanche, aux fortes chaleurs estivales et aussi à l'exposition au soleil pendant le mois le plus chaud de l'année.

Les réponses physiologiques sont traduites par une capacité de maintenir l'homéothermie chez les brebis par une augmentation des rythmes respiratoire et cardiaque. Les réponses chimiques, qui malgré des variations significatives, se maintiennent dans l'intervalle des normes usuelles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ahmed M.M.M., El Amin A.I. (1997) : Effect of hot dry summer tropical climate on forage intake and milk yield in Holstein-Friesian and indigenous zebu cows in Sudan. *J.Arid Environm.*, 35, 737-745.
- Al-Tamimi, H.J. (2007) : Thermoregulatory response of goat kids subjected to heat stress. *Small Rumin. Res.*, 7 (1):280-285.
- Ashmawy, N. A., S. A. Ibrahim, and H. A. El-Rigalaty (1999) : A comparative study of buffer components and minerals profile between rumen liquor and blood of buffalo calves. *Brni-Suef. Vet. Med.J.*, issue 2, pp. 259-271.
- Baumgartner W., Pernthaner A. (1994) : Influence of age, season, and pregnancy upon blood parameters in Austrian Karakul sheep. *Small Rumin. Res.*, 1994, 13, 147-151.
- Berbigier P. (1988) : Régulation des ruminants domestiques en climat tropical. *Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale. INRA*, Paris, 83-123.
- Brosh, A., Aharoni, Y., Degen, A.A., Wright, D., and Young, B.A. (1998) : Effects of solar radiation, dietary energy and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment. *J. Anim. Sci.* ;76: 2671-2677
- Deghrouche K., Tlidjane M., Meziane T., Toubti A. (2011) : Influence du stade physiologique sur divers paramètres biochimiques sanguins chez la brebis Ouled Djellal des zones arides du Sud-est algérien. *Revue Méd. Vét.*, 2011, 162, 1, 3-7.
- Dubreuil, P., Arsenault, J., Belanger, D. (2005) : Biochemical reference ranges for groups of ewes of different age. *Vet. Rec.* 156:636-638
- El-Sheikh, A.S., Salem, M.H., Ibrahim, I.I., Mohamed, A.A., El-Sherbini, A.A., and Yousef, M.K., (1981) : Relative adaptability of some local and foreign breeds of sheep to Sahara desert, Egypt. *J. Anim. Prod.* 21: 109-120

- Fahmy, S. (1994) : *Effect of crossing Romanov with Rahmani sheep on some physiological and productive performance*. M.Sc. thesis. Faculty of Agriculture, Al-Azhar University, Cairo, Egypt.
- Fuquay J.W. (1981) : Heat stress as it affects animal production. *J. Anim. Sci.* 52:164–174.
- Hamadeh, S.K., Seeden, H., Talhouk, S.N., Baalbaki, R., Zurayk, R., (1993) : Changes in traditional agropastoral systems. A Lebanese case study. A paper and poster presentation, ICARDA Dryland Management Workshop, Aleppo-Syria.
- Ismail, T.M., M.K.Yamanaua, J. T. Saliki, A. El-Knoly, C. Mebus, and T. Yilma. (1995) : Cloning and expression of the nucleoprotein of Peste des petits ruminants virus in baculovirus for use in serological diagnosis. *Virology*. 20: 776-778.
- Jaber L.S., Habre A., Rawda N., Abi Said M., Barbour E.K. and Hamadeh S., (2004) : The effect of water restriction on certain physiological parameters in Awassi sheep. In: *Small Rumin. Res.*, 54, p. 115-120.
- Lassoued N. (2011) : Méthodes de maîtrise de la reproduction ovine selon le système d'élevage. *Options Méditerranéennes A*, 97, P 103-110.
- Marai, I.F.M., Daader, A.M., Abdel-Samee, A.M., and Ibrahim, H., (1997) : Winter and summer effects and their amelioration on lactating Friesian and Holstein cows maintained under Egyptian conditions. In : Proceedings of International Conference on Animal, Poultry, Rabbits and Fish Production and Health.
- Marai I.F.M, El-Darawany A.A, Fadiel A, Abdel-Hafez MAM. (2007) : Physiological traits as affected by heat stress in sheep a review. *Small Rumin Res.* 71:1–12.
- Mittal JP, Gosh PK. (1979) : Body temperature, respiration and pulse rate in Corriedale, Marwari and Magra sheep in Rajasthan desert. *J Agric Sci.* 93:587–591.
- Mollereau H., Porcher C., Nicolas E., Brion A. (1995) : Vade-mecum des vétérinaires. *Formulaire des vétérinaires et pharmacologie*. Pp 1672.
- Morand-Fehr P., Doreau M., (2001) : Ingestion et digestion chez les ruminants soumis à un stress de chaleur. Productions Animales (INRA). *Prod. Anim.* 14: 15-27.
- NOAA. (1976) : Livestock Hot Weather Stress. *Operations Manual Letter C-31-76*. NOAA, Kansas City, MO.
- Salem, J.A., Kobeisy, M.A., Zenhom, M. and Hayder, M., (1998) : Effect of season and ascorbic acid

supplementation on some blood constituents of suckling Choisis lambs and its crosses with Ossimi sheep in Upper Egypt. *J. Agric. Sci.*, 29: 87–100.

-Sano, T., Uyeda, I., Shikata, E., Meshi, T., Ohno, T. & Okada, Y., (1985) : A viroid-like RNA isolated from grapevine has high sequence homology with hop stunt viroid. *J. Gen. Vir.*, 66, 333-338.

-SAS, (2005) : version 9.1, SAS Inst., Cary, Caroline du Nord, États-Unis, 2005.

-Sevi, A., Annicchiarico, G., Albezio, M., Taibi, L., Muscio, A., Dell'Aquila, S., (2001) : Effects of solar Radiation and feeding time on behavior, immune response and production of lactating ewes under high ambient temperature. *J. Dairy Sci.* 84:629-640.

-Singh M, Rai A K, More T, Dhaliwal J S., (1980) : Note on comparative physiological response of sheep and goats to high ambient temperature. *Ind. J. Anim Sci.* 50 (2), 202-205.

-Srikandakumar A., E., Johnson H., Mahgoub O. (2003) : Effect of heat stress on respiratory rate, rectal temperature and blood chemistry in Omani and Australian Merino sheep. *Small Rumin. Res.*, volume 49, Issue 2, August 2003, pp:193-198.

Evaluation des performances génétiques des lapins reproducteurs en Tunisie

DABOUSSI I.

Groupement Interprofessionnel des Produits Avicoles et Cunicoles

ملخص :

يهدف هذا العمل إلى تقييم مستوى الأداء التناسلي للأرانب ونمو جسم الخرنق لتقدير القيم الوراثية واختيار الأفضل من المواشي. وقد تم تحليل مستوى الأداء التناسلي للأرانب على عدد يناهز 7102 أرنباً على مستوى أربع مراكز تربية على البيانات المسجلة على مدى ثلاث سنوات 2009-2011. تم تحليل البيانات نمو الخرنق على عدد يناهز 215 ولدة من فترة الولادة إلى فترة الفطام (35 يوم) لقد تم اعتماد البرمجيات لتقديم مستوى عامل التوريث والارتباطات الوراثية. لقد تم تطوير النماذج الاحصائية باستعمال التحليل الأولي للبيانات وبالاستعانة بالإجراء ج ل م من النموذج الاحصاء من النسخة 9.3. لقد أظهرت امهات المراكز الثلاثة الشبق والخصوبة إلى مستوى 60 بالمئة وتتميز اللواتي من المركز الأول بنسبة انجاب ضعيفة تقدر ب43 بالمئة. ان نسبة الخصوبة هامة جدا في سنوات 2010 مقارنة بالسنوات 2009 و2011. وأشار أيضا إلى أن موسم له تأثير على الخصوبة في الإناث. وفي الواقع وبشكل ملحوظ أقل خصوبة في فصل الصيف (49%) من غيرها من الموسمين (الموسم 1 و 3)، والتي تمثل 67 و 63%، على التوالي. الإناث متكررة الولادات لذكر من الاواتي الإناث عديمة الولادة هي أكثر قبولا الا انها اقل خصوبة. اضافة ان العددالجمالي للخرناق في كل ولدة مرتفع في المركز عدد 3 ملحقا بالتلقيح الاصطناعي وهو كذلك مهجن (مضاعف من مركز اخر). على اثر استعمال التلقيح الاصطناعي في الخريف ارتفع العدد الجملي للخرناق المولودة في كل ولدة بحوالي 8 خرناق. ان موسم الولادة يؤثر جزئيا على مستوى الاداء التناسلي للأرانب ونمو جسم الخرناق. يتميز الموسم الصيفي بالحرارة المرتفع التي تحد من بعض الفعلية وبالتالي انخفاض نسبة الشبق نسبة الولادات حجم الولادة والوزن التقديري في هذا الموسم الحار وعلى العكس فان حرارة الصيف ليس لها تأثير على نسبة الخصوبة الاسقاط وحجم الولادة في فترة الفطام ومستوى النمو الفردي للخرناق. ان عامل السلالة ليس له تأثير على نسبة الخصوبة والعدد الجملي للخرناق المولودين. يمكن تحقيق التحسين في مستوى القدرات الحيوانية وذلك بتطوير اوضاع المراكز الفلاحية وضع برنامج تحسين الوراثي للحصول على سلالة تتكيف مع الاوضاع البيئية وتتميز بالغرز والنقل.

الكلمات المفتاح: أرنب، تحسين الوراثي، القدرات،تناسل،نمو.

RÉSUMÉ :

L'objectif de l'étude est d'évaluer les performances de reproduction des lapines et la croissance des lapereaux afin d'estimer leurs valeurs génétiques pour une meilleure sélection des sujets reproducteurs. L'analyse des performances de reproduction a porté sur un total de 7102 femelles de quatre centres d'élevage, sur des données enregistrées sur une période de trois années (2009-2011). Une analyse des données de croissance des lapereaux a porté sur 215 portées de la naissance au sevrage (à 35 jours). Le logiciel PEST (*Parameter Estimation*) a été utilisé pour estimer le

facteur d'héritabilité des caractères et les corrélations génétiques. Les modèles statistiques utilisés ont été développés grâce à une analyse préliminaire des données à l'aide de la procédure GLM du logiciel SAS version 9.3. Les lapines des trois centres sont réceptives et fertiles (une moyenne de 60%). Les lapines du centre n°1 sont caractérisées par le taux de mise bas le plus faible (43%). Le taux de la fertilité est plus important durant l'année 2010 par rapport aux autres années 2009 et 2011. On a remarqué aussi que la saison présente un effet sur le taux de fertilité, en effet les femelles sont significativement moins fertiles en été (49%) qu'aux deux autres saisons (saison 1 et 3) qui représente respectivement 67 et 63%. Les femelles nullipares acceptent mieux le mâle que les multipares. Par contre, elles sont moins prolifiques. Le nombre de lapereaux nés totaux par mise-bas le plus élevé est observé chez l'éleveur n°3 suite à la saillie par insémination artificielle qui est aussi croisée (multiplicateur d'un autre élevage). Le nombre de lapereaux nés totaux par mise bas le plus élevé est observé à la suite des saillies d'automne et elle est de 8 lapereaux. La saison de mise-bas n'affecte que partiellement ces performances de reproduction et la croissance des lapereaux. La saison estivale caractérisée par des températures élevées déprime certaines performances. Ainsi, le taux d'acceptation de l'accouplement, le nombre de nés vivants, le poids des portées et poids moyens sont plus faibles pendant cette saison chaude. A l'inverse les fortes chaleurs estivales n'ont pas d'effet sur le taux de fertilité des saillies, la taille de portée au sevrage et la croissance individuelle des lapereaux. L'effet de la lignée sur le taux de la fertilité ainsi que sur le nombre de lapereaux nés totaux n'est pas significatif. L'amélioration de ces performances peut être obtenue à la fois par l'amélioration des conditions d'élevage et par un programme d'amélioration génétique pour obtenir une souche adaptée au milieu, plus prolifique et plus lourde.

Mots clés: Lapin, Amélioration génétique, performances, reproduction, croissance.

SUMMARY

The objective of the study was to evaluate the reproductive performance of rabbits and growing rabbits to estimate genetic values for a better selection of breeding stock. Analysis of reproductive performance was based on a total of 7102 females for four breeding centers on data recorded over a period of three years (2009-2011). An analysis of growth data rabbits focused on 215 litters from birth to weaning (35 days). The software PEST (Parameter Estimation) was used to estimate the heritability of traits and genetic factor correlations. The statistical models used were developed through a preliminary analysis of data using the GLM procedure of SAS software Version 9.3. Rabbits of the three centers are receptive and fertile (average 60%). They are characterized in the center No. 1 by the lowest farrowing rate (43%). The fertility rate is higher during 2010 compared to other years 2009 and 2011. It was also noted that the season has an effect on fertility, in fact females

are significantly less fertile in summer (49%) than the other two seasons (Season 1 and 3), which represents 67 and 63%, respectively. Nulliparous females are more accepting than the male multiparous. By cons are less prolific. The total number of rabbits born by the higher calving is observed in breeder 3 after mating by artificial insemination is also cross (another multiplier breeding). The total number of rabbits born by the higher calving is observed following projections fall and is 8 rabbits. The season of calving affects only partially the reproductive performance and growth of rabbits. Summer high temperatures characterized not depressed some performance. Thus, the acceptance of the coupling rate, the number of live births, the litter weight and average weights are lower during this hot season. Unlike the high summer temperatures have no effect on the fertility rate projections, litter size at weaning and growth of individual rabbits. The effect of strain on the fertility rate and the total number of rabbits born is not significant. The improvement of these performances can be achieved both by improving farming conditions and a breeding program to obtain a strain adapted to the environment, most prolific and heavier.

Keywords: Rabbit Breeding, performance, reproduction, growth.

1-INTRODUCTION

La production de viande de lapin en Tunisie est estimée à 2400 tonnes par an (GIPAC, 2013) dont 75% est assurée par le secteur industriel et pourrait être fortement augmentée compte tenu de la demande. Le nombre de femelles en production est estimé à 81000 unités dont 33000 conduites dans 200 élevages rationnels. La promotion de l'élevage de lapin de chair à un niveau industriel rencontre des insuffisances, notamment la disponibilité des lapins reproducteurs sélectionnés et d'un aliment de bonne qualité.

Afin de développer le secteur cunicole en Tunisie, il faudrait au préalable procéder à une caractérisation des populations existantes dans le pays et qui n'aurait subi aucune sélection génétique, et ce pour améliorer leurs potentialités et surtout la productivité numérique des lapins. Dans ce cadre, un programme de

sélection a été instauré et mis en application en Tunisie au sein du Groupement Interprofessionnel des Produits Avicoles et Cunicoles (GIPAC) depuis l'année 2009 en collaboration avec la Station d'Amélioration Génétique des Animaux (SAGA) à l'INRA de Toulouse dans le cadre d'un projet de recherche CMCU intitulé « **Analyse de la diversité génétique des populations cunicoles en Tunisie et mise en place d'un programme d'amélioration génétique** ».

L'objectif étant de constituer, à partir du matériel animal local, des lignées nationales pour la production de la viande conduit en élevage rationnel et fermier. Les animaux sont sélectionnés au sein de chaque centre de reproducteurs de lapin qui comptent actuellement quatre centres agréés. Cette étude a pour but d'évaluer les performances de reproduction des lapines et la croissance des lapereaux

afin d'estimer leurs valeurs génétiques pour une meilleure sélection des sujets reproducteurs.

2-MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1- Les animaux

Un total de 7102 femelles de cinq souches différentes disponibles dans quatre centres de reproducteurs ont été mises en reproduction vers l'âge théorique de 6 mois.

2.1.2. Alimentation et conduite d'élevage

Les conditions du milieu mises en place au niveau des quatre élevages agréés, permettaient aux animaux de bénéficier des meilleures conditions d'élevage et d'exprimer leur plein potentiel génétique. Les lapins ont été nourris *ad libitum* avec des aliments commerciaux répondant aux besoins des femelles en lactation et des lapins en engraissement.

2.1.3. Définition des saisons

Nous avons défini 3 saisons de 4 mois basées sur les plages de température observées (saison froide de février à mai, moyenne depuis octobre jusqu'à janvier et chaude de juin à septembre).

2.1.4- Mise en place de la base de données

Nous avons mis en place une base de données spécifiques aux lapins reproducteurs qui permet, entre autres, le calcul instantané des performances zootechniques individuelles et de classer les animaux selon ces performances.

Ainsi, une page spécifique a été

développée dans les centres pour envoyer des fichiers de données extraits et les intégrer directement dans la base de données. Cette page est basée sur un programme, qui lit les différents fichiers disponibles (fichiers Femelles, Pedigree, Reproduction, croissance) selon un format prédéfini.

2.2- Méthodes d'analyses statistiques

- **Le logiciel SAS** : les modèles statistiques utilisés ont été développés grâce à une analyse préliminaire des données à l'aide de la procédure GLM du logiciel SAS version 9.3 (Statistical Analysis System).

- **Le logiciel PEST** : les valeurs génétiques des animaux ont été estimées pour chaque caractère à l'aide du logiciel PEST (Parameter Estimation) (Groeneveld et Kovac, 1990). Ce logiciel PEST permet d'estimer le facteur d'héritabilité des caractères et les corrélations génétiques.

3- RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les performances des femelles des cinq types génétiques appartenant aux quatre centres de reproducteurs ont été analysées. Les paramètres évalués sont le taux de mise bas **TMB**, le nombre de nés totaux par mise bas **MB_NT** et le nombre de nés vivants par mise bas **MB_NV**. Seuls les résultats des effets du type génétique, de la saison et du numéro de saillie et leur interaction ont été présentés dans cette étude.

3.1- Caractéristiques des femelles

Les femelles dans le centre 1 sont significativement moins réceptives

que celles appartenant aux trois autres centres. Le taux de mise bas enregistré ne diffère pas significativement entre ces trois derniers il a atteint 60% contre 43% chez le centre n°1.

L'effet de la saison de saillie n'est observé que sur le taux de fertilité ; où les femelles sont significativement moins fertiles en été (49%) qu'aux deux autres saisons (saison 1 et 3) qui représente respectivement 67 et 63%. Aussi on observe que la taille de portée la plus élevée (MB/NT=8) est enregistrée à la suite des saillies d'automne (saison 1) ce qui confirme les observations de Zerrouki et *al.* (2005, 2009). Sur les performances des souches algériennes où le taux de fertilité le plus élevé a été enregistré en fin d'année (69.3%). Par contre, il n'y a aucun effet de saison sur le taux de mise bas ainsi, l'analyse ne révèle aucune interaction entre le type génétique et la saison.

3.2- Caractéristiques des portées

Les femelles du troisième centre qui est considéré comme multiplicateur d'un autre centre ont une prolificité significativement supérieure aux trois autres centres, ceci pourrait être expliqué par l'effet du croisement. L'écart en nombre de sevrés est plus réduit que pour le nombre de nés, ceci est lié probablement à la forte mortalité entre naissance-sevrage. La lignée ne montre pas d'effet significatif sur les tailles de portées à la naissance ou au sevrage.

4- CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Les travaux sur l'amélioration génétique doivent faire l'objet de protocoles futurs et traiter des priorités suivantes :

- Estimer la valeur économique des caractères de sélection.
- Estimer le progrès génétique espéré considérant les pondérations actuelles des caractères.
- Installation d'une interface de saisie de données du logiciel des traitements des performances.
- Développement d'un plan d'accouplement sur le logiciel.

Au vu des résultats obtenus, la sélection pourrait, au bout de quelques années, améliorer la productivité globale. Nous suggérons de ce fait de poursuivre les travaux sur plusieurs générations en adoptant des pratiques d'élevage plus appropriées et en appliquant une sélection basée sur les valeurs génétiques.

Avant d'envisager l'importation de nouvelle souche, il conviendrait de poursuivre l'évaluation de notre souche locale et de réaliser une comparaison rigoureuse entre les différents animaux existants au niveau de chaque centre de reproducteur afin de préciser notamment les caractères qu'on veut améliorer.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Groeneveld E., Kovac M., (1990) : A generalized computing procedure for setting up and solving mixed linear models. *J. Dairy Sci.*,73, 513 -531.
- Zerrouki N., Bolet G., Berchiche M., Lebas F. (2005) : Evaluation of breeding performance of a local Algerian rabbit population raised in the Tizi-Ouzou area. *World Rabbit Sci.*13 (1),29-37.
- Zerrouki N., Benchabane A., Tounes Y. (2009) : Influence de l'état d'allaitement et de la parité sur les performances de reproduction des lapines en population blanche. Séminaire national « Reproduction animale et biotechnologies » Université Hssiba Ben Bouali, Chlef Algérie, 5-6 Avril 2009.

**Processus de mise-bas et comportement maternel et néonatal
chez le dromadaire (*Camelus dromedarius*)**

DOGHBRI L.¹, DEBOUBA S.², CHNITER M.¹, KHORCHANI T.¹, HAMMADI M.¹

¹: Laboratoire d'Élevage & Faune Sauvage, Institut des Régions Arides, 4119 Médenine, Tunisie

²: Institut Supérieur de Biologie Appliquée de Médenine, 4119 Médenine, Tunisie

E-mail: lamy.doghbri@hotmail.com

RÉSUMÉ

Ce travail cherche à décrire, pour la première fois, la mise-bas et caractériser le comportement maternel et néonatal chez la chamelle Maghrebi élevée en semi-intensif. La mise-bas a été surveillée chez un lot de 13 chamelles multipares âgées de 7 à 16 ans à l'aide de l'enregistrement de vidéo. De même, des traits du comportement maternel et néonatal ont été quantifiés pendant 30 min d'observation à différents temps après la mise-bas. La durée de mise-bas est égale à $20,8 \pm 3,5$ min avec une variation de 16 à 27 min. La délivrance survient après $76,6 \pm 5$ min avec un placenta vide qui pèse en moyenne $4,9 \pm 1,2$ kg. Le nombre de flairage du nouveau-né manifesté par la mère est plus élevé ($24,1 \pm 14,3$) immédiatement après la mise-bas puis il diminue à 24 h après ($14,0 \pm 10,8$). De même, la mère émet des blatètements plus fréquemment au moment de la mise-bas ($45,8 \pm 37,9$; $P < 0,05$) comparativement à 6 h ($18,1 \pm 19,6$), 12 h ($15,1 \pm 17,6$) et 24 h ($10,7 \pm 11,3$). Le poids et la température rectale enregistrés à la naissance sont de l'ordre de $25,8 \pm 3,5$ kg et $36,2 \pm 1,2$ °C, respectivement. Le chamelon nouveau-né lance son premier cri après $19,1 \pm 23,1$ min de sa naissance, se met debout après $5,6 \pm 5,1$ h et effectue sa première tétée avec succès et sans aide vers $9,4 \pm 7$ h de la naissance. Il a flairé sa mère plus fréquemment ($P < 0,05$) à 12 h ($18,0 \pm 16,4$ fois) et à 24 h ($12,3 \pm 12,2$ fois) comparativement à 1 h de la naissance ($0,4 \pm 1,1$ fois). Une variabilité importante a été observée pour la plupart des traits de mise-bas et des comportements maternel et néonatal ce qui reflète l'implication de plusieurs facteurs qui méritent d'être identifiés.

Mots clés: Dromadaire, mise-bas, comportement, maternel, néonatal.

SUMMARY

This work aims to describe for the first time the process of parturition and characterize the maternal and neonatal behaviors in Maghrebi camel elevated under semi-intensive system. Thirteen pregnant camels aged between 7 and 16 years were regularly checked for signs of parturition. These animals were subjected to continuous observation at parturition using the video recording. Maternal and neonatal behaviours were also

quantified during 30 min of observation at different times after birth. The duration of labour was 20.8 ± 3.5 min but individual values varied from 16 to 27 min. The placenta was expelled after 76.6 ± 5 min of the expulsion of the foetus and it weighted 4.9 ± 1.2 kg after the removing of their waters. Mothers sniff more frequently (24.1 ± 14.3 ; $P < 0.05$) their newborn calves immediately at birth compared to 24 h after (14.0 ± 10.8). Similarly, they emit more bleats at parturition (45.8 ± 37.9 ; $P < 0.05$) compared to 6 h (18.1 ± 19.6), 12 h (15.1 ± 17.6) and 24 h after (10.7 ± 11.3). The birth weight and the rectal temperature values of newborn calves were 25.8 ± 3.5 kg and 36.2 ± 1.2 °C, respectively. Newborn calve emits its first bleat at 19.1 ± 23.1 min, stands on its own at 5.6 ± 5.1 h and suckles without assistance at 9.4 ± 7 h of birth. It sniffs her mother more frequently ($P < 0.05$) at 12 h (18.0 ± 16.4 times) and at 24 h (12.3 ± 12.2 times) compared to 1 h of birth (0.4 ± 1.1 times). Significant variability was observed for the traits of calving and those of maternal and neonatal behaviours reflecting the effect of several factors that need further studies.

Key words: Dromedary, calving, behavior, maternal, neonatal.

1. INTRODUCTION

En Tunisie, le dromadaire (*Camelus dromedarius*) est majoritairement élevé en système extensif pour produire de la viande essentiellement mais aussi du lait, des poils et des peaux (Hammadi, 2003). Cependant, des élevages camelins laitiers ont été développés pendant les années récentes dans les oasis et les périmètres irrigués du sud tunisien pour répondre à la demande excessive du lait de chamelle. Dans ces conditions, les animaux sont élevés en semi-intensif et les chamelles péri-parturientes sont maintenues en stabulation libre dans des bergeries ou des espaces abritées durant quelques semaines avant la mise-bas. Face à ce mode de conduite, des comportements de stress s'observent fréquemment chez la chamelle gestante comme l'arrachement de la toison et la morsure des autres congénères. Ces stéréotypies s'accompagnent également, dans une étape ultérieure, de la difficulté de naissance (dystocie) et des comportements associés (rejet du nou-

veau-né, comportement néonatal tardif). Or, l'incidence de ces problèmes peut affecter négativement l'établissement de la relation mère-jeune et par conséquent la survie du chamelon. Des informations sur le comportement à la parturition et la relation mère-jeune chez la chamelle revêtent un intérêt considérable. Ce travail cherche pour la première fois à décrire le processus de mise-bas et caractériser le comportement maternel et néonatal chez la chamelle élevée en semi-intensif.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Animaux étudiés et mode de conduite

L'étude a été réalisée sur un lot de 13 chamelles multipares âgées de 7 à 16 ans qui appartiennent au troupeau expérimental de l'Institut des Régions Arides de Médenine (IRA). Ces chamelles ont été fécondées naturellement par le même géniteur entre 21 Mars et 05 Avril 2012. Dans ces conditions d'élevage semi-intensif, les animaux retirent leur

alimentation des parcours naturels dans les zones avoisinantes caractérisées par la dominance d'espèces halophytes. A leur retour du pâturage, les animaux reçoivent une complémentation alimentaire à base d'orge (2 kg) et de grignons d'olives (2 kg). En fin de gestation (1-2 mois) et pendant le premier mois d'allaitement, les chamelles sont retenues à la bergerie et elles reçoivent une ration basée sur le foin (3 kg/tête), les grignons d'olives (2,7 kg/tête) et le concentré (2,3 kg/tête).

2.2. Etude de la mise-bas et des comportements associés

Dès que la mise-bas se rapproche, la surveillance se concentre constamment en partageant le travail tout au long du jour entre trois personnes (souvent 2 manipulateurs et 1 chamelier). Une fois la poche des eaux est visualisée chez la chamelle péri-parturiente, l'enregistrement de vidéos (1 à 2 h) se lance et des traits liés à la mise-bas ont été suivis à l'aide de fiche de note et de chronomètre (Tableau 1).

Tableau 1 : Traits de mise-bas suivis chez la chamelle

Traits	Description
Durée de la mise-bas (min)	Temps entre la sortie de poche des eaux et l'expulsion du fœtus.
Latence de la délivrance (min)	Durée entre l'expulsion du fœtus et le moment de rejet du placenta.
Poids de placenta (kg)	Le placenta rejeté est récupéré, vidé de son contenu et pesé.

En plus, des traits des comportements maternels et néonataux (Tableau 2) ont été suivis pendant 30 min immédiatement

après l'expulsion du fœtus, à 6 h, 12 h et 24 h après.

Tableau 2 : Comportements maternel et néonatal

Comportements étudiés chez la chamelle	Comportements étudiés chez le chameleon
Nombre des blatètements émis	Latence de 1 ^{er} cri émis après la naissance
	Latence de tendance à se mettre debout
	Latence pour se mettre debout avec succès
Nombre et temps de flairage du nouveau-né	Nombre et temps de flairage de sa mère
	Recherche des mamelles
Nombre des léchages du nouveau-né	Latence première tétée avec succès (≥ 10 s)
	Nombre et temps de tétée

2.3. Analyses statistiques

Les données brutes ont fait l'objet d'une analyse descriptive par le logiciel SAS (version 9). La comparaison des valeurs moyennes aux différentes heures a été effectuée par *paired-test*. Le seuil de signification considéré dans l'analyse globale est fixé à 5 %. Les résultats ont été présentés en moyenne \pm E.T.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Cette étude décrit pour la première fois le processus et le comportement maternel et néonatal chez la chamelle Mahgrebi élevée en semi-intensif.

Tableau 3 : Durée de mise-bas, temps de délivrance et poids du placenta.

	Durée de MB (min)	Temps de délivrance (min)	Poids du placenta (kg)
N	13	13	13
Moyenne	20,8	76,5	4,9
CV	16,8	66,7	25,0
Min	16	2	2,6
Max	27	180	7,2

Le temps de la délivrance est en moyenne de $76,6 \pm 51$ min et le poids moyen de placenta vide est égal à $4,9 \pm 1,2$ kg avec une variabilité importante (Tableau 3). Une valeur comparable du poids de placenta (3,73 kg) a été rapportée par Hammadi (1996). Par contre, le temps de la délivrance de notre étude est plus long (76,6 min vs 49 min) par comparaison à l'étude de Nasr *et al.* (1996).

3.2. Caractérisation du comportement maternel

Le nombre de flairage du nouveau-né par la mère est maximal à 30 min après l'expulsion du fœtus (Tableau 4). Après 24 h, ce paramètre diminue ($P < 0,05$) de moitié. De même, la durée de flairage varie au cours des 24 h post-partum. Les

chamelles ont flairé fréquemment et avec plus de temps ($P < 0,05$) leurs jeunes à 12 h par comparaison à 24 h. Cette variation peut être due au renforcement de la motivation de la chamelle induite par la présence du jeune. L'établissement du comportement maternel est progressif et comporte une séquence d'événement qui apparaît quelques heures avant la mise-bas. Ceci est justifié par l'intérêt pour des nouveau-nés étrangers observé chez la chamelle péri-parturiente qui arrive même à approprier l'étranger. L'appropriation du jeune étranger peut être dû aux changements hormonaux survenant pendant la fin de gestation (Kindahl *et al.*, 1982; Gilbert *et al.*, 1994).

Tableau 4 : Traits de comportement maternel au cours des 24 h post-partum

	n	Temps après la mise-bas			
		Mise-bas	6 h	12 h	24 h
Nombre de flairage du jeune	13	$24,1 \pm 14,3^{ab}$	$18,8 \pm 1,1^{bc}$	$22,5 \pm 18,2^b$	$14,0 \pm 10,8^c$
Durée de flairage (s)	13	$58,4 \pm 47,7^{ab}$	$53,4 \pm 58,8^{ab}$	$80,2 \pm 78,7^a$	$36,5 \pm 39,4^b$
Nombre de blatèment	13	$45,8 \pm 37,9^a$	$18,1 \pm 19,6^b$	$15,1 \pm 17,6^b$	$10,7 \pm 11,3^b$
Nombre de léchage du jeune	13	0	0	0	0

Les valeurs avec deux lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$).

Le nombre de blatèment de la chamelle est plus important juste après la mise-bas ($45,8 \pm 37,9$; $P < 0,05$) par comparaison à 6 h, 12 h et 24 h (Tableau 4). Ce comportement constitue une sorte de stimulus auditif pour stimuler le chamelon et l'aider à mémoriser les caractéristiques maternelles. Aucun comportement de léchage du petit n'a été observé chez la mère (tableau 4). L'absence du comportement du léchage du nouveau-né chez la chamelle a été précédemment signalé puisque les camélidés sont des mammifères de type passif (Prud'hon *et al.*, 1993; Nowak, 1998).

3.3. Performance des chamelons et comportement néonatal

Les performances du chamelon et ses comportements néonataux sont consignés dans le Tableau 5. Le poids à la naissance du chamelon varie entre 18,6 et 32 kg avec une moyenne de $25,8 \pm 3,5$ kg. Dans un suivi de 200 naissances du même troupeau expérimental de l'IRA, Moslah *et al.* (2002) ont rapporté que le poids à la naissance du chamelon est de $29,4 \pm 3,7$ kg, avec un écart entre 20 et 40 kg.

Tableau 5: Traits de comportement néonatal chez le chamelon.

	PN (kg)	TRN (°C)	1 ^{er} Cri (min)	Tentative Débout (min)	Débout (h)	1 ^{ère} Tétée (h)
n	13	13	12	11	11	11
Moyenne	25,8	36,20	19,1	30,5	5,6	9,4
CV	13,6	4,3	120,9	53,6	91,4	73,8
Min	18,6	34,1	1	12	1,3	3
Max	32,0	38,8	83	67	20	24

À sa naissance, le chamelon se caractérise par une faible température rectale (36 °C) qui pourrait être due à plusieurs facteurs. En effet, le nouveau-né est d'autant plus sensible au froid qu'il est plus chétif surtout que ses réserves énergétiques sont limitées avant la prise colostrale. Ces observations s'expliquent par la corrélation positive observée entre la température rectale et le poids à la naissance ($r = 0,20$; $P = 0,004$; $n = 12$). De plus, le passage d'une température intra-utérine de l'ordre de 38 °C à une température ambiante aux alentours

de 20 °C s'accompagne d'une perte de chaleur du nouveau-né. Ceci s'explique par des tremblements du corps à cause de l'évaporation du liquide amniotique qui le couvre observés immédiatement dans la première heure de naissance. Comparativement aux autres espèces, le nouveau-né camelin se caractérise par une température rectale très faible. Par exemple, l'agneau D'man possède une température rectale de 39,01 °C pendant les 12 premières heures (Chniter *et al.*, 2013).

Après son expulsion, le chamelon émet

son premier cri après $19,1 \pm 5,1$ min avec une grande variabilité. Environ 30 min après la naissance, il s'efforce pour se lever et il atteint avec succès la première position debout volontaire après $5,6 \pm 5,1$ h. Le chamelon effectue sa première tétée sans aide après $9,4 \pm 7$ h de la naissance (Tableau 5). Une première tétée aussi rapide que possible est vitale pour le jeune ruminant grâce à l'apport du colostrum très riche en immunoglobuline (Chniter *et al.*, 2013).

Dès qu'il se met en debout, le chamelon se met instinctivement à la recherche des tétines. Le nouveau-né est dirigé vers la chaleur dégagée par la glande mammaire et les actes de coopération assurés par la mère (posture adéquate, coups de tête,...) pour réussir sa première tétée. Généralement, la prise du colostrum doit

être assurée dans les 6 premières heures de la naissance par intervention et aide.

L'évolution du comportement néonatal chez le chamelon est consignée dans le tableau 6. Une augmentation ($P < 0,05$) du nombre et de durée de flairage a été signalée après la naissance dont les valeurs maximales ont été observées à 12 h. Ainsi, par ces actes de flairage, le chamelon développe ses liens avec la mère progressivement. La reconnaissance de la mère est primordiale pour l'allaitement au cours de cette phase critique. Au début, le chamelon a montré des simples tentatives de tétée à 6 h qui se renforcent avec le temps. A 12 h, le succès d'allaitement volontaire devient très net chez le chamelon qui a tété en moyenne 10 fois avec une durée de 45s pendant les 30 min d'observation.

Tableau 6: Evolution de quelques traits de comportement du chamelon (observation pendant 30 min).

	N	Temps après la naissance			
		Naissance	6 h	12 h	24 h
Nombre de flairage	13	$0,4 \pm 1,1^b$	$9,8 \pm 15,1^a$	$18,0 \pm 16,4^a$	$12,3 \pm 12,2^a$
Durée de flairage (s)	13	$1,2 \pm 4,1^b$	$53,2 \pm 97,8^a$	$94,2 \pm 94,4^a$	$65,1 \pm 84,3^a$
Nombre de tétée	13	-	$3,3 \pm 9,8^*$	$9,8 \pm 11,0$	$13,1 \pm 16,5$
Durée de tétée (s)	13	-	-	$46,5 \pm 113,5$	$158,3 \pm 205,8$

Les valeurs avec deux lettres différentes sont significativement différentes ($P < 0,05$). * : Tentatives de tétée

4. CONCLUSION

En guise de conclusion, il est important de noter que la relation mère-jeune commence tôt chez la chamelle Maghrebi par des flairages, des blatètements et des actes de coopération pour l'allaitement du jeune. Ces traits de comportement maternel qui s'intensifient au bout de 6 h

de la mise-bas sont indispensables pour l'établissement correct de la relation mère-jeune. De son côté, le chamelon nouveau-né doit se lever, chercher et découvrir les mamelles pour garantir la prise colostrale. Ces comportements doivent s'exprimer correctement afin de mémoriser les mamelles et d'optimiser les liens avec la mère.

Remerciements

Nous tenons à remercier Mr Habib TIR et Mr Belgacem KHCHIRA pour l'aide qu'ils nous ont apportée tout au long la période de surveillance et de suivi.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ball, P., Peters. A., (2004) : *Reproduction in Cattle*. Third Edition. *Blackwell publishing*, 430.
- Burgmeister, R., (1975) : Problèmes posés par l'élevage de chameaux en Afrique : exemple du Sud tunisien. *Schreibe Gesellsch. Tech. Zu Arb.*, 21.
- Chniter M., Hammadi M., Khorchani T., Ben Sassi M., Ben Hamouda M., Nowak R., (2013) : Aspects of neonatal physiology have an influence on early growth and survival of D'man lamb. *Small Ruminant Research*. 111: 162–170.
- Couailler, J., (2005): *Reproduction des animaux d'élevage*, *Zootechne* : Edition Educari. 111–112.
- El-Malky, O., Youssef, M., Abdel-Aziz, N., Abd El-Salaam, A., (2010) : Postpartum performance of buffaloes treated with GnRH to overcome the impact of placenta retention. *Journal of American Science*, 2: 225–233.
- Gilbert, C.L., Goode, J.A., MacGrath, T.J., (1994): Pulsatile secretion of oxytocin during parturition in the pig: temporal relation-ship with foetal expulsion. *Journal of Physiology*, 475: 129–137.
- Hammadi M. (2003) : *Caractérisation, modulation nutritionnelle et implication du système IGF dans la fonction de reproduction chez la chamelle (Camelus dromedarius)*. Thèse de doctorat. Faculté Universitaire des sciences Agronomiques de Gembloux. 160 p.
- Hammadi, M. (1996) : *Effets d'une supplémentation par un aliment concentré sur les performances de production et de reproduction en période post-partum chez la chamelle (Camelus dromedarius) élevée sur un parcours du sud tunisien*. Mémoire de fin d'étude du cycle de spécialisation de l'I.N.A.T., 95 pages.

- Hanafi, E.M, Ahmed, W.M., El Khadrawy, H.H., Zabaal, M.M, (2011): An Overview on Placental Retention in Farm Animals. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 7: 643–651.
- Kindahl, H., Alonso, R., Cort, N., Einarsson, S., (1982): Release of Prostaglandin F_{2α} during Parturition in the Sow. *Zentralblatt für Veterinärmedizin Reihe A*, 29, 504–510.
- Moldagaliev, T.M. (1976) : The effect of fetal size and pelvic measurements on parturition in different species of camel. *Animal Breeding Abstract*, 44: p. 653.
- Morel, M., (2005) : Breeding horses. *Blackwell, Oxford UK*. 324–339.
- Moslah, M., Hammadi, M., Khorchani, T., (2002) : Productivité de l'élevage camelin dans les parcours du sud tunisien. Actes de la 11^{ème} réunion de sous-réseau méditerranée FAO-CIHEAM sur les pâturages et les cultures fourragères. Djerba-Tunisie.6.
- Mukasa-Mugerwa E., (1985) : Le Chameau (*Camelus dromaderius*): étude bibliographique: Addis-Abéba : *CIPEA monographie*.1, 11.
- Nasr, M.T., Abdel-Ghaffar, A.E., Agag, M.A., (1996) : Effect of the beta receptor blockader carazolol on the dropping and retention of the placenta in the camel (*Camelus dromaderius*). *Tierarztliche Praxis*, 24, 319–21.
- Nowak, R., (1998) : Développement de la relation mère-jeune chez les Ruminants, *INRA Productions Animales*, 11, 115–124.
- Owens, J.L., Bindon, B.M., Edey, T.N., Piper, L.R., (1985): Behaviour at parturition and Lambs survival of Booroola Merino sheep. *Livestock Production Science*, Amsterdam., 13, 359–372.
- Paquay, R., (2004) : Le comportement reproducteur du mouton. *Filière Ovine et Caprine*, 8: 5.
- Prud'hon, M., Cordesse, R., De Rouville, S., Thimonier, J., (1993) : Les camélidés sud-américains : le point des connaissances *INRA Productions Animales*, 6, 5–15.
- Wright, B., kenney, Dan., (2000) : Mise-bas et prévision du moment de la mise-bas. Fiche technique. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation et des Affaires Rurales (http://www.omafra.gov.on.ca/french/livestock/horses/facts/info_foaling.htm).
- Zarrouk, O., Souilem, J.F., Beckers., (2003) : Actualités sur la reproduction chez la femelle dromadaire (*Camelus Dromedarius*). *Revue d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des pays tropicaux*, 56 : 95–102.

L'*Oryx dammah* en Tunisie: caractérisation génétique et défis de conservation

BEN DHIEF A.¹, BEDHIAF-ROMDHANI S.² et DJEMALI M.¹

¹Institut National Agronomique de Tunisie., Cité Mahrajène, Tunis, Tunisie.

²Institut National de Recherche Agronomique de Tunisie, Rue Hédi Karray, 2049. Ariana, Tunis, Tunisie.

RÉSUMÉ

L'*Oryx*, l'un des plus grands mammifères de l'Afrique, se trouve actuellement menacé de danger d'extinction. De nombreux plans de conservation ont été mis en place, lesquels se matérialisent souvent par la création d'aires protégées, de programmes de (ré)-introductions et de renforcement de ces populations. En 1985, cinq mâles et cinq femelles ont été réintroduits en Tunisie générant les deux écotypes présents dans les réserves de Bouhedma et de Dghoumès. Cette étude vise à caractériser génétiquement cette population d'*Oryx dammah* à l'aide de marqueurs microsatellites. L'étude a porté sur un total de 60 échantillons d'ADN issus de l'écotype de Bouhedma et de celui de Dghoumès. Les principaux résultats du génotypage SSRs ont révélé un nombre total de 52 allèles. Le nombre moyen d'allèles pour les loci étudiés variait de 8,57 pour l'écotype d'*Oryx* de Dghoumès à 6 pour celui de Bouhedma, soit un nombre moyen d'allèle de 7,28 pour la population globale. Les valeurs de l'hétérozygotie observée (H_o) et de l'hétérozygotie attendue (H_e) étaient respectivement de 0,5 et 0,81 pour l'écotype de Dghoumès et respectivement de 0,35 et 0,6 pour l'écotype de Bouhedma. La majorité des loci étudiés étaient en écart significatif par rapport à l'équilibre de Hardy Weinberg affichant un excès en homozygotie. Les indices de fixation étaient de 0,43, 0,48 et 0,11 respectivement pour F_{IS} , F_{IT} et F_{ST} , montrant que les différences observées étaient donc des différences intra écotype. Les valeurs du coefficient de consanguinité et du flux de gènes entre les deux écotypes étaient élevées de l'ordre de 48% et de 3,83%, respectivement. En se basant sur ces résultats et pour contourner aux problèmes actuellement rencontrés de déformations natales voire des infertilités des animaux, l'élaboration et la mise en place d'un schéma de conservation et de gestion de cette population d'*Oryx* s'avère une urgence.

Mots clés: *Oryx dammah*, Diversité, génétique, microsatellites.

SUMMARY

A total of sixty DNA samples was collected in two wild reserves of *Oryx* in Tunisia North Africa. The objective of this study was to investigate the genetic diversity created from two subpopulations initiated from 5 females and 5 males re-introduced in Tunisia since 1985. The population reached a total population size of 107

individuals in 2009. Seven microsatellites were used. Main results showed a total of 52 alleles. The average number of alleles (N_a) was 7.28, the average number of alleles by locus varied from 6 (Bouhedma *Oryx* ecotype) to 8.75 (Dghoumes *Oryx* ecotype). The observed heterozygosity was 0.42 and the unbiased heterozygosity was 0.75. Values for F_{is} , F_{it} and F_{st} were 0.43, 0.48 and 0.11 respectively showing that total variability is due to individual variability.

Key words: *Oryx*, diversity, genetic, DNA, microsatellites,.

1-INTRODUCTION

L'*Oryx dammah* est une antilope appartenant à la famille des *Bovidea*, au genre *Oryx*. L'*Oryx dammah* était présent au moins jusqu'à l'époque romaine dans la zone méditerranéo-saharienne de la Tunisie, mais il n'y avait plus de données ultérieures, à l'exception de quelques captures au début du XXe siècle qui pourraient se rapporter à des animaux erratiques venus de régions méridionales (la date probable d'extinction 1906). L'espèce a été réintroduite en Tunisie en 1985, dans le parc national de Bou Hedma (5 mâles et 5 femelles) dans un environnement adéquat de steppes et de boisements d'*Accacia raddiana*. Le parc national compte actuellement 107 individus (42 mâles et 65 femelles, Avril 2007). Récemment en 2006, dix d'individus additionnels ont été transloqués au parc national de Dghoumès.

Les objectifs de cette étude étaient de caractériser au niveau moléculaire la population d'*Oryx dammah* en Tunisie et d'étudier la diversité génétique existante.

2-MATÉRIEL ET MÉTHODES

Un total de dix oryx ont été transloqués dans le Parc de Dghoumès, les échantillons de sang prélevés des

animaux lors de leur capture dans le Parc de Bou Hedma ont été collectés dans des tubes EDTA, aussi une cinquantaine d'échantillons de poils des animaux ont été collectés du même parc de Bou Hedma. Les poils ont été conservés dans des enveloppes individuelles qui sont rangées dans des sacs étanches en plastiques selon les sites de collecte. La caractérisation moléculaire a été réalisée à la Banque de Gènes de Tunisie, pour l'extraction de l'ADN génomique, deux approches sont utilisées (i) Pour les échantillons de sang, l'extraction est faite selon le processus standard d'extraction saline (ii) Pour les échantillons de poils, un kit spécial est utilisé pour la digestion, l'extraction et la purification de l'ADN (Tissue and Hair extraction kit, DNA IQ™ System).

La méthodologie concernant l'examen de la diversité génétique des populations de l'*Oryx dammah* détenue dans la région de Sidi Bouzid et de Tozeur tient compte des marqueurs utilisés. Pour cette étude, des marqueurs de type microsatellites ont été utilisés. Il s'agit de petites séquences de 2 à 6 bases présentes par dizaines de milliers dans tout le génome (Weber et May, 1989) et sont considérés comme outils d'estimation de la ségrégation aux loci (déficit ou excès d'hétérozygotie),

ou la combinaison entre les loci (Canon et *al.*, 2001). Une série de 7 microsatellites est utilisée à savoir *OarAE119*, *OarFCB304*, *OarCP26*, *OarCP34*, *OarCP49*, *MAF50*, *MAF46*. Ces amorces ont été utilisées pour l'étude de la variabilité génétique de l'oryx de l'Arabie (Marshall et *al.*, 1999).

Les deux populations ont été évaluées par les marqueurs microsatellites précités suite à leur amplification (Tableau1), chacun des marqueurs a généré des bandes de tailles différentes pour chaque génotype, observées sur une électrophorèse automatisée (Experion).

Tableau 1. Amplifications des séquences d'ADN génomique

	Dénaturation	Hybridation	Elongation
Etape d'initiation	94°C pendant 4min		
35 cycles	94°C pendant 30s	48–65°C pendant 45s	72°C pendant 45s
Etape d'élongation finale			72°C pendant 10 min

Les amplifias ont été analysés par 3 logiciels PopGen32 et GENALEX 6.2

3-RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1-Etude de la diversité génétique intra et inter population

Au total, 52 allèles ont été observés dans les deux sous populations et pour

les 7 loci analysés. Le nombre moyen d'allèles est de 7.28. L'hétérozygotie observée pour ces populations varie de 0 pour MAF50 et 0,95 pour OarCP34 (Tableau 2).

Tableau 2. Richesse allélique et hétérozygotie dans la population totale

Locus	Ho	Na	Fst
MAF46	0.31	6	0.08
OARAE119	0.45	14	0.12
OARCP26	0.41	7	0.16
OARFCB304	0.2	5	0.31
MAF50	0	6	0.08
OarCP34	0.95	7	0.03
OarCP49	0.75	10	0.02
Moyenne	0.42	7.28	0.11
Ecart type	0.09	0.78	0.04

3.2-Variabilité génétique

Le tableau (3) résume la richesse allélique et les taux d'hétérozygotie pour les populations individuelles. Le nombre moyen d'allèles par locus (Na) observé pour chaque population est de 8.57 pour la population détenue dans le PN de Dghoumès et de 6 pour la population d'oryx détenue dans le PN de Bou Hedma. Le nombre d'allèles observés par locus est un bon indicateur de la variabilité génétique des populations si on considère que les populations sont à l'équilibre mutation-dérive et que la taille des échantillons est

sensiblement identique. Néanmoins, les différences de (Na) observées ici peuvent être expliquées par les tailles différentes des échantillons qui sont sensiblement différentes (10 à 52 individus).

Les valeurs de l'hétérozygotie observée (Ho) et de l'hétérozygotie attendue (He) sont de (Ho=0,50, He=0,81) pour la population du PN Dghoumès et de (Ho=0,35, He=0,65) pour la population d'oryx dans le PN de Bou Hedma. La population du PN de Bou Hedma présente une variabilité génétique (Na, Ho) relativement faible.

Tableau 3. Nombre d'allèles et hétérozygotie par locus et par population

Locus	Population	Na (Ne)	Ho (He)
MAF46	Dghoumès	6 (3,22)	0,6 (0,69)
	Bou Hedma	5 (3,25)	0,05 (0,69)
OarAE119	Dghoumès	14 (11,76)	0,80 (0,92)
	Bou Hedma	4 (2,21)	0,11 (0,55)
OarCP26	Dghoumès	9 (6,45)	0,50 (0,84)
	Bou Hedma	6 (2,34)	0,33 (0,57)
OarFCB304	Dghoumès	7 (3,33)	0,20 (0,70)
	Bou Hedma	3 (1,52)	0,21 (0,34)
MAF50	Dghoumès	8 (6,25)	0,00 (0,84)
	Bou Hedma	5 (3,90)	0,00 (0,744)

OarCP34	Dghoumès	6 (4.76)	0.8 (0.79)
	Bou Hedma	9 (5.26)	0.91 (0.81)
OarCP49	Dghoumès	10 (8.00)	0.6 (0.88)
	Bou Hedma	10 (6.28)	0.86 (0.84)
Moyenne	Dghoumès	8.57 (6.25)	0,50 (0,81)
	Bou Hedma	6 (3.54)	0,35 (0.65)

Les indices de fixation ont été calculés pour tous les loci (Tableau 4). Les valeurs Fis varie de -0,06 à 1 et celle de Fit varie de -0,03 à 1. La valeur moyenne de Fis est égale à 0.43 indique

un déficit d'hétérozygotie légèrement moins important au niveau des sous populations que dans la population totale (Fit=0,48).

Tableau 4. Diversité génétique inter populations

Locus	Fis	Fit	Fst
MAF46	0.53	0.56	0.08
OARAE119	0.38	0.45	0.12
OARCP26	0.41	0.50	0.16
OARFCB304	0.60	0.73	0.31
MAF50	1.00	1.00	0.08
OarCP34	-0.06	-0.03	0.03
OarCP49	0.14	0.16	0.02
Moyenne	0.43	0.48	0.11
Ecart type	0.12	0.13	0.04

3.3-Distance génétique

Les distances génétiques varient de 0 à 0,99. Dans ce travail, la distance génétique non biaisée de Nei est calculée et ceci est dû à la taille réduite de l'échantillon et le taux élevé d'homozygote dans les

deux populations étudiées. La distance nulle entre deux individus suggère une similarité vis-à-vis les loci étudiés. Par contre une distance élevée traduit une dissimilarité entre les individus et un éloignement génétique entre eux.

La matrice de distance génétique entre ces deux populations indique une variation de 0,99 qui est une valeur considérable traduisant un éloignement génétique des populations (Tableau 5).

Tableau 5. Distance génétique non biaisée de Nei

Dghoumès	Bou hedma	
0.00		Dghoumès
0.99	0.00	Bou hedma

L'analyse en composante principale réalisée à partir des fréquences alléliques de chaque loci pour chacune des deux populations, permet de résumer graphiquement les relations entre elles (figure 1). Cette analyse révèle une très faible proximité génétique des populations.

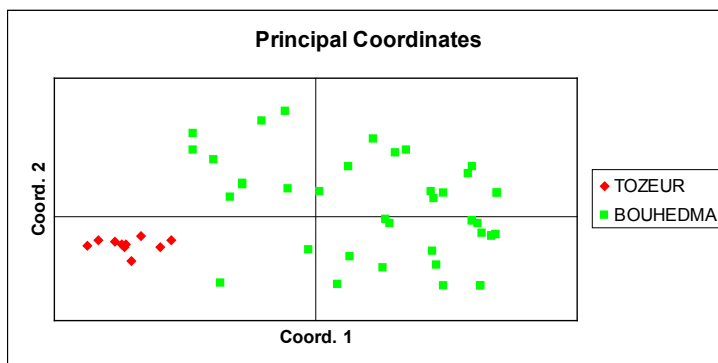


Figure 1. Analyse de la composante principale des fréquences alléliques

3.4-Flux de gènes (Nm)

Le flux de gènes (Nm) entre les deux populations présente une valeur faible de l'ordre de 3,83. Cette valeur traduit un échange de gène faible entre les deux populations étudiées. Ces résultats confirment les résultats trouvés des distances génétiques (Tableau 5).

Tableau 5. Flux de gènes entre les deux populations d'oryx

Locus	Nm
MAF46	2.92
OARAE119	1.73
OARCP26	1.26
OARFCB304	0.54
MAF50	2.92
OarCP34	7.99
OarCP49	9.43
Moyenne	3.83
Ecart type	1.31

4-CONCLUSION

Cette première étude moléculaire de la population d'*Oryx dammah* en Tunisie détenue dans les deux parcs nationaux de Bou Hedma et de Dghoumès (Tozeur) montre une différence génétique entre les individus qui n'est pas accompagnée par une différence morphologique. Cette différence génétique malgré l'origine commune des deux populations peut

être expliquée par un non accouplement des troupeaux quand ils se trouvaient tous dans le parc de Bou Hedma.

Ce travail sera complété par l'utilisation de deux autres marqueurs microsatellites et par une étude de la diversité intra et inter population avec les populations d'Oryx de Sidi Toui et de Oued Dekouk.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEUDELS-Jamar, R.C. (1993) : *Problématique des petites populations de grands mammifères: le cas de trois ongulés du Parc National de l'Akagera*. Université Catholique de Louvain, Thèse de doctorat.
- Beudals-Jamar RC, Devillers P, Lafontaine RM (1998) : Action plan for the conservation and restoration of sahelo-saharan antelopes. UNEP/ CMS, Bonn, Germany.
- CORBET, G.B. (1978) : The Mammals of the Palaearctic Region: a taxonomic review. London and Ithaca, British Museum (*Natural History*) and Cornell University Press.
- CORBET, G.B. & J.E. HILL. (1986) : A World list of Mammalian Species. London, British Museum (*Natural History*).
- Compte-rendu Atelier Douz DGF/CMS «Redéploiement et Conservation des ASS en Tunisie», avril 2004.

- Boichard D., P. Le roy, H. Levéziel, J.M.Elsen. (1998) : Utilisation des marqueurs moléculaires en génétique animale.
- Iyengar A., T.Woodline, J.M.Diniz, R.A.Brenneman, E.E.Louis Jr , and N.Maclean. Remnants of ancient genetic diversity preserved within captive groups of scimitar horned Oryx.
- KINGDON, J. (1982) : East African mammals: an atlas of evolution in Africa. Vol. 3, parts C, D (Bovids). *London, New York, Academic Press.*
- MURRAY, M.G. (1984) : Grazing antelopes. Pp 560-571 in D. Macdonald, editor. *The encyclopaedia of mammals. 2.* London, Sydney, George Allen & Unwin.
- Menocal PB (2004) : African climate change and faunal evolution during the Pliocene- Pleistocene. *Earth and Planetary Science letters* 220, 3-24.
- SIMPSON, G.G. (1945) : Principles of classification and classification of the mammals. *Bull. Ass. Mus. Nat. Hist.* 85: 1-350.
- WACHER, T. (1988) : Social organisation and ranging behaviour in the Hippotraginae. Pp 102-113 in A. DIXON & D. JONES, editors. *Conservation and biology of desert antelopes.* London, Christopher Helm.

Facteurs déterminant l'occupation spatiale du fennec '*Vulpes zerda*' dans la réserve naturelle Oued Dekouk, Tataouine

KARSSENE Y.^{1,2}, CHAMMEM M.², JARRAY M.², KHORCHANI T.² & NOUIRA S.¹

¹ Département de Biologie, Faculté des Sciences de Tunis

² Laboratoire d'Élevage et de la Faune Sauvage, Institut des Régions Arides de Médenine

ملخص

يعتبر الفنك من الحيوانات المميزة التي تعيش في الصحراء الرملية. إلا أن المعطيات المتعلقة بوضعه وتوزيعه الجغرافي لازالت ضئيلة نظرا لصعوبة البيئة بالمناطق الصحراوية. تهدف هذه الدراسة التي أجريت في المحمية الطبيعية بواد دكوك إلى تحديد العوامل التي تؤثر على وجود الفنك. وقع تدوين مختلف المؤشرات على 24 مقطع عرضي بطول 300 متر لكل مقطع موزعين على كامل المحمية. استعمل تحليل متعدد المتغيرات (MANOVA) «Multivariate Analysis of Variance» من برنامج SAS لتحديد تأثير بعض العوامل على وجود الفنك (عدد مؤشرات تواجد الطباء والقوارض والحيوانات آكلة اللحوم والسحالي واللافقاريات ومتوسط ارتفاع الغطاء النباتي والمسافة إلى أقرب نقطة مياه والارتفاع فوق مستوى سطح البحر). تظهر النتائج اختلافات كبيرة بين المواقع المعمورة والمواقع غير المعمورة ($\text{Lamda de Wilks} = 0,1700, F_{8,15} = 9,15, P < 0,0001$) والسحالي واللافقاريات ويتجنب المناطق التي تحتلها الأنواع الأخرى من الحيوانات آكلة اللحوم والطاء. أما بالنسبة إلى المسافة التي تبعد على أقرب نقطة مياه، ارتفاع متوسط الغطاء النباتي والارتفاع فوق مستوى سطح البحر لا تؤثر على التوزيع الجغرافي للفنك في المحمية الطبيعية.

كلمات مفاتيح: الفنك، توزيع جغرافي، المحمية الطبيعية بوادي دكوك، متغيرات المكان.

RÉSUMÉ

Le fennec est l'une des espèces emblématiques adaptées à la vie dans le désert. Les données concernant son statut et son *étho*-écologie sont très succinctes en raison du manque d'études qui se heurtent à de sérieuses difficultés pratiques. Le but de cette étude, réalisée dans la réserve naturelle Oued Dekouk, était d'étudier les facteurs potentiellement limitant de la présence du fennec afin de pouvoir établir ultérieurement une carte de sa répartition dans la réserve. Pour cela 24 transects de 300 mètres réparties sur la totalité de la réserve sont parcourus. L'ensemble des variables qui pourraient affecter la présence du fennec (nombre d'indice de présence d'antilopes, de rongeurs, de carnivores, de lézards et d'invertébrés, hauteur moyenne de végétation, distance par rapport au point d'eau le plus proche et altitude) ont été soumises à une analyse de variance multivariée «Multivariate Analysis of Variance» (MANOVA) de la procédure GLM du programme SAS. Les résultats montrent des différences significatives entre les sites occupés et les sites non occupés ($\text{Lamda de Wilks} = 0,1700, F_{8,15} = 9,15, P < 0,0001$). On note que le fennec préfère les zones où les rongeurs, les invertébrés et les lézards sont abondants et évite les zones occupées par des autres espèces de carnivores et des antilopes. Cependant la distance par rapport aux points d'eau et la hauteur moyenne de végétation et l'altitude n'ont pas un effet

sur la répartition du fennec dans la réserve.

Mots clés: Fennec, occupation spatiale, réserve naturelle Oued Dekouk, variables de l'habitat.

SUMMARY

The fennec fox is one of the iconic species adapted to life in the desert. Its status is poorly known due to the lack of studies face serious practical difficulties. The purpose of this study, conducted in Oued Dekouk natural's reserve, was to identify the habitat factors limiting the presence of the fennec. 24 transects of 300 meters distributed over the entire reserve are surveyed. The different variables that could affect the presence of the fennec (number of presence sign of antelopes, rodents, carnivores, lizards and invertebrates, the average height of vegetation, the distance to the nearest water point and altitude) were subjected to multivariate analysis of variance "multivariate Analysis of Variance" (MANOVA) of the GLM procedure of the SAS program. The results show significant differences between the sites occupied and unoccupied sites differences (Wilks' Lambda = 0.1700, F8,15 = 9.15, P < 0.0001). Note that the fennec prefers areas where rodents, invertebrates and lizards are abundant and avoid areas occupied by other species of carnivores and antelopes. However, the distance to water points and the average height of vegetation and altitude does not affect the distribution of fennec in the reserve.

Key words: Fennec, spatial occupancy, Oued Dekouk national's reserve, variable habitat

1-INTRODUCTION

A l'heure actuelle, les écologistes accordent beaucoup d'importance à l'identification des facteurs et la compréhension des processus écologiques susceptibles d'affecter la distribution des organismes et la dynamique des peuplements locaux (Krebs, 1972; Ricklefs et Schluter, 1993). La possibilité d'atteindre ces objectifs dépend de l'espèce et de la nature de son habitat préféré. De nombreuses espèces sont mal connues du fait qu'elles sont farouches et/ou habitent des habitats marginaux et souvent difficiles d'accès. Les espèces occupant le grand désert de l'Afrique sont des

exemples que l'on ne connaît pas suffisamment.

Le fennec est l'une des espèces emblématiques du grand désert de l'Afrique. Il est classé dans la catégorie «insuffisamment connus» sur la liste rouge de l'UICN. (Grzimek, 1974; Sheldon, 1992) croyaient que le fennec est l'unique représentant du genre *Fennecus*. Ce carnivore vit dans les déserts de sable et dans les semi-déserts d'Afrique du Nord (Saleh et Basuony, 1998 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004). Parmi tous les canidés, le fennec est l'espèce la plus adaptée au désert chaud. Les études

réalisées en captivité ont apporté des connaissances sur sa morphologie, son anatomie, sa physiologie et son élevage. Cependant, les informations concernant son statut et son *étho*-écologie sont succinctes (Incorvaia, 2005). Les études portant sur les populations sauvages sont peu nombreuses et limitées à des aspects descriptifs et aux régimes alimentaires (Incorvaia, 2005; Brahmi et al., 2012). A nos connaissances, aucune donnée fiable sur la densité de la population n'est disponible. Les données publiées concernant les limites de la répartition géographique du fennec sont assez rares et parfois contradictoires. Macdonald et Sillero-Zubiri (2004) rapportent que le fennec est commun dans son aire de répartition. Cependant, selon Cuzin (2003), les fennecs sont disparus d'au moins 4 localités dans le sud-marocain à cause de la perte des dunes de sable à la suite de l'installation de nouvelles agglomérations urbaines. Des études sur son statut, sa distribution et les différentes menaces s'avèrent ainsi nécessaires pour établir une stratégie de sa conservation. C'est dans ce cadre que s'inscrit cette étude réalisée dans la réserve naturelle d'Oued Dekouk dont l'objectif est d'étudier les facteurs potentiellement limitant de la présence du fennec afin de pouvoir établir ultérieurement une carte de sa répartition dans la réserve.

2-MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1-Présentation de la zone d'étude

L'étude est réalisée dans la réserve naturelle d'Oued Dekouk située dans le sud tunisien à 37 km au sud de la ville de Tataouine (10° 32 'E; 32° 08' N) (figure 1). Elle a été créée en 1995

pour sauvegarder la biodiversité dans cette région présaharienne et aussi pour reconstituer les populations de certaines espèces disparues. La réserve est soumise à un climat saharien supérieur à variante tempérée. La pluviométrie est très irrégulière fluctuant autour d'une moyenne annuelle de 100 mm. La température moyenne est de 20,4°C. Cette réserve est caractérisée par des milieux édaphiques très diversifiés. Les glacis des massifs montagneux sont des croutes gypseuses avec des dunes de sable à la limite est et sud de l'oued El-Maleh (Ould Sidi Mohamed, 2003). Des plantes halophytes (*Suaeda mollis*, *Traganum nudatum*, *Nitraria retusa*) sont abondantes au niveau de cet oued. Les plaines sont caractérisées par des sols squelettiques avec abondance de *Gymnocarpus decander*, *Helianthemum kahiricum*, *Periploca laevigata*. Cette zone héberge une faune constituée d'une grande diversité des animaux.

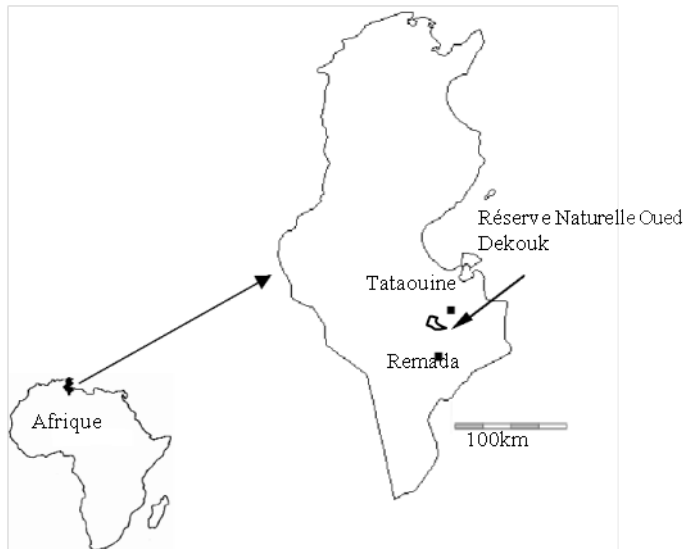


Figure 1: Localisation de la réserve naturelle Oued Dekouk

2.2-Méthodologie du travail

A l'instar des différentes espèces de carnivores, le fennec est un animal très farouche et sa **détection directe est** donc particulièrement difficile. L'utilisation des indices de présence est, par conséquent, la méthode la plus efficace pour son suivi (Thorn et *al.*, 2010). Les investigations ont **été réalisées** pendant le mois de juin 2014. Le système d'information géographique GIS a servi pour l'**échantillonnage** aléatoire simple de 24 transects mais qui tend à la fois de couvrir toute la réserve (figure 2). Chacun de ces transects qui sont séparés l'un de l'autre de 1 km, mesure 300 m. Les différentes empreintes du fennec détectées le long de chaque transect sont notées et localisées **à l'aide d'un GPS**. Des indices de présence des rongeurs, des carnivores, des lézards, des antilopes et des invertébrés ont **été** aussi localisés. La méthode de point quadrat a été utilisée

pour déterminer l'hauteur moyenne de la végétation au niveau de chaque transect. Les hauteurs des espèces végétales touchées par l'aiguille le long du ruban de 20 mètres ont été mesurées.

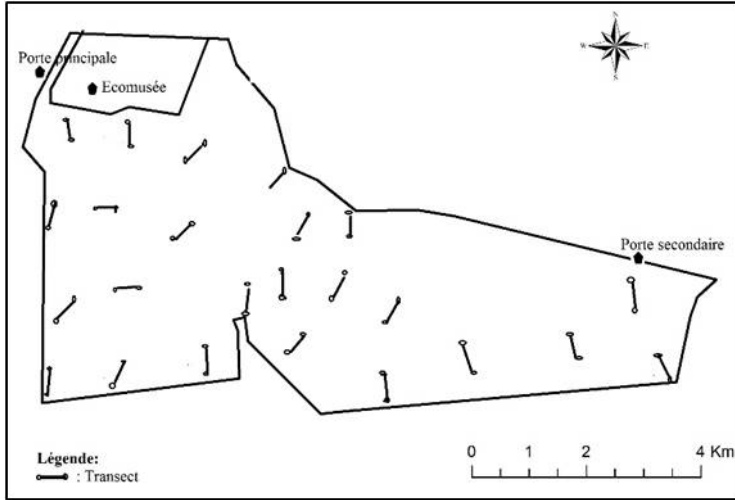


Figure 2: Répartition spatiale des 24 transects de longueur 300 mètres dans la réserve naturelle de Oued Dekouk

2.3-Analyses statistiques

Les variables pouvant avoir un effet sur la distribution du fennec dans la réserve naturelle de Oued Dekouk ont été soumises à une analyse de la variance multivariée «Multivariate Analysis of Variance» (MANOVA) de la procédure GLM du programme SAS (SAS Institute, 1998). Des tests non paramétriques de Wilcoxon de la procédure NPARIWAY de ce même programme ont été par la suite effectués afin de tester la signification de la différence entre sites occupés et sites non occupés pour les différentes variables explicatives précitées.

3- RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1-Répartition spatiale du fennec '*Vulpes zerda*' dans la réserve naturelle de Oued Dekouk

Les résultats des prospections révèlent que le fennec n'occupe qu'une faible portion de la réserve nationale Oued

Dekouk (figure 3). La quasi-totalité des observations notées sont réparties dans les plaines caractérisées par la présence de petits arbustes tels que *Retama raetam* et *Hamada schmittiana* qui poussent sur du sable mobile qui permet à cette espèce de creuser des terriers facilement. Ces résultats concordent avec ceux de Dragesco-Joffe (1993) et Incorvaia (2005), notamment en ce qui concerne l'écologie de cette espèce. Cependant, au niveau des zones montagneuses et de l'oued, aucune observation d'indice de présence du fennec n'a été notée. Pourtant, une forte densité de traces d'autres espèces animales a été montrée.

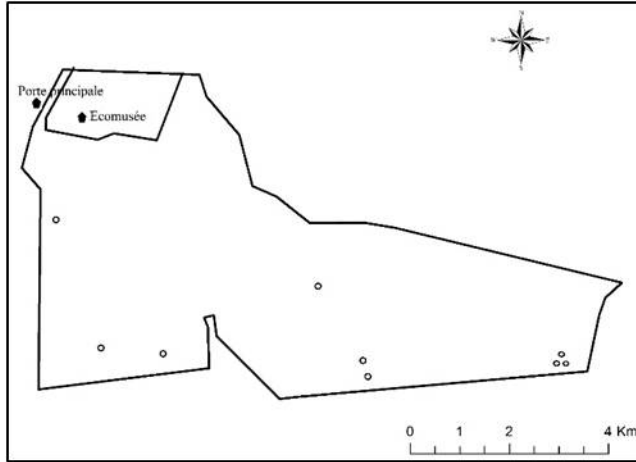
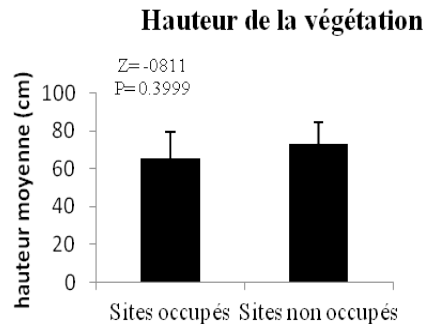
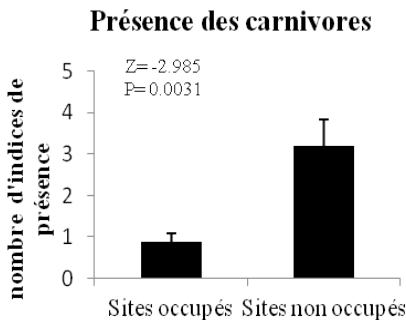
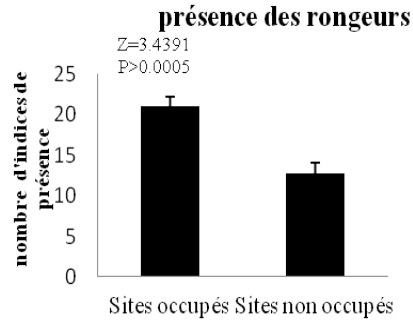
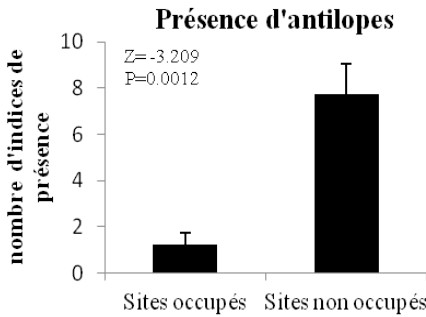


Figure 3: Répartition des points d'observation du fennec '*Vulpes zerda*' dans la réserve naturelle Oued Dekouk, Tataouine

Les résultats de l'analyse MANOVA effectuée sur les différentes variables du milieu ont montré qu'il y a une différence significative entre les sites occupés et les sites non occupés (Lamda de Wilks= 0,1700, $F_{8,15} = 9,15$, $P < 0,0001$). Les tests non paramétriques

de Wilcoxon montrent que le fennec préfère les zones peuplées de rongeurs, de lézards et d'invertébrés, alors qu'il évite les zones occupées par des autres espèces de carnivores et des antilopes (figure 4).



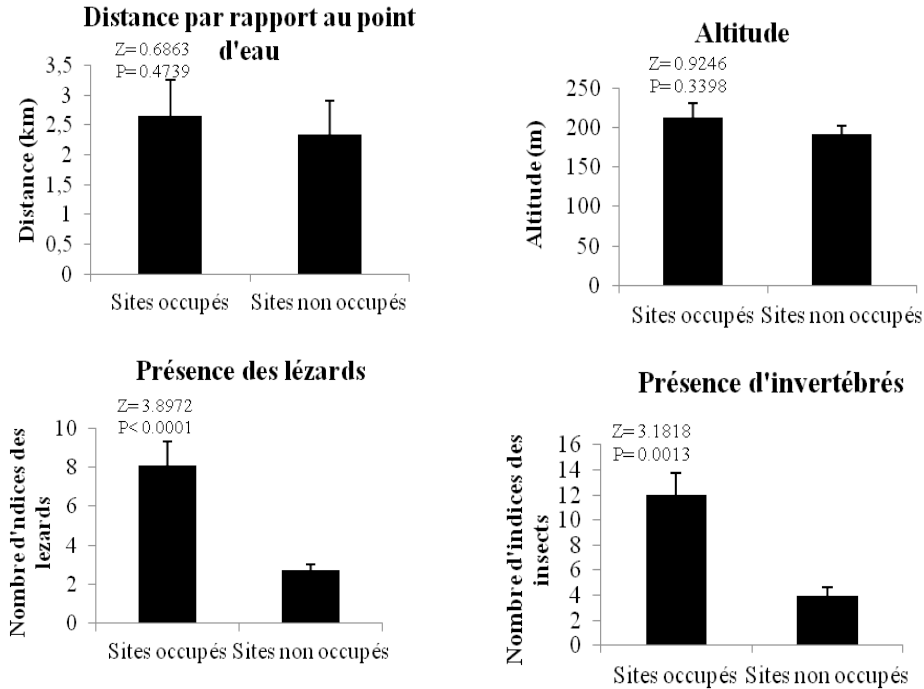


Figure 4: Comparaison entre les sites occupés et les sites non occupés par le fennec pour les différentes variables de l'habitat selon le test non paramétrique de Wilcoxon

Les rongeurs, les lézards et les invertébrés sont les principaux constituants du régime alimentaire du fennec. A ce propos, une étude réalisée par Incorvaia, (2005) dans la région d'Elfaour au sud tunisien montre que les invertébrés et les rongeurs représentent respectivement 67% et 4% du régime alimentaire du fennec. Brahmi *et al.*, (2012) montrent qu'en termes de biomasse, les rongeurs constituent la part la plus élevée du régime alimentaire du fennec dans le sud algérien. Ces proies creusent les terriers souvent tout autour des touffes de *Retama raetam* et *Hamada schmittianna* qui supportent ces milieux dunaires (Dragesco-Joffe, 1993; Incorvaia, 2005). La gerboise étant l'espèce la plus abondante dans ce type de milieu, elle

constitue une proie principale du *Vulpes zerda*.

Le fennec est la plus petite espèce de la famille des *Canidae* (Grzimek, 1974; Sheldon, 1992). Il évite le contact avec les autres carnivores de taille plus importante. En effet, la revue de la littérature révèle que les carnivores de taille moyenne tendent à supplanter les espèces de carnivores plus petites (Palomares *et al.* 1993; Cuzin, 2003; Brito *et al.*, 2009). Les principales causes à l'origine de la compétition entre les différentes espèces sont les ressources trophiques et l'eau (Woodroffe, 2001). Dragesco-Joffe, (1993) rapporte que le fennec et le renard possèdent des habitats bien distincts mais qui peuvent éventuellement partager le même

territoire du fait qu'ils possèdent des régimes alimentaires proches. Le régime du renard est aussi principalement composé de rongeurs (Dragesco-Joffé, 1993; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004). Une compétition extrême pour les mêmes ressources, peut en partie expliquer la tendance du fennec qui est moins compétitif à éviter des territoires occupés par le renard. En plus du fait qu'il est réputé pour ses adaptations aux conditions difficiles, le fennec occupe les milieux désertiques où les conditions climatiques sont sévères (Saleh et Basuony, 1998; Cuzin, 2003 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004, Brito et al., 2009).

Nos résultats révèlent que la distance par rapport au point d'eau ne constitue pas un facteur déterminant quant à la répartition du fennec dans la réserve. En effet, cet animal possède un mécanisme de conservation de son eau corporelle

(Maloiy et al., 1982). A cet égard, il est connu que pendant les saisons chaudes, le fennec jouit d'une capacité de refroidir son corps par un processus de dissipation de chaleur au niveau de ses larges surfaces auriculaires et de la peau de son tronc (Brito et al., 2009 ; Maloiy et al., 1982).

Dans l'ensemble nous concluons que cette étude a permis de mettre en évidence les facteurs qui affectent la répartition spatiale du fennec dans un contexte de présence de compétition des autres espèces de carnivores de plus grandes tailles. Etant caractéristique des milieux désertiques, le fennec occupe les milieux marginaux pour des espèces de carnivores de plus grosse taille. Nous sommes toutefois persuadés que d'autres études plus larges portant sur d'autres aspects sont nécessaires pour l'obtention de résultats plus concluants.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Brahmi K.; Khechekhouche E.; Mostefaoui O.; Doumandji S.; Baziz B.; Aulagnier S. (2012) : First quantitative data on the diet of the fennec fox, *Vulpes zerda* (Canidae, Carnivora), in Algeria, *Folia -zoologyn°* 61(2), pp: 61-70.
- Brito J.C.; Acosta A.L.; Álvares F.; Cuzin F. (2009) : Biogeography and conservation of taxa from remote regions: An application of ecological-niche based models and GIS to North-African Canids, *Biological conservation* 142, pp: 3020-3029
- Cuzin F. (2003) : *Les grands Mammifères du Maroc méridional (Haut Atlas, Anti Atlas, Sahara). Distribution, écologie et conservation*, thèse en **écologie animale**, Montpellier, 348 p.
- Dragesco-Joffé E. (1993) : *La Vie sauvage au Sahara*, Paris, Delachaux et Niestlé.
- Incorvaia G. (2005) : *Etude des facteurs potentiellement limitant de la répartition des fennecs, Fennecus zerda, dans le sud-tunisien*, Thèse de Docteur Vétérinaire, Ecole Vétérinaire de Lyon, 150 p.
- Grzimek B. (1974) : *Le monde animal en 13 volumes*, Zurich, Stauffacher, 174 p.

- Krebs, C.J. (1972) : *The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*, New York, Harper and Row, 694 p.
- Lubchenco J.; Olson A.M.; Brutaker L.B.; Carpenter S.R.; Holland M.M.; Hubell S.P.; Levin S.A.; Macmahon J.A.; Matson P.A.; Melillo J.M.; Mooney H.A.; Peterson J.H.; Pulliam H.R.; Real L.A.; Regal P.J.; Risser P.G. (1991) : The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda, *Ecology* n 72, pp:371- 412.
- Macdonald D.W.; Sillero-Zubiri C. (2004) : *Biology and conservation of wild canids*, University of Oxford, Oxford University Press.
- Maloiy G.M.O.; Kamau J.M.Z.; Shkolnik M.; Meir M.; Arieli R. (1982) : Thermoregulation and metabolism in a small desert carnivore: the Fennec-fox, *Journal of Zoology* n 198, pp: 279-291.
- Palomares F. (1993) : Opportunistic feeding of the Egyptian mongoose, *Herpestes ichneumon*, in southwestern Spain. *Revue Ecologie* n°48, pp: 295-304.
- Ricklefs R.E.; Schluter D. (1993) : *Species diversity in ecological communities, historical and geographical perspectives*, Chicago, The University of Chicago press.
- Saleh M.A.; Basuony M.I. (1998) : A contribution to the mammalogy of the Sinai Peninsula. *Mammalia*, n°62, pp: 557-575.
- Sheldon J.W. (1992) : *Wild dogs: the natural history of the non-domestic Canidae*. San Diego, Academic Press, 248 p.
- Thorn M.; Green M.; Bateman P.W.; Cameron E.Z.; Yarnell R.W., Scott D.M. (2010): Comparative efficacy of sign surveys, spotlighting and audio playbacks in a landscape-scale carnivore survey, *South African Journal of Wildlife Research* n 40 (1), pp: 77-86.
- Wilson E.O. (1988) : *Biodiversity*. Washington, National Academy Press.
- Woodroffe R. (2001) : Assessing the risks of intervention: immobilization, radio-collaring and vaccination of African wild dogs, *Oryx* n 35, pp 234–244.

Evaluation de deux méthodes bio-informatiques pour la prédiction des éléments de réponse à l'auxine

SGHAIER N.^{1,2}, REBAI A.¹

¹ Laboratoire de criblage moléculaire et cellulaire, Centre de Biotechnologie de Sfax.

² Faculté des sciences de Gabès, Université de Gabès.

Email: nesrine.sghaier@ymail.com

ملخص:

يهدف هذا العمل الى تقييم مدى فعالية التنبؤات لدى طريقتين من طرق المعلوماتية الأحيائية عند استعمال قواعد بيانات الجينوم لدى النباتات. لذلك قمنا بمقارنة عناصر الاستجابة التي تنبأت بها كل من الطريقتين عبر مراقبة تطور المعايير الإحصائية. وتشير نتائج التنبؤ إلى أن الطريقة البحث عن السلسلة الأكثر ثباتا أفضل من حيث الدقة. وبناء على النتائج التي توصلنا إليها في هذا البحث اضفنا بعض التطويرات والتحسينات الممكنة لهذه الطرق من اجل زيادة كفاءة وفعالية التنبؤ لديها.

الكلمات المفاتيح: المعلوماتية الأحيائية، الجينوم، التنبؤات، عناصر الاستجابة.

RÉSUMÉ

Ce travail concerne l'évaluation de la capacité de deux méthodes bio-informatiques pour la prédiction des éléments de réponse dans les génomes d'une plante modèle: *l'Arabidopsis thaliana*. Nous avons recherché les éléments de réponse à l'auxine annotés dans les bases de données TRANSFAC, PLACE et dans les littératures et nous les avons localisés dans leur contexte génomique en utilisant les séquences en amont de gènes cibles extraites de la base de données TAIR. Ensuite, sur ces séquences promotrices de gènes cibles annotés, nous avons testé les deux méthodes de recherche. Nous avons comparé les différents paramètres statistiques. Les résultats suggèrent une meilleure prédiction pour la recherche par matrice en termes de précision et valeur prédictive positive par contre une meilleure sensibilité pour la recherche textuelle.

Mots-clés : Bio-informatique, Eléments cis-régulateurs.

SUMMARY

This work concerns the evaluation of the ability of two bioinformatics methods for prediction of response elements in the genomes of model plant : *Arabidopsis thaliana*. The approach is to compare the predicted responsive elements by both methods with annotated responsive elements. We looked for auxin responsive elements annotated in the databases TRANSFAC, PLACE and in literature and we have located in their genomic context using the upstream sequences of target genes extracted from the TAIR database. Then, on the promoter sequences of target genes annotated, we tested the two research methods. We compared the different statistical parameters. The results suggest a better prediction for the matrix search in terms of accuracy and positive predictive value but better sensitivity against text search. We also suggested some improvements and developments to increase the efficiency of prediction.

Keywords : Bioinformatics, Prediction, Cis regulatory elements.

1-INTRODUCTION

Pour survivre, les êtres vivants doivent s'adapter continuellement à leur environnement. Chez les organismes inférieurs, cette adaptation consiste en la régulation directe de l'expression des gènes par l'apport en substrat.

L'expression d'un gène, porteur d'une information d'une génération à l'autre, peut se traduire par la production des protéines, chacune pouvant réguler l'expression d'autres gènes. Une meilleure connaissance du réseau de régulation d'un ensemble de gènes est une aide précieuse pour les biologistes dans l'analyse des caractères complexes comme la susceptibilité à certaines maladies ou la résistance à des stress hydriques et thermiques dans le cas des plantes (Griffiths et al. 2002 ; Carey et al. 2005).

Une étape majeure dans ce contexte vient d'être franchie par les projets de séquençage de génomes entiers d'organismes dont celui de l'homme et de plusieurs organismes modèles comme l'*Arabidopsis thaliana*. Les séquences des génomes sont disponibles et accessibles gratuitement dans des bases de données publiques (Herbomel, 1993).

Cependant, un génome non annoté n'est pas d'une très grande utilité. Il faut pouvoir localiser, dans leur contexte génomique, les séquences informatives de toutes sortes : les gènes, les séquences régulatrices, les éléments mobiles *etc...*

De nombreuses techniques expérimentales permettant d'analyser l'expression au niveau transcriptionnel existent (ChIPon- chip, puces à ADN, ...). La recherche, avec ces techniques expérimentales de signaux de régulation *in vitro* et

in vivo, pose des contraintes de moyens et de temps importantes. Une autre piste est alors de rechercher des éléments régulateurs *in silico*, par bio-informatique.

La capacité d'effectuer des prédictions correctes constitue, ainsi, un enjeu scientifique important dans le domaine de l'analyse des séquences biologiques et, d'une manière générale, dans tous les domaines de la science. Vu que l'annotation des génomes constitue une tâche importante, il est important de développer des outils fiables pour prédire toutes sortes de séquences informatives, leurs fonctions ainsi que les différents processus biologiques complexes, en s'appuyant sur les données expérimentales disponibles et sur les théories et modèles existants (Tompa et al., 2005).

Etant donné la faible quantité de données disponibles sur les séquences informatives, chez la plupart des génomes séquencés, on comprend bien l'intérêt d'avoir des outils fiables de prédiction de gènes, d'éléments de régulation et d'éléments mobiles *etc...* Plusieurs approches méthodologiques existent et plusieurs algorithmes ont été développés pour prédire les séquences régulatrices (Das and Dai, 2007).

Ce travail s'intéresse à l'évaluation de la capacité de prédiction de deux méthodes bio-informatiques de prédiction des séquences régulatrices et plus précisément les éléments de réponse à l'auxine dans le génome d'*Arabidopsis thaliana*. Ces séquences jouent un rôle de premier plan dans la régulation transcriptionnelle de l'expression des gènes de réponse à l'auxine, un parmi les hormones indispensable à la croissance et au développement des plantes.

2-MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1-Approche globale

L'objectif de ce travail est d'évaluer la capacité de prédiction des éléments de réponse à l'auxine de deux méthodes de recherche différentes : textuelle et par matrice dans le génome d'une plante modèle qui est *l'Arabidopsis thaliana*.

L'approche utilisée consiste à comparer les motifs prédits par ces deux méthodes aux motifs annotés (validés par les expériences biologiques). Nous avons recherché les AuxRE annotés dans les

bases de données PLACE (Higo et *al.*, 1999) et TRANSFAC (Wingender et *al.*, 2000) et nous les avons localisés dans leur contexte génomique en utilisant les séquences de la base de données TAIR (Huala et *al.*, 2001). Ensuite, sur les séquences en amont de gènes annotés, nous avons fait la recherche par les deux méthodes avec différents paramètres. Le but étant d'observer l'évolution des paramètres statistiques tels que la sensibilité, la spécificité ou encore la précision, en fonction des paramètres de détection (figure1).

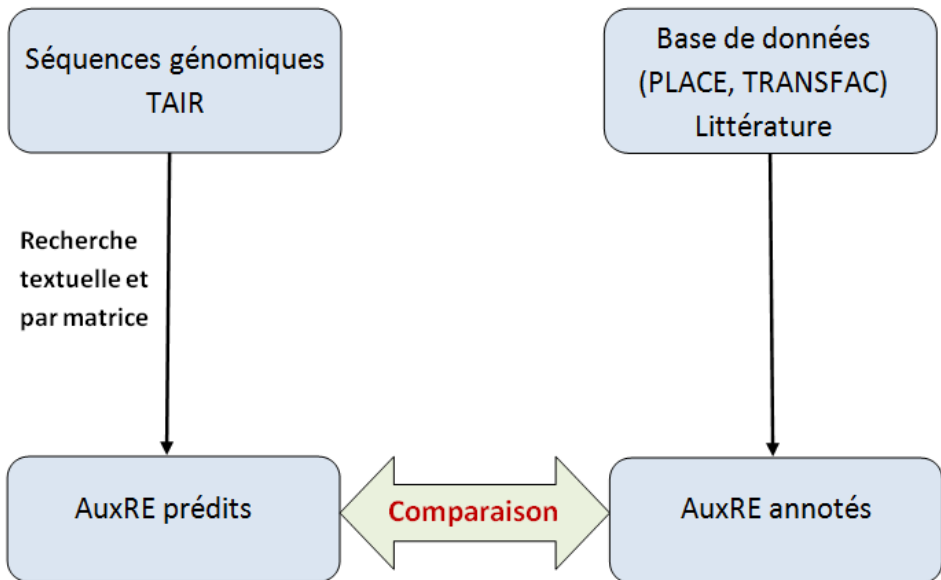


Figure 1 : Schéma illustrant l'approche globale utilisée.

2.2-Les données

2.2.1. La base de données «PLACE»

PLACE (PLAnt Cis-acting regulatory dna Elements) est une base de données de motifs rencontrés dans des séquences de régions cis-régulatrices chez les plantes. Les motifs ont été extraits d'articles déjà publiés sur les gènes des plantes. La base de données PLACE contient également une brève description de chaque motif et de la littérature pertinente avec des numéros d'identification PubMed (Higo et al, 1999).

2.2.2. La base de données «TRANSFAC»

La base de données TRANSFAC contient des annotations concernant une centaine de facteurs de transcription et des milliers d'éléments cis-régulateurs, principalement chez les organismes eucaryotes. Les données dans Transfac proviennent en grande partie de la littérature scientifique. Elle contient plusieurs tables qui sont en relation les unes avec les autres (Matys et al., 2006).

2.2.3. La base de données «TAIR»

TAIR (The Arabidopsis Information Resource) est une base de données bioinformatiques consacrée à l'organisme modèle *Arabidopsis thaliana*. Les données disponibles à partir de TAIR comprennent la séquence complète du génome ainsi que la structure des gènes, des informations des produits du gène, le métabolisme, l'expression des gènes, l'ADN et les stocks de semences, des cartes du génome, les marqueurs génétiques et physiques, des publications et des informations sur la communauté de recherche d'Arabidopsis (Reiser et Rhee, 2005).

2.2.4. Les séquences génomiques

Les séquences génomiques utilisées sont formées de 3000 paires de base (pb) en amont du site d'initiation de la transcription. Ces séquences sont issues de la base de données TAIR et correspondent aux régions en amont de tous les gènes d'*Arabidopsis thaliana*. Les séquences sont stockées dans un format FASTA.

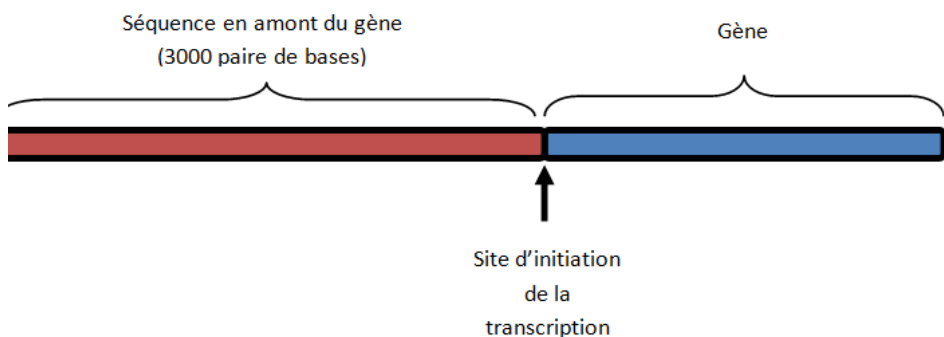


Figure 2 : Illustration schématique d'une séquence en amont du gène provenant de la base de données TAIR.

3. LES MÉTHODES APPLIQUÉES

3.1- Recherche textuelle

C'est une méthode basique qui s'applique généralement au traitement de la langue naturelle mais aussi, à l'analyse des séquences génétiques. La méthode correspond à la recherche d'une chaîne ou d'un motif dans un texte. On peut considérer qu'une séquence d'ADN est un texte écrit sur un alphabet à quatre lettres A, T, G, C.

Cette méthode consiste à chercher dans l'ensemble des séquences en amont des gènes annotées, toutes les occurrences des motifs qui correspondent à la séquence de l'élément de réponse particulièrement la plus conservée.

Si on considère la séquence en amont de gène un texte T et le motif cherché un mot P, le problème de recherche des motifs est de trouver une sous-séquences de T égale à P.

Il s'agit de comparer nucléotides à nucléotides le motif à la séquence cible à une position donnée. Si la comparaison échoue, on avance le motif d'un cran et on itère l'opération. Cette méthode possède l'avantage de la simplicité (Dardel et Képès, 2002).

Dans notre cas le motif le plus conservé de l'AuxRE qu'on a cherché est le TGTCTC (Ulmasov et al., 1995 ; Ishikiet al., 2000 ; Cole et al., 2009 ; Liu et al., 1994).

Etant donné la grande quantité de données à traiter, nous avons dû implémenter un petit script pour automatiser et simplifier la tâche.

Le script prend en entrée (input) le fi-

chier contenant la liste des séquences en amont de gènes cibles. Il recherche le motif dans ces séquences et retourne la liste de positions des occurrences trouvées ainsi que l'identifiant des gènes correspondants.

3.2- Recherche par matrice

Le point de départ à la construction d'une matrice est l'ensemble de séquences d'éléments de réponse validés expérimentalement tirés de la littérature ou à partir des expériences de sélection in vitro. Généralement, c'est à partir de l'alignement multiple des différentes séquences que la matrice est construite.

Pour l'alignement multiple des séquences correspondantes aux AuxRE validés, nous avons utilisé le programme CLUSTALW (<http://www.ebi.ac.uk/clustalw/>). CLUSTALW est un programme d'alignement multiple de séquences d'ADN ou de protéine. Il dispose d'un algorithme très performant qui donne de bons résultats. Il prend en entrée un fichier au format multifasta (au moins deux séquences). ClustalW commence par rechercher tous les alignements par paires possibles pour les séquences introduites. En partant de l'alignement paire affecté de l'indice le plus élevé, le programme réaligne ensuite les séquences restantes qu'il ajoute par ordre de relations décroissantes avec les précédentes, en incluant des intervalles si nécessaire. On obtient ainsi un alignement de toutes les séquences (Chenna et al., 2003 ; Voet et Judith, 2005).

Le fichier de sortie contenant l'alignement multiple des séquences d'entrée est enregistré au format clustal (.aln).

La matrice de poids (matrice log-odd)

représentant l'AuxRE est construite à partir de ce fichier en utilisant le programme Unipro Ugene.

Ce même programme a été utilisé pour faire la recherche par matrice pour différentes scores allant de 90% à 95% avec une augmentation de 0,5%.

3.3- Evaluation des paramètres statistiques

Afin de pouvoir manipuler, l'informa-

tion liée à toutes les occurrences détectées dans les séquences analysées, nous avons calculé, pour chaque méthode et pour différents paramètres, les données statistiques permettant d'évaluer la qualité de la prédiction dans chaque cas. Nous avons privilégié l'utilisation de sept critères couramment utilisés pour décrire la qualité d'un motif (Brazma et al., 1998 ; Juhl Jensen et Knudsen, 2000).

Sensibilité (Sn)	$Sn = \frac{Vp}{(Vp + Fn)}$
Spécificité (Sp)	$Sp = \frac{Vn}{(Vn + Fp)}$
Valeur prédictive positive (Vpp)	$Vpp = \frac{Vp}{(Vp + Fp)}$
Précision (ACC)	$ACC = \frac{(Vp + Vn)}{(Vp + Vn + Fp + Fn)}$
Précision géométrique (Acc_g)	$Acc_g = \sqrt{PPV * Sn}$
Précision arithmétique (Acc_a)	$Acc_a = \frac{PPV + Sn}{2}$
Coefficient de corrélation (r)	$r = \frac{(Vp * Vn) - (Fp * Fn)}{\sqrt{(Vp + Fp) * (Fp + Vn) * (Vn + Fn) * (Fn + Vp)}}$

Ces critères reposent sur la définition stricte de quatre ensembles de données, les vrais et faux positifs, et les vrais et faux négatifs. Pour notre thématique des AuxRE, les données composant ces quatre ensembles sont décrites dans le tableau 6. Concernant les séquences en amont de gènes ne contenant pas

les AuxRE, le nombre total de ces séquences correspond au nombre de séquences de gènes annotés. Pour chaque méthode, nous avons donc calculé le nombre de vrais et faux positifs et de vrais et faux négatifs, avant de calculer la valeur des critères choisis.

Tableau 1 Définition des quatre ensembles de séquences nécessaires au calcul de la sensibilité, de la spécificité, de la Précision et du facteur de corrélation de chaque méthode.

Modalités	Motifs détectés	Motifs non détectés
Séquences avec motif	Vrais Positifs	Faux Négatifs
Séquences sans motif	Faux Positifs	Vrais Négatifs

4-RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Nous avons testé les méthodes sur le groupe des séquences tests contenant les séquences en amont de gènes annotés ainsi qu'un ensemble des séquences en amont de gènes ne contenant pas les AuxRE. Cet ensemble a été choisi parmi les séquences en amont correspondant aux gènes non de réponse à l'Auxine.

Nous avons observé l'évolution de la sensibilité (Sn), de la spécificité (SP), de la valeur prédictive positive (PPV), de la précision et du coefficient de corrélation en fonction du seuil minimum pour la méthode de la recherche par matrice et, ensuite pour la méthode de recherche textuelle.

Rappelons que la sensibilité indique la fraction des motifs annotés qui ont été prédits par les méthodes de prédiction, tandis que la valeur prédictive positive indique la fraction de motifs prédits qui correspondent aux motifs annotés. La

précision reflète une combinaison de ces deux paramètres. Nous avons préféré la précision géométrique (Acc_g) à la précision arithmétique (Acc_a) comme indicateur de la performance, car elle met mieux en évidence les prédictions équilibrées, notamment dans les cas extrêmes comme par exemple avec une PPV très proche de 0 et une Sn proche de 1. Dans ces cas, l'Acc_a vaudrait environ 0,5 de la Sn alors que l'Acc_g aurait une valeur proche de 0, rendant ainsi mieux compte de la faible performance.

4.1- Evaluation de la prédiction des AuxRE par la méthode de recherche par matrice

4.1.1. Sensibilité et valeur prédictive positive

Les variations de la sensibilité (SN) et de la valeur prédictive positive (PPV) de la méthode de recherche par matrice de poids en fonction de différents niveaux du seuil sont représentées sur la figure 3.

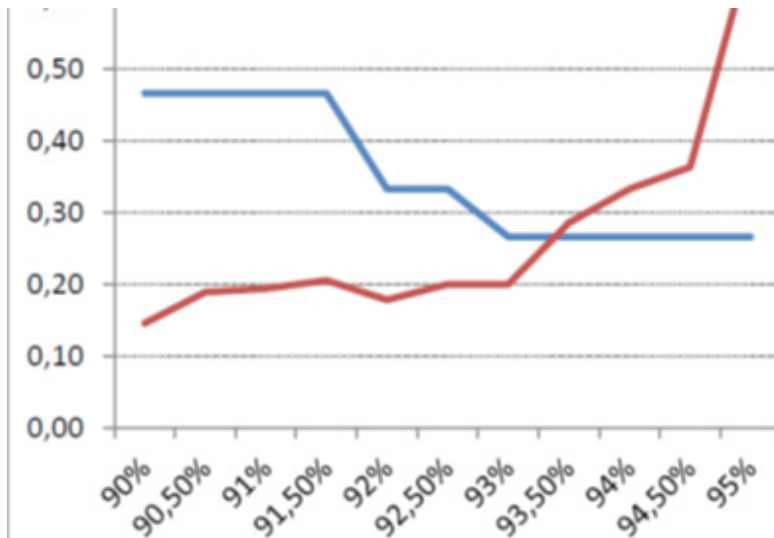


Figure 3 L'évolution de la sensibilité (Sn) et de la valeur prédictive positive (PPV) en fonction de seuil minimum choisi.

L'examen des données de la figure 3 montre qu'avec cette méthode on arrive à prédire, le maximum des motifs annotés contenus dans la région d'intérêt en fixant le seuil minimal à 91,5. Pour les seuils, 90%, 90,5% et 91% les motifs supplémentaires prédits sont des faux positifs.

Ainsi, il est intéressant d'observer l'évolution du maximum de motifs prédits en fonction du seuil. L'augmentation du seuil a pour rôle de diminuer ce nombre. Ce dernier affecte la valeur prédictive positive. Tant que le nombre de motifs annotés correctement prédits reste maximal, l'augmentation du seuil améliore la valeur prédictive positive (PPV) tandis que la sensibilité reste constante et maximale. Mais quand le seuil passe à 92%,

certain motifs annotés commencent à tomber sous le seuil ce qui a pour conséquence de diminuer la sensibilité alors que la valeur prédictive positive diminue légèrement puis reprend à augmenter. D'un côté nous perdons les sites annotés prédits quand le seuil augmente, et de l'autre nous diminuons le nombre de fausses prédictions.

4.1.2. Précision, précision géométrique et précision arithmétique

Pour dégager un compromis entre ces deux tendances opposées, il faut observer la précision. Elle donne une bonne indication sur la combinaison de ces deux paramètres. La Figure 4 illustre, l'évolution de la précision, de la précision géométrique ainsi que la précision arithmétique en fonction du seuil.

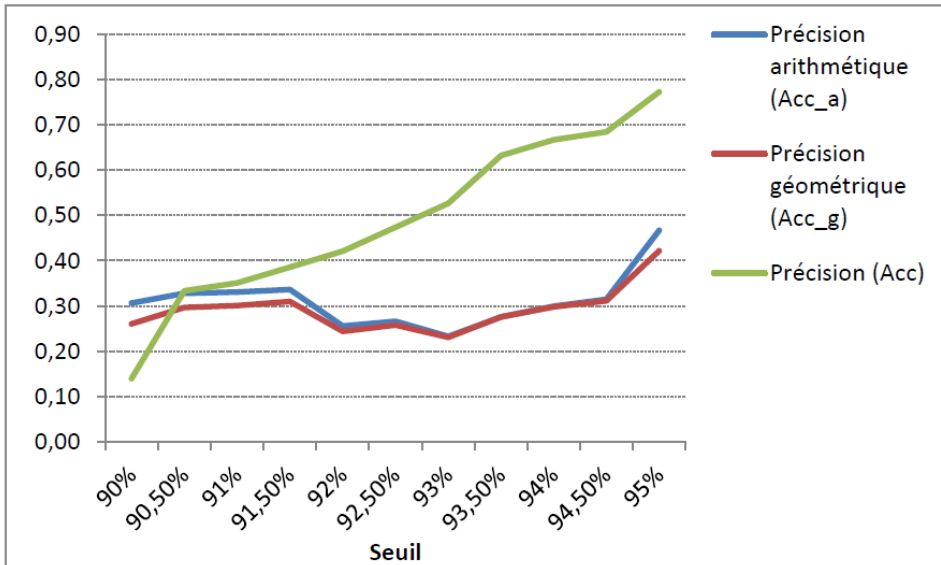


Figure 4 : L'évolution de la précision (Sn), de la précision arithmétique et la précision géométrique en fonction de seuil minimum choisi.

On constate, dans la Figure 4, l'augmentation de la précision (Acc) quand les seuils minimaux deviennent de plus en plus élevés. Les conditions optimales correspondent aux valeurs de la précision de 0,77, de la précision géométrique de 0,42 et de la précision arithmétique de 0,47. Ces valeurs correspondent à un seuil de 95%. Dans ces conditions, nous avons 4 vrais positifs sur 15 pour un total de 6 sites prédits. Il y a 2 faux positifs et 11 faux négatifs. Pour prédire le maximum des motifs annotés de contenus dans les 3000 nucléotides, il faut admettre 41 faux positifs soit plus de 5 fois le nombre de vrais positifs.

Au niveau du seuil 90%, on peut mettre en évidence l'avantage de l'utilisation

de la précision géométrique par rapport à la précision arithmétique. Pour une PPV de 0,15 (faible) et une sensibilité de 0,47 (relativement élevée) la précision arithmétique vaut 0,31 alors que la précision géométrique vaut 0,26. Cette dernière donne une idée plus réaliste des mauvaises conditions de prédiction alors que pour une valeur si faible de la PPV, une précision de 0,31 pourrait masquer ces conditions.

4.1.3. Coefficient de corrélation

Afin de pouvoir trier encore plus facilement la qualité de prédiction, nous avons utilisé un autre critère, le coefficient de corrélation. L'évolution de ce facteur en fonction de seuil est représentée dans la figure 5.

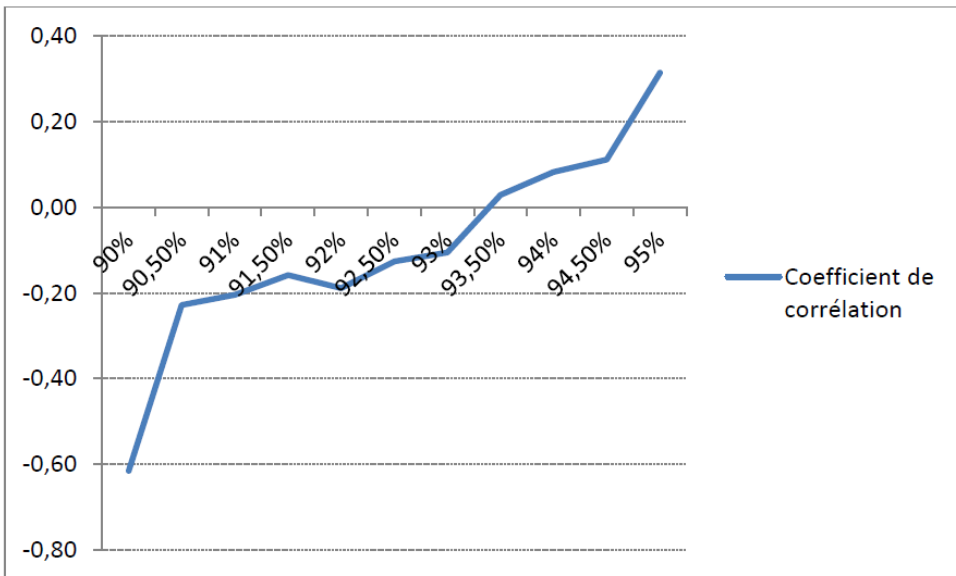


Figure5 : L'évolution du coefficient de corrélation en fonction de seuil minimum choisi.

La figure 5 montre que le coefficient augmente toujours avec l'augmentation de niveau de seuil. Ce coefficient vaut 1 quand il n'y a pas de faux positifs ou de faux négatifs et il diminue lorsque le nombre de faux positifs et de faux négatifs augmente.

Ce paramètre, en plus de prendre en compte la sensibilité et la sélectivité, va aussi varier en fonction du nombre de motifs annotés. Ainsi, un seuil ayant une sensibilité et une sélectivité élevées

pourra avoir un faible coefficient de corrélation si très peu de séquences sont annotées.

4.2. Evaluation de la prédiction des Aux RE par la méthode de recherche textuelle

L'évolution de différents paramètres statistiques calculés pour la méthode de recherche textuelle est représentée dans

le tableau 2. :

Tableau 2 : Évolution de différents paramètres statistiques calculés pour la méthode de recherche textuelle

Paramètres	Résultats
Sensibilité (SN)	0.60
Spécificité (SP)	0.40
Valeur prédictive positive (PPV)	0.60
Précision arithmétique (Acc_a)	0.60
Précision géométrique (Acc_g)	0.60
Précision (Acc)	0.52
Coefficient de corrélation (r)	0.00

Pour faciliter la comparaison entre les deux méthodes, la sensibilité et la valeur prédictive positive (PPV) sont représentés dans les figures 6 et 7.

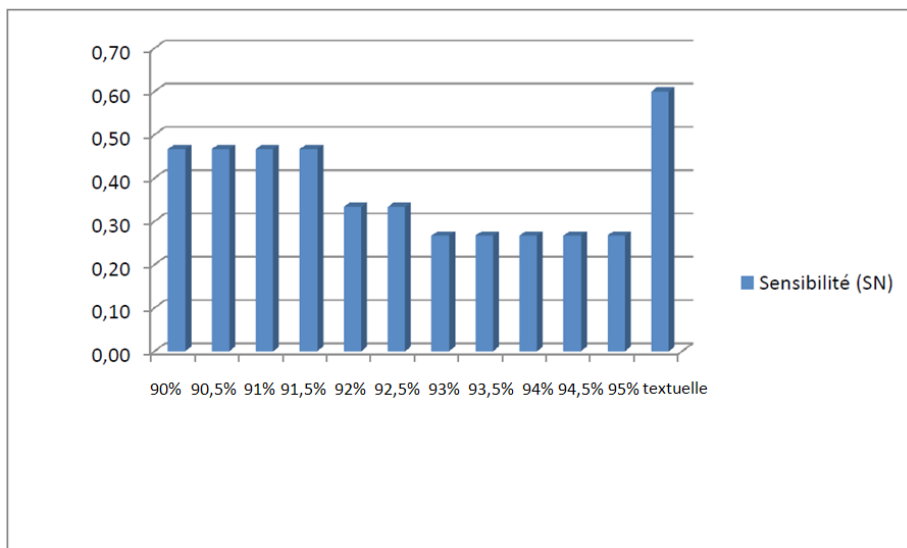


Figure 6 : Comparaison de la sensibilité de deux méthodes de recherche textuelle

et par matrice L'analyse de la figure montre que la méthode de recherche textuelle est plus sensible aux éléments de réponse à l'auxine par rapport à l'autre méthode quel que soit le seuil minimum choisi, avec une sensibilité de 0,6. 9 AuxRE annotés sur 15 ont été détectés par la méthode de recherche textuelle alors que le nombre maximum du AuxRE vaut 7 seulement par l'autre méthode ce qui correspond à 8 faux positifs.

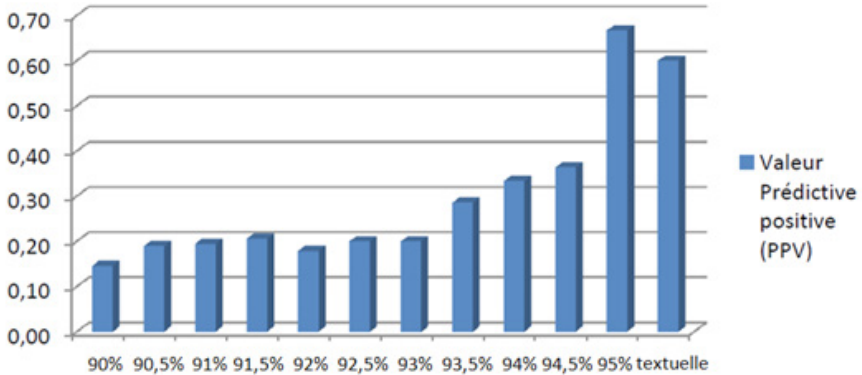


Figure 7 : Comparaison de la valeur prédictive positive de deux méthodes de recherche textuelle et par matrice La figure 7 illustre les différentes valeurs prédictives positives (PPV) obtenues par les deux méthodes de recherche testées. L'analyse de cette figure montre que la valeur prédictive positive la plus élevée est enregistrée chez la recherche par matrice à un seuil de 95%. Cette dernière condition de recherche génère le minimum de faux positifs détectés, soit 2 faux positifs seulement.

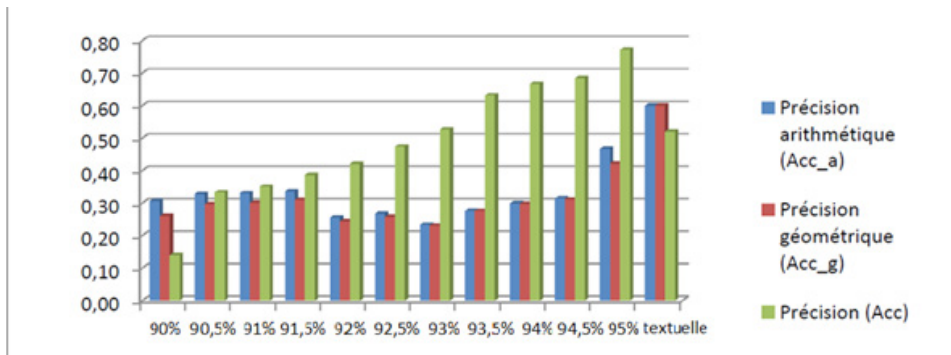


Figure 8 : Comparaison de la précision, précision arithmétique et précision géométrique de deux méthodes de recherche textuelle et par matrice Les différentes valeurs de la précision, précision arithmétique, ainsi que la précision géométrique sont représentées dans la figure 8. Nous pouvons ainsi voir, en observant cette figure, que la méthode de recherche par matrice avec un seuil de 95% donne le meilleur résultat (précision la plus élevée qui est égale à 0,7) que l'autre méthode de recherche textuelle.

De même l'évolution du coefficient de corrélation représenté dans la figure 9, démontre cette hypothèse. Ce coefficient

vaut 0 pour la recherche textuelle et 0,31 pour la recherche par matrice avec un seuil de 95%.

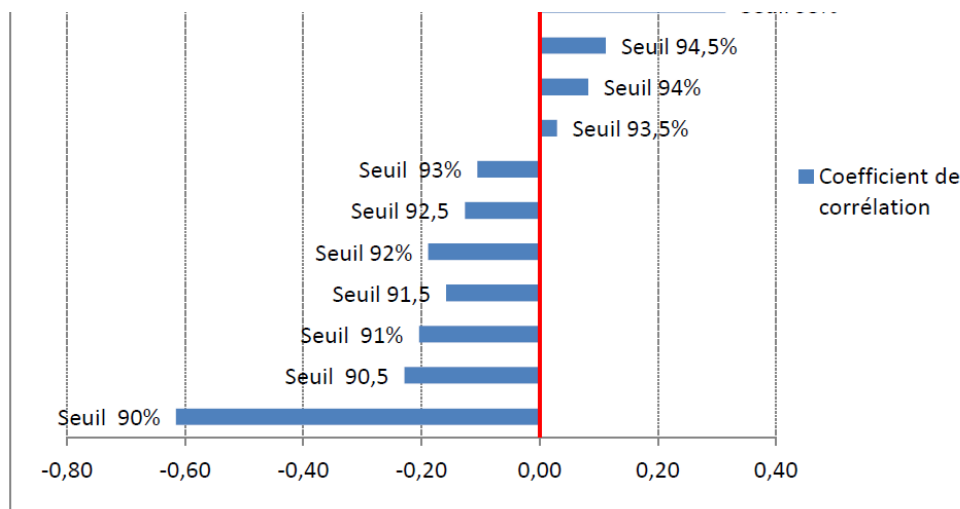


Figure 9 : Comparaison du coefficient de corrélation de deux méthodes de recherche textuelle et par matrice.

5-CONCLUSION

Ce travail a mis en place et a testé une approche méthodologique pour évaluer la capacité de prédiction de deux méthodes de recherche des éléments de réponse aux hormones : recherche textuelle et recherche par matrice.

Concernant les deux méthodes évaluées, nous avons calculé, plusieurs paramètres statistiques comme la sensibilité, la sélectivité et la précision pour toutes les conditions de détection. Nous avons testé les méthodes sur les éléments de réponse à l'auxine et nous avons pu voir l'effet des différents niveaux du seuil.

Une perspective intéressante de ce travail pourrait être une combinaison des deux méthodes existantes en une seule pour qu'il puisse admettre plusieurs modèles de description d'éléments cis-

régulateurs à la fois.

Les projets de séquençage des génomes ont ouvert des perspectives immenses pour la recherche en biologie. Il y a beaucoup de choses qu'on ne peut pas faire actuellement et qu'on ne pourra probablement jamais faire rien qu'à partir de la séquence primaire d'un génome, comme par exemple prédire la physiologie cellulaire ou encore les processus de croissance d'un individu. Mais, il y a aussi beaucoup de choses qu'on peut et qu'on pourra faire à partir de la séquence d'un génome et il est certain que les prochaines années seront marquées par des découvertes intéressantes qui amélioreront la compréhension du monde vivant et de son fonctionnement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anthony J. F. Griffiths, Jeffrey H. Miller, David T. Suzuki, Chrystelle Sanlaville, Richard C. Lewontin, William M. Gelbart (trad. Chrystelle Sanlaville, Denise Aragnol) (2002) : *Introduction à l'analyse génétique*, De Boeck Université, 878 p.
- Bailey, T.L. and C. Elkan (1994) : *Fitting a mixture model by expectation maximization to discover motifs in biopolymers*. Proc Int Conf Intell Syst Mol Biol, **2**: 28-36.
- Bailey, T.L. and C. Elkan (1995) : *The value of prior knowledge in discovering motifs with MEME*. Proc Int Conf Intell Syst Mol Biol, **3**: 21-9.
- Bao Y, Dharmawardhana P, Arias R, Allen MB, Ma C, Strauss SH. (2009) : *WUS and STM-based reporter genes for studying meristem development in poplar*. Plant Cell **18**: 947–962.
- Brazma, A., Jonassen, I., Eidhammer, I., & Gilbert, D. (1998) : *Approaches to the automatic discovery of patterns in biosequences*. Journal of Computational Biology, **5**: 277-304.
- Claverie J.M., Audic S. (1996) The statistical significance of nucleotide position-weight matrix matches, Computer Applications in Biosciences, **12**: 431-439.
- Chenna R, Sugawara H, Koike T, Lopez R, Gibson TJ, Higgins DG, Thompson JD (2003). “*Multiple sequence alignment with the Clustal series of programs*”. Nucleic Acids Res **31** : 3497–3500.
- Chung S, Parish R (1995) Studies on the promoter of the Arabidopsis thaliana cdc2a gene. FEBS Lett **362**:215–219.
- Cole M, Chandler J, Weijers D, Jacobs B, Comelli P, Werr W. (2009). DORNROSCHE is a direct target of the auxin response factor MONOPTEROS in the Arabidopsis embryo. Development **136**: 1643–1651.
- Cooper, M (1999). *La cellule : une approche moléculaire*, De Boeck Université, 674 p.
- Crooks G.E., Hon G., Chandonia J.M., and Brenner S.E. (2004) *WebLogo: A sequence logo generator*, Genome Research, **14**:1188-1190
- Das, M.K., Dai, H.-K., 2007. A survey of DNA motif finding algorithms. BMC Bioinformatics **8**, S21. doi : 10.1186/1471-2105-8-S7-S21
- Fondrat C. and A Kalogeropoulos (1994) *Approaching the function of new genes by detection of their potential upstream activation sequences in saccharomyces cerevisiae : application to chromosome III*. Curr Genet, **25**: 396–406.

- Gil P, Liu Y, Orbovic V, Verkamp E, Poff KL, Green P (1994) *Characterization of the auxin-inducible SAUR-AC1 gene for use as a genetic tool in Arabidopsis*. Plant Physiol **104**: 777-784
- Guilfoyle TJ, Ulmasov T, Hagen G (1998) *The ARF family of transcription factors and their role in plant hormone-responsive transcription*. Cell Mol Life Sci **54**: 619–627 37.
- Halford S. and Marko J. (2004) : How do site-specific DNA-binding proteins find their targets ? Nucleic Acids Research, 32
- Hertz G.Z., 3rd Hartzell G.W., and Storm G.D.. (1990) *Identification of consensus patterns in unaligned DNA sequences known to be functionally related*. Comput Appl Biosci, **6**: 81-92.
- Herbomel (1993) : L'expression du génome : du noyau à l'organisme, Estem, 506 p.
- Higo K., Ugawa Y., Iwamoto M. and Korenaga T. (1999) : Plant cis-acting regulatory DNA elements (PLACE) database : 1999. Nucleic Acids Research **27**: 297-300.
- Ishiki Y, Oda A, Yaegashi Y, Orihara Y, Arai T, Hirabashi T, Nakagawa H, Sato T. (2000) : Cloning of an auxin-responsive 1 aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene from melon and expression of ACS genes in etiolated melon seedlings and melon fruits. Plant Sci. ; 159: 173–81.
- Jensen LJ, Knudsen S (2000) : Automatic discovery of regulatory patterns in promoter regions based on whole cell expression data and functional annotation. Bioinformatics **16**: 326-333
- Lawrence, C.E., et al. (1993) : Detecting subtle sequence signals: a Gibbs sampling strategy for multiple alignment Science **262**: 208-14.
- Lodish, L., A. Berk, P., Matsudaira (2005) : Biologie moléculaire de la cellule, De Boeck Université, 1096 p.
- Lescot M., Dehais P., Thijs G., Marchal K., Moreau, Y Van de Peer Y., Rouze P., and Rombauts S. (2002) : PlantCARE, a database of plant cis-acting regulatory elements and a portal to tools for in silico analysis of promoter sequences. Nucleic Acids Res, **30**: 325–7,
- Maruyama-Nakashita A., Nakamura Y., Watanabe-Takahashi A ; Inoue E. ; Yamaya T., Takahashi H., (2005) : *Identification of a novel cis-acting element conferring sulfur deficiency response in Arabidopsis roots*. , The Plant J. **42**: 305-314.
- Neuwald, A.F., et al. (1997) : Extracting protein alignment models from the sequence database Nucleic Acids Res., **25**: 1665-77.

- Okushima Y, Fukaki H, Onoda M, Theologis A, Tasaka M (2007) : ARF7 and ARF19 regulate lateral root formation via direct activation of LBD/ASL genes in Arabidopsis. *Plant Cell* 19: 118–130.
- Reiser L and Rhee SY (2005) : Using The Arabidopsis Information Resource (TAIR) to Find Information About Arabidopsis Genes. *Current Protocols in Bioinformatics*. Chapter 9. In press.
- Robert Plomin, John C. DeFries, Gerald E. (1998) : McClearn, Patricia Arecchi, Michael Rutter, Des gènes au comportement : introduction à la génétique comportementale, De Boeck Université, , 496 p.
- Staden R. (1984) : Computer methods to locate signals in nucleic acid sequences. *Nucleic Acids Res*, 12 :505–19
- Sandelin A., Alkema W., Engström P. and Wyeth. Wasserman et Len-hard B. (2004) : *JASPAR : an open access database for eukaryotic transcription factor binding profiles* *Nucleic Acids Research*, **32**: 91-94.
- Stormo G.D. (2000) : *DNA binding sites : representation and discovery*. *Bioinformatics*, **16** :16–23.
- Schneider TD and Stephens RM (1990) : Sequence logos: a new way to display consensus sequences. *Nucleic Acids Res*, 18, 6097–6100. 38
- Shin, R., Burch, A.Y., Huppert, K.A., Tiwari, S.B., Murphy, A.S., Guilfoyle, T.J., and Schachtman, D.P. (2007) : The Arabidopsis transcription factor MYB77 modulates auxin signal transduction. *Plant Cell* 19 2440–2453.
- Stajich J.E., Block D., Boulez K., Brenner S.E., Chervitz S.A., Dagdigian C., Fuellen G., Gilbert J.G., Korf I., Lapp H., Lehvaslaiho H., Matsalla C., Mungall C.J., Osborne B.I., Pocock M.R., Schattner P., Stormo, G.D. and G.W. Hartzell (1989) : 3rd, Identifying protein-binding sites from unaligned DNA fragments. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 86: 1183-7.
- Thijs, G., et al., (2001) : A higher-order background model improves the detection of promoter regulatory elements by Gibbs sampling *Bioinformatics* 17: 113-22.
- Transfac and its module transcompel: transcriptional gene regulation in eukaryotes. *Nucleic Acids Res* 34: 108–110.
- Ulmasov T, Liu ZB, Hagen G, Guilfoyle TJ (1995) : Composite structure of auxin response elements. *Plant Cell* 7: 1611-1623
- Van Helden, J., A.F. Rios, and J. Collado-Vides (2000) : Discovering regulatory elements in noncoding sequences by analysis of spaced dyads *Nucleic Acids Res*,. 28: 1808-18.

- Van Helden, J., B. Andre, and J. Collado-Vides (1998) : Extracting regulatory sites from the upstream region of yeast genes by computational analysis of oligonucleotide frequencies. *J Mol Biol* 281: 827-42
- Walker, L., and Estelle, M. (1998) : Molecular mechanisms of auxin action. *Curr. Opin. Plant Biol.* 1 : 434–439.
- Wingender E., X. Chen, R. Hehl, H. Karas, I. Liebich, V. Matys, T. Meinhardt, M. Prüss, I. Reuter, and F. Schacherer (2000) *TRANSFAC : an integrated system for gene expression regulation*. *Nucleic Acids Research*, **28**: 316–319.

La filière des dattes communes dans l'oasis du grand Gabès : ses contraintes et ses atouts de développement

BEN H'MIDA F.

Centre technique des dattes, 6000 Kébili

ملخص :

مثل بقية الواحات، يتم داخل واحة قابس اعتماد الغراسة بالطبقات : الطبقة العليا متكونة من شجر النخيل والطبقة الوسطى متكونة من مختلف الأشجار المثمرة والطبقة السفلى متكونة من الزراعات السقوية والعلفية علما وأن تلك الزراعات تساهم بصفة كبيرة في الحد من ظاهرة التبخر على مستوى الأرض. تعتبر شجرة النخيل العمود الفقري للمنظومة الواحية حيث وقع جرد 45 صنفا من التمور داخل واحة قابس. فهذه الشجرة كانت تحتل موقعا رئيسيا في نظام المجتمع الواحي. كما أن القيمة التي أعطيت للنخلة تتركز على جملة من الأسباب. فهي أولا تمثل القاعدة الأساسية للمنظومة الواحية لأنها تخلق مناخا مصغرا ملائما للحياة داخل الواحة وكذلك لنمو عديد الزراعات. كما كانت أيضا ولمدة طويلة موردا غذائيا هاما باعتبار وأنه كان يتم خزن التمور لتستهلك خلال فصل الشتاء. أكثر من ذلك فإن كل جزء من النخلة كان يصلح لشيء ما : الجذع يستعمل كأساس للبيوت ، الجريد للسقف وللمنتجات التقليدية (مظلات ، حاويات...). لكن النخلة التي كانت تعتبر «الشجرة الملكة» للواحة فقدت من أهميتها كما أن الاستعمالات المتعلقة بها بدأت تندثر شيئا فشيئا نتيجة الأزمة التي تعيشها الواحة وكذلك نتيجة التغيرات الحاصلة في نمط الحياة والعادات الغذائية.

والهدف من هذا العمل هو دراسة موقع «تمور المطلق» في واحة قابس عبر تحديد وزنها الإقتصادي على المستوى الجهوي والوطني. ومن أجل فهم التطور العام لهذا القطاع فإننا سنعتمد على مقاربة «السلسلة» لكي نحدد السلبيات والإيجابيات في مستوى كل تقسيم وفي مستوى كامل «سلسلة» التمور بواحة قابس.

كلمات مفاتيح : واحة ، تمور المطلق ، سلسلة ، قابس.

RÉSUMÉ

Comme dans les autres oasis, on pratique, dans l'oasis de Gabès, la culture à étages : la strate supérieure est constituée de palmier dattier, la strate moyenne est constituée de différents arbres fruitiers. Enfin, la strate basse est composée de différentes plantes maraichères et fourragères, cette strate contribue fortement à limiter l'évapotranspiration du sol. Le palmier dattier est considéré comme pilier de l'écosystème oasisien. 45 variétés ont été inventoriées dans l'oasis de Gabès. Autrefois, le palmier dattier avait une place fondamentale dans le fonctionnement de la société oasisienne. Cette importance donnée au palmier dattier repose sur plusieurs raisons. Il est avant tout la base de l'agroécosystème oasisien puisqu'il crée un micro-climat favorable à la vie dans l'oasis et au développement de nombreuses cultures. Il a également été pendant longtemps une ressource alimentaire importante, car les dattes étaient séchées pour être consommées pendant l'hiver. De plus, chaque élément du palmier était utilisé : le tronc pour la structure des cabanes, les palmes pour les toits, les clôtures et les produits de l'artisanat (chapeaux, nasses, etc.). Or, cet arbre considéré autrefois comme « l'arbre roi » de l'oasis a perdu de l'importance et les pratiques liées au palmier dattier ont disparu progressivement avec la crise que connaît l'agriculture oasisienne ainsi que les changements du mode de vie et des

habitudes alimentaires.

L'objectif de ce travail est d'étudier la place des dattes communes dans l'oasis de Gabès en identifiant son poids économique sur le plan national et régional. Et pour mieux comprendre l'évolution globale de ce secteur, nous appliquerons l'approche filière afin d'identifier les forces et les faiblesses au niveau de chaque segment et dans l'ensemble de la filière dattes dans l'oasis du grand Gabès.

Mots clés : Oasis, dattes communes, filière, Gabès.

SUMMARY

Each of the oases of the Gabes region is an ecosystem where everything is dedicated to the rational exploitation and conservation of water. It is practiced on a staggered basis: the upper stratum is made of date palm. The average stratum is made up of different fruit trees. These trees regulate the humidity of the air and provide shade and the lower stratum is composed of different vegetable and fodder plants, this stratum contributes strongly to limiting evapotranspiration of the soil. The date palm is considered as a pillar of the oasis ecosystem. 45 varieties have been inventoried in the oasis of Gabes. Formerly, the date palm had a fundamental place in the functioning of oasis society. This importance given to the date palm is based on several reasons. It is above all the basis of the oasis agroecosystem since it creates a micro-climate favorable to life in the oasis and the development of many cultures. It has also been an important food resource for a long time, as dates were dried for consumption during the winter. In addition, each element of the palm was used: the trunk for the structure of the huts, the palms for the roofs, the fences and the products of the craft (hats, nets, etc.). This tree, which was once regarded as the "king tree" of the oasis, has lost importance and practices related to the date palm have gradually disappeared with the crisis in oasis farming as well as changes in the way of life and eating habits.

The objective of this work is to study the place of the common dates in the oasis of Gabes by identifying its economic weight on the national and regional level. In order to better understand the global evolution of this sector, we will apply the chain approach to identify strengths and weaknesses in each segment and in the whole of the date chain in the oasis of the great Gabes.

Keywords : Oasis, common dates, chain, Gabes.

1-INTRODUCTION

Les oasis ont joué un rôle important dans l'établissement des routes commerciales empruntées par les caravanes qui y trouvent un coin de repos et une source de ravitaillement en vivres.

Un peu plus tard, et après le passage du système pastoral au système agropastoral avec la sédentarisation des nomades, les oasis sont totalement intégrées à ce nouveau système par la solide relation oasis-steppe (il y a une vingtaine d'années) et oasis-ville (aujourd'hui).

En effet, situées dans un environnement aride et hostile, les oasis constituent un écosystème original, fondé sur le juste équilibre de trois éléments : l'abandon de l'eau, la qualité du sol et la présence de palmiers dattiers dont le feuillage en forme de parasol crée un véritable microclimat. Par l'activité agricole qui s'y déploie, l'oasis joue d'ailleurs un rôle essentiel pour la sécurité alimentaire de ses habitants, mais aussi de ceux des villes environnantes.

En règle générale, les systèmes de production dans les oasis combinent judicieusement productions végétales et élevages. Les associations agriculture-élevage valorisent des ressources rares comme l'espace cultivable (parcelle exiguës) et les ressources en eau (de moins en moins disponible).

Ainsi, le système de culture de l'oasis s'organise en trois étages :

- L'étage du palmier dattier, qui constitue l'étage supérieur jouant le rôle de brise-

vent et de protecteur des autres cultures contre le soleil.

- L'étage intermédiaire constitué d'arbres fruitiers (grenadiers, abricotiers, pruniers, mûriers, pommiers, *etc.*)

- L'étage inférieure constituée par les cultures maraîchères (carottes, navets, piments, blettes,..), les cultures fourragères (luzerne, vesce - avoine, orge en vert,..) et cultures industrielles (tabac, henné).

Quant au système d'élevage, il a été pendant longtemps basé sur l'élevage des petits ruminants (ovins et caprins).

Or l'équilibre de l'oasis aux productions diversifiées, qui est le résultat d'anciennes pratiques agricoles et l'élevage gérant au mieux les ressources locales, est menacé par les nouvelles pratiques oasiennes imposées par des changements socio-économiques.

Ainsi, les systèmes de production des oasis de Gabès, qui étaient basés autrefois sur une association arbres fruitiers (principalement le palmier dattier) et élevage des petits ruminants (principalement l'élevage caprin) ont connu depuis le milieu des années 80 une transformation radicale en connaissant une nouvelle association cultures maraîchères-élevage bovin. Il va sans dire que la situation des oasis de Gabès est préoccupante. La reconversion des palmeraies a entraîné une érosion génétique sévère de la diversité génétique de patrimoine phoenicicole (Ben H'mida, 2001). Cette reconversion a favorisé la disparition progressive de

certaines variétés présentant des intérêts socio-économiques et même techniques importants (MRABET et *al.*, 2006). Mais en dehors de ces phénomènes socio-agro-économiques, les autres activités oasiennes (activités artisanales, de conditionnement et de conservation des produits de l'oasis) liées au savoir-faire ancestral se trouvent elles aussi menacées. La transmission du savoir-faire lié à l'utilisation des dérivés du palmier (tronc, palme, «lif», *etc.*) ainsi que la conduite de cette culture (pollinisation, extraction du jus du palmier, *etc.*), ainsi que la conduite de plusieurs autres cultures oasiennes (tabac, henné, luzerne, *etc.*) ne sera plus assurée. De ce fait, le palmier dattier a perdu de l'importance. Le nombre de palmier dans l'oasis du grand Gabès est passé de 350 000 pieds en 1969 à 110 000 pieds aujourd'hui (FANNY, 2008).

Toutefois, CONFRONTI et *al.*, (2004) signale que la société oasienne dans son ensemble évolue et cherche à s'adapter à la nouvelle donnée économique, et c'est dans cette esprit que nous avons choisi d'étudier la filière des dattes communes puisque nous considérons que la valorisation du patrimoine dattier dans les oasis de Gabès, basé sur les dattes communes, constitue une alternative pour la sauvegarde et la réhabilitation des oasis de cette région.

1- Importance sociale et économique des dattes

1.1- Valeurs culturelles et sociaux du palmier dattier

a) Véritable « arbre roi », le palmier dattier a permis à l'homme d'installer des centres de vie dans des milieux désertiques hostiles, jalonnant les grandes routes commerciales caravanières. Les productions diverses sont utiles aux familles oasiennes pour leurs échanges, leur autoconsommation et leur sécurité alimentaire en cas de crise :

-dattes sous forme de fruits ou transformées pour la vente ou pour l'alimentation de l'homme et de son cheptel (1500 à 2700 calories /kg, Graines = 1300 calories /kg pour l'alimentation du bétail),

-bois de feu : 35 kg à 50 kg de bois par an/arbre,

-bois d'œuvre –clôtures-folioles pour vannerie,

-fibrillium pour corderie,

-sève pour consommation en tant que «legmi» (jus de palmier).

b) Les noms des variétés évoquent des histoires légendaires pleines de poésie. Deglet Nour traîne derrière elle plusieurs légendes, mais nous retiendrons de son nom qu'une de ses significations « Doigt de lumière » qui évoque la datte proche de la perfection, ambre claire, translucide, au point d'y déceler l'ombre de la graine à la lumière du soleil.

c) Les relations de symbiose entre l'homme et le palmier dattier sont essentielles pour assurer la production :

« Meilleurs sont les soins, meilleurs seront les résultats » a déclaré un patriarche de l'oasis de Gabès. La pollinisation, opération indispensable à une bonne production, est liée au religieux. Lorsque le phoeniculteur féconde les inflorescences, il invoque le Très- Haut pour que la récolte soit bonne.

d) A ces valeurs culturelles s'ajoutent les rôles sociaux du commerce de la datte :

-Sur les marchés régionaux et nationaux qui consomment le 2/3 de la production des oasis phoenicoles tunisiennes, des prix différenciés permettent à toutes les catégories sociales d'acheter des dattes.

-Les entrées de devises importantes dues aux exportations de dattes à dominante Deglet Nour permettent à la Tunisie de couvrir 50 % des importations de blés tendres. La production dattière tunisienne est donc un enjeu politique national de premier ordre.

1.2. Importance socio-économique du palmier dattier

Sur le plan national, et d'après les données de l'ONA (2016), le secteur phoenicole représente :

- 4% de la valeur totale de la production agricole.

- 7% de la valeur totale de la production végétale.

- 12% de la valeur totale des exportations agricoles, ce qui lui permet d'occuper la 3^{ème} place après les produits de la mer et l'huile d'olive.

Les palmeraies tunisiennes occupent environ 40 000 ha, l'effectif des palmiers dattiers est de 5382 000 pieds. Le nombre d'agriculteurs pratiquant la phoeniculture est d'environ 50 000 agriculteurs répartis en 4 principales zones de production (Enquête oasis, 2013).

Tableau 1 : Répartition des effectifs par variété en Tunisie

Variété	Effectif	Pourcentage
Deglet Nour	3541000	65%
Allig	400000	8%
Kenta	200000	4%
Khouet Allig	110000	2%
Dattes communes	800000	16%
Autres	331000	5%
Total	5382000	100

Source : Enquête oasis, 2013

D'un autre côté, les oasis de la région de Gabès (seules oasis littorales en Méditerranée) couvrent une superficie de 7000 ha (Ben Saâd et *al.*, 2017) ; soit environ 22% de la superficie totale des oasis tunisiennes. On considère les variétés « Bouhattam, Lemsi, Rochdi et Kenta » comme les plus importantes variétés produites dans les oasis de Gabès.

On note l'importance de la production de Kenta dans les oasis de la Délégation d'El Hamma dont une grande partie est destinée à l'exportation.

Or, aujourd'hui et suite à la perte de l'importance économique de cet arbre, le nombre de palmier par hectare, à Gabès, est passé de 350 pieds en 1969 à près de 100 seulement en 2008 (Fanny, 2008).

2- PROBLÉMATIQUE

Les oasiens ont, à travers le temps, cumulé un savoir-faire appréciable en matière d'agriculture oasisienne. Il va sans dire que l'adoption du système intensif à trois étages et l'intégration de l'élevage des petits ruminants, l'association agriculture artisanat, la pratique d'une agriculture orientée vers les cultures sélectionnées dominées par les variétés à forte valeur commerciale et la diversification des productions sont autant d'exemples qui témoignent d'un esprit d'ingéniosité de l'agriculteur oasisien.

Durant des siècles, et comme nous l'avons signalé plus haut, ces populations ont exploité l'oasis sans mettre en péril

la biodiversité, mieux encore ils ont toujours pris le soin de la préserver. Il est clair que le palmier dattier, qui constitue le pivot du système oasisien, a une importance aussi bien écologique que socio-économique.

Il fournit un aliment important pour le bétail et constitue une base pour l'exploitation artisanale par le biais de la vannerie, de la sparterie et d'autres produits utilisés comme matériaux de construction qui font vivre des familles entières (Elhoumaizi, 1998). D'autre part, les dattes qui sont considérées souvent par beaucoup de consommateurs comme un fruit dessert, constituent la base de l'alimentation des habitants du Sahara, et peuvent servir à l'élaboration d'une gamme très étendue de produits alimentaires de grande valeur énergétique et diététique (Djebri, 1982).

Sur le plan agronomique, le palmier dattier occupe une place stratégique dans la stabilité socio-économique et écologique du système oasisien. Or, il faut préciser que les populations anciennes qui ont vécu dans ces milieux désertiques, ont pu organiser l'espace oasisien autour du facteur « eau » en utilisant des techniques et des méthodes traditionnelles basées sur la gestion sociale de l'eau pour bien maîtriser cette ressource précieuse (Kabiri, 2006).

Toutefois, l'agriculture oasisienne connaît depuis quelques décennies des problèmes de tout genre.

Ainsi, la consultation des références bibliographiques (études, thèses, rapports et autres) que nous avons

pu faire jusqu'à maintenant, sur les oasis de Gabès, nous permet de résumer les principales contraintes au développement de l'agriculture oasienne comme suit :

- la situation hydraulique est marquée par un déficit important en eau dans de nombreuses parcelles qui sont en voie d'abandon,
- le système d'irrigation par submersion est un système de gaspillage d'eau. Par manque de nivellement, de désherbage ou d'entretien, l'eau ne circule pas rapidement dans les planches ce qui engendre une perte énorme,
- la destruction du palmier dattier, par le recours des oasiens à l'extraction du jus de palme « legmi » comme source facile d'entrée d'argent, pourrait bouleverser le milieu oasien notamment en raison de son importance dans la création du microclimat,
- la baisse du revenu agricole oasien est devenue un facteur qui pousse les jeunes à fuir l'agriculture et les amène à émigrer pour chercher des revenus meilleurs dans les secteurs des bâtiments et des services (Romdhane, 2004),
- la création du complexe industriel et la diversification des activités économiques, a fait de Gabès un pôle d'attraction pour la main-d'œuvre du centre et du sud et connaît un accroissement démographique important qui s'est traduit par une explosion du périmètre communal en dépit des oasis,
- l'utilisation de techniques inappropriées à l'oasis (rigoles en ciment), à une

introduction de spéculations non compatibles avec les ressources oasiennes (élevage bovin), au démantèlement des services d'encadrement et d'accompagnement des oasiens (désengagement de l'Etat),

- la pollution chimique engendrée par l'installation du groupe chimique au début des années 70, a participé à la destruction d'une partie de l'étage supérieure des oasis à savoir les arbres fruitiers et surtout le palmier (plusieurs centaines de procès gagnés par les oasiens contre le Groupe Chimique Tunisien chaque année).

Tout cela met en péril la survie des oasis considérées comme « grenier » de la biodiversité et du savoir-faire local (Chetoui et Hamroun, 2004).

3. MÉTHODOLOGIE

La méthodologie du travail est basée sur deux aspects d'analyse économique : une analyse macro-économique et une analyse micro-économique.

Dans le premier type d'analyse nous allons essayer d'étudier l'environnement global du secteur dattes en Tunisie en identifiant son poids économique sur le plan national et régional. Et pour mieux comprendre l'évolution globale de ce secteur, nous appliquerons l'approche filière afin d'identifier les forces et les faiblesses au niveau de chaque segment et dans l'ensemble de la filière. Notre analyse sera donc basée sur le concept de la filière. Toutefois, pour produire les données nécessaires nous avons réalisé 50 enquêtes dans l'oasis du grand Gabès réparties comme suit :

* 23 producteurs avec une superficie agricole pour chacun comprise entre 0.1 et 0.5 ha,

* 15 producteurs avec une superficie agricole pour chacun comprise entre 0.6 et 1 ha,

* 12 producteurs avec une superficie agricole pour chacun supérieure à 1 ha.

Quant à la méthode d'échantillonnage, elle est dite « Echantillonnage par parcours aléatoire » (Mettrik, 1994). L'échantillon est obtenu en parcourant

des artères à travers l'oasis et en choisissant les enquêtes de manière aléatoire.

4. PRÉSENTATION DE LA FILIÈRE DES DATTES EN TUNISIE

Le secteur phoenicicole en Tunisie regroupe l'ensemble des activités liées à la production le stockage, la transformation et la commercialisation.

Ainsi, nous pouvons schématiser la filière des dattes en Tunisie comme suit :

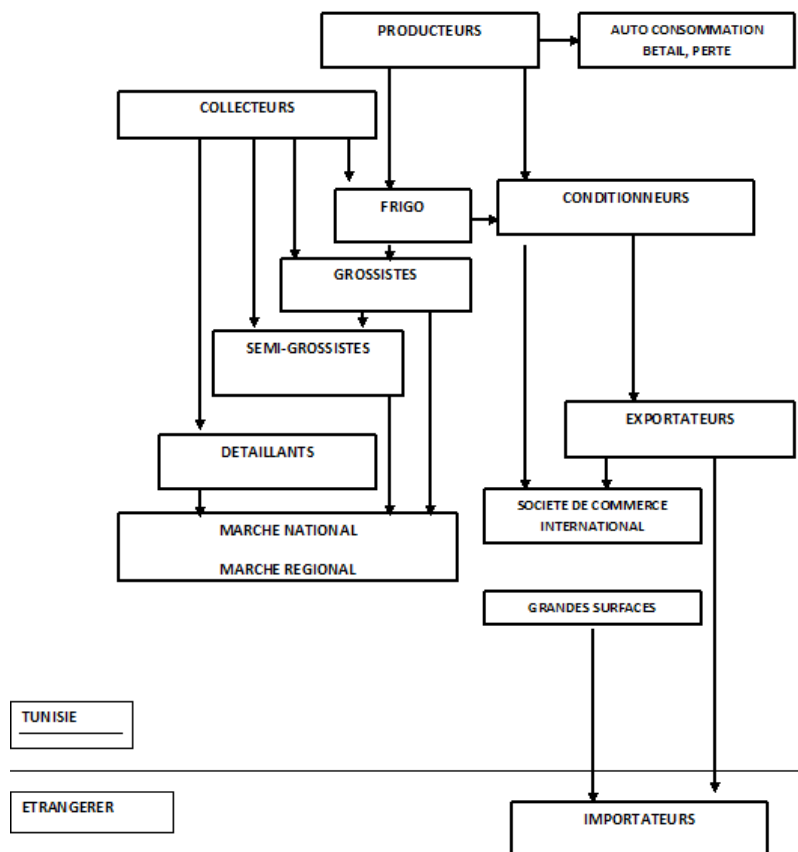


Figure 1 : Schéma de la filière dattes en Tunisie

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des principaux acteurs de la filière dattes tunisienne

ACTEUR	FONCTION	SERVICE/ BIEN
GID/GIFRUIITS	Interprofession : interface production/ conditionnement/ exportation. coordonner entre l'exportateur /l'importateur	*Fourniture des intrants agricoles subventionnés *Stockage des dattes *Fumigation *Prospection des marchés *Réalisation des études et stratégies *Défendre les intérêts des agriculteurs/ collecteur/ exportateur /conditionneur auprès de tout les acteurs de la filière
INNORPI	enregistrement des marques de commerce et de fabrication	* Octroi de la marque de conformité aux normes *Certification des systèmes de qualité conformément aux normes ISO
IRESA	Tutelle de toutes les institutions de recherche et enseignement supérieur agricole	* Elaboration des priorités sectorielles *Formation et stages pour les techniciens et cadres opérant dans le secteur des dattes *Diffusion des paquets technologiques
CRDA	Développement agricole ressources en eaux	*Vulgarisation – développement * Formation
CRPH	Recherche phoneinicole	Technique culturales à vulgariser / résultats / acquis de recherche
ODS	Développement	* Promotion de l'investissement privé *Etude de faisabilité et projet de développement *Planification régionales
APIA	Aide à l'investissement agricole	*Préparation des dossiers d'investissement agricole *Subvention et aide fiscale
UTAP	Syndicat des producteurs	défend les intérêts des producteurs auprès des autorités politiques
UTICA	syndicat des exportateurs	*Assemblée sous forme des fédérations auprès des autorités politiques *Défendre les intérêts des exportateurs
DG/DCQPA	contrôle phytosanitaire	Délivrer les certificats phytosanitaires pour les dattes exportées
CEPEX	promotion des exportations	Subventions sur le transport à l'export

centre technique des dattes	*Recherche de nouvelles techniques pour les dattes *formation des techniciens	Vulgarisation des acquis de recherche dans le secteur de production des dattes
CRPH	Recherche dans l'agriculture oasienne	Diffuser les résultats de recherche concernant les cultures associées dans l'oasis
Producteur	Plantation-production-récolte-triage-vente	Datte-déchets oasiens a valoriser : palmiers sèches/ vertes écart de triage-conefs
Collecteur	Achat sur pied achat au détail, collecte triage/ classification des dattes	*Vente des dattes triées aux exportateurs/ conditionneurs dans des caisses en plastiques de 10/18 /25 KG * Vente des dattes aux marchés des gros/détails
Conditionneur/ exportateur/ frigorifiste	Achat dattes triées stockage/ conditionnement/ emballage	*Exportation des dattes *Commercialisation interne *Approvisionnement des grossistes et grande surfaces
Grossiste/semi-grossiste /détaillant	Achat dattes auprès des agriculteurs/ collecteurs / frigorifistes	Vente au détail approvisionnement des marches de gros et de détail
Organisation professionnelles : *AIC, GDA, GIE, Coopératives, etc.	Défendre l'intérêt des producteurs	*Rassemblement des achats, des intrants agricoles *Vente collective des dattes des adhérents *Gestion et vente d'eau d'irrigation *Entretien des réseaux d'irrigation et de drainage *Triage et collecte des dattes *Valorisation des dattes et sous-produits des palmiers et des dattes

4.1. Résultats et analyse économique

4.1.1. La main d'œuvre oasienne

La main d'œuvre oasienne devient de plus en plus rare surtout celle des jeunes. Concurrencée par d'autres activités «moins dures» (comme l'ont signalé quelques rares jeunes que nous avons rencontrés) et plus rémunératrices,

l'agriculture oasienne voit ses ouvriers spécialisés quitter l'activité agricole vers d'autres secteurs tels que le bâtiment, les services et surtout l'industrie chimique de Gabès qui emploient en sous-traitance quelques milliers chaque année. Ainsi, le nombre de «grimpeurs», qui assurent les tâches les plus nécessaires

tels que le toilettage, la pollinisation et la récolte et donc qui constituent la main d'œuvre la plus précieuse pour la production du palmier dattier, a diminué considérablement ces dernières années.

Tableau 3 : Tranches d'âges des producteurs

Tranche d'âge (ans)	Nombre	Pourcentage	Moyenne d'âge (ans)
20 – 35	4	8	36
36 – 50	8	16	47
51 – 60	12	24	56
> 60	26	52	65
Total	50	100	58

Source : Notre enquête

4.1.2. Le mode de faire valoir dans l'oasis de Gabès

La propriété privée constitue le régime dominant dans les oasis de Gabès comme partout dans toutes les oasis de la Tunisie. Toutefois, les cas d'indivision, qui résulte du mode de droit successoral, ne manque pas. Toutefois, la location commence à se développer. Elle est peut être due, soit à l'absence de succession d'un oasisien qui prend sa retraite ou qui meurt, soit d'un conflit sur la gestion de l'exploitation.

Il est intéressant aussi de signaler que nous nous sommes tombés sur quelques cas d'association entre le propriétaire (généralement sans assise financière) et un fonctionnaire ou un commerçant (généralement un membre de la famille proche du propriétaire) qui participe par le capital et à la fin de la campagne se partage les bénéfices. Ainsi, nous nous interrogerons si cette forme d'association (jusque là réservée à l'élevage) peut être la solution à l'abandon de l'activité oasisienne ?

Tableau 4 : Les modes de faire valoir dans les oasis de Gabès et El Hamma

Mode de faire valoir	Nombre	%
Mode de faire valoir direct	39	78
Location	8	16
Association	3	6

Source : Notre enquête

4.2. Conditions économiques de la production

4.2.1. Coût élevé de production et rentabilité économique discutable

Nous signalons d'emblée que contrairement aux oasis continentales (Nefzaoua et Jérid) à dominantes «Deglet nour», où les palmiers dattiers sont plantés en plein champ à raison de 300 palmiers à l'hectare (CHAREF, 1989), les palmiers dattiers dans les oasis de Gabès sont plantés sur les bordures des planches et des parcelles.

De ce fait, la densité à l'ha est très faible puisqu'elle avoisine les 50 palmiers (FANNY, 2008).

Dans le calcul de la rentabilité économique, nous allons présenter la structure des charges de l'exploitation (toutes cultures confondues), la part du revenu agricole du revenu total, la structure du revenu agricole et nous terminerons par un essai de comparaison entre la rentabilité d'un ha de dattiers communes et un ha de grenadiers.

4.2.1.1. Structure des charges

Tableau 5 : Structures des charges des exploitations enquêtées (%)

	Eau	Main d'œuvre	Intrants	Autres	Total
0.1 - 0.5 ha	49	9	29	13	100
0.6 – 1 ha	42	21	31	6	100
> 1 ha	31	38	27	4	100

Source : Notre enquête

La lecture de ce tableau nous révèle certaines constatations :

- Au niveau des petites exploitations (< 0.5 ha) et des exploitations moyennes (0.6 – 1 ha), le poste eau d'irrigation occupe la plus grande part dans les dépenses totales, respectivement 49 et 42 %. Ceci s'explique par le fait que ces deux catégories de producteurs ne font recours qu'à l'eau provenant du GIC.

En contre partie, les grands producteurs, nantis d'une bonne assise financière, font

beaucoup plus recours, dans l'irrigation de leur parcelle, aux puits illicites qu'ils ont creusés (180 puits dans la seule oasis de Gabès d'après Grignon, 2016).

- Concernant les intrants, nous constatons que la part des dépenses est presque la même chez les trois catégories, avec un léger recul chez les grands exploitants qui s'explique, peut être par l'achat des intrants en grandes quantités se qui réduit le coût.

4.2.1.2. Part du revenu agricole dans le revenu total

Tableau 6 : La part du revenu agricole du revenu total de l'unité de production (%)

Classe de superficie des exploitations	Revenu agricole/Revenu total
0.1 – 0.5 ha	31
0.6 – 1 ha	59
> 1 ha	83

Source : Notre enquête

A la lecture du tableau, nous constatons que les grandes exploitations (> 1 ha) contribuent plus à la formation du revenu agricole des producteurs. Ceci peut être expliqué par le fait que dans ces exploitations les conditions de production sont meilleures (structure foncière, disponibilité en eau, capital, spécialisation dans l'agriculture, etc.). Il est bien évident que pour les deux autres catégories, les producteurs recourent beaucoup plus aux revenus extra-

agricole pour faire vivre leurs familles. Dans le premier cas (< 0.5 ha) le revenu non agricole représente 69 % du revenu total.

4.2.1.3. Structure du revenu agricole

Pour avoir une idée sur l'importance du palmier dattier dans l'économie de l'exploitation, nous avons fait recours à l'analyse de la structure du revenu agricole que nous présentons dans le tableau ci-après.

Tableau 7 : Structure du revenu agricole des exploitations enquêtées

Classe de superficie des exploitations	% Dattes	% Cultures sous-jascentes
0.1 – 0.5 ha	11	89
0.6 – 1 ha	19	81
> 1 ha	33	67

Source : Notre enquête

Les résultats présentés dans ce tableau nous permettent de dire qu'il paraît que les grands producteurs entretiennent mieux leurs palmiers (toiletage et pollinisation) ce qui leur permet d'obtenir de bons rendements ce qui donne aux palmiers dattiers de l'importance dans la formation du revenu agricole de l'exploitation (le 1/3 du revenu global). Par contre, les petits (< 0.5 ha) et les moyens (0.6 – 1 ha) ont choisi d'orienter

les ressources financières dont ils disposent vers d'autres spéculations (surtout le maraîchage et le grenadier) qui demandent moins de dépenses et surtout n'exigent pas de la main d'œuvre trop chère comme c'est le cas des grimpeurs. De ce fait le revenu des dattes ne contribue que par 11% pour le premier cas et 19 % pour le deuxième cas.

4.2.1.4. La rentabilité du palmier dattier est discutable

Tableau 8 : Comparaison de rentabilité entre le palmier dattier et le grenadier

	1 ha de palmier dattier (300 pieds)	1 ha de grenadier (500 pieds)
Charges brutes (DT)	690	540
Produit brut (DT)	3750	5250
Marge brut (DT)	3060	4710

Source : Nos calculs

Nous avons essayé dans ce tableau de confronter les deux espèces les plus utilisées dans les oasis de Gabès (le palmier dattier et le grenadier) en considérant que la culture des deux espèces ce fait en plein champ et que les charges en eau sont les mêmes pour les deux espèces (malgré les différences des besoins entre les deux) parce que la quantité donnée dépend de la décision du GIC. Cette quantité est estimée à 8 heures par hectares et par quinzaine. Ceci nous a permis de déduire la marge brute à la production des deux espèces qui est de 3060 DT pour le palmier dattier et 4710 DT pour le grenadier. Deux postes déterminent la supériorité de la marge brute du grenadier : la

main d'œuvre qui constitue 65 % des charges brutes et les prix des dattes à la production qui est inférieur aux prix des grenades (0.250 DT contre 0.350 DT).

Il est clair que l'amélioration de la filière des dattes communes par leur valorisation sur le marché tunisien et l'organisation du segment de la collecte et du conditionnement et la mise en place d'une stratégie d'exportation surtout que ces dattes commencent à trouver leur place sur le marché européen (100 % des importations de l'ex-Yougoslavie, de la République Slovaque et de la République Tchèque ; plus de 70 % des importations belge ; plus de 60 % des importations anglaises ; etc.).

5-CONCLUSION

Au terme de ce travail, nous rappelons que l'analyse de la filière des dattes communes dans les oasis de Gabès est riche en enseignements :

-Sur le plan environnemental, mais aussi économique, le développement de la culture des dattes communes, surtout la variété « kenta » très appréciée par le consommateur tunisien et aussi par le marché extérieur vu son prix abordable, constitue une chance pour les oasis de la région de Gabès, qui connaissent un taux d'abandon inquiétant pouvant atteindre jusqu'à 33 % dans l'oasis de Jara-Chott Essalem (Ben Saad et *al.*, 2017), pour retrouver leur situation florissante qu'elles avaient autrefois et permettra aussi aux oasiens d'améliorer leurs revenus agricoles qui se détériorent d'une année à l'autre.

-Nous relevons aussi la difficulté des industriels tunisiens à répondre à toutes les demandes de la clientèle surtout au niveau de la qualité ce qui permet un risque de perte de certains créneaux ou opportunités qui en découle puisque les acheteurs pouvant être tentés de s'approvisionner chez d'autres fournisseurs. Signalons aussi, que la concentration de la grande distribution sur le marché européen, augmentant la pression et les exigences au niveau de la demande, risque d'éliminer ou de rendre inopérants, par manque de compétitivité, tous les opérateurs qui n'auront pas fait de mise à niveau en matière de qualité et d'emballage.

-Un danger réel existe également d'avoir

un secteur du conditionnement à deux vitesses, avec d'une part des entreprises inscrites sur le marché dans la durée et d'autres part des entreprises inscrites sur le marché à court terme et sans réels soucis de qualité.

Ces dernières sont en mesure de freiner tous les marchés et la casse des prix, soit délibérée, soit à l'instigation d'un acheteur utilisant cette fausse concurrence pour faire pression sur les entreprises performantes. Dans les deux cas de figures, ce danger existe car ces pratiques sont d'actualité. Elles sont dommageables pour l'ensemble de la filière.

Ce diagnostic nous pousse à proposer un certain nombre d'actions qui peuvent contribuer à l'amélioration du secteur dattier à Gabès :

□ Organisation de la filière datte commune surtout au niveau de la commercialisation et de l'écoulement des dattes pour le commerce intérieur et extérieur et l'éclaircissement des rapports juridiques entre les exploitants, les collecteurs et les exportateurs.

□ Formation d'une main d'œuvre qualifiée et spécialisée dans la culture du palmier dattier, dans le centre de formation agricole (CFRA) de Zerkiné (pollinisation, toilettage, récolte, *etc.*) pour faire face à la disparition du savoir faire local dans ce secteur.

□ Recherche d'autres ressources en eau et d'autres techniques d'irrigation qui deviennent de plus en plus exigées dans ce nouveau contexte de changements

climatiques.

□ Adaptation des systèmes de crédit bancaire pour le développement des dattes communes puisque la politique actuelle exclue la culture des dattes du système de crédit.

□ Dans ce nouveau contexte de désengagement de l'Etat, les pouvoirs publics doivent considérer les oasis comme « patrimoine national » qu'il faut sauvegarder et sauver et par conséquent doivent mettre beaucoup plus de moyens humains et matériels dans le cadre d'un programme national de sauvegarde des oasis.

En guise de conclusion, nous pouvons dire que l'organisation de la filière des dattes communes constitue une

opportunité pour sauver les oasis de la région de Gabès qui connaissent un taux d'abandon inquiétant suite à la non rentabilité de l'activité agricole.

Cette situation qui menace la durabilité des oasis, et qui est dû entre autre au recul de la place du palmier dattier dans le système de culture oasisien, ne peut être renversée que par la réhabilitation des dattes communes et surtout de la variété « kenta » qui est appréciée par les populations locales et qui se vend à un prix encourageant à l'extérieur (1 euros, contre 2,2 euros pour Deglet Nour). Ce prix, et dans le contexte de la crise économique qui frappe les pays européens, ne peut que conserver la place de la Tunisie dans ce marché

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

-BEN HAMIDA F. (2001) : Inventaire de la biodiversité dans l'oasis de Mettouiia. Rapport FEM/ GDA Mettouiia 2001, 21 pages.

-BEN SAAD A. et PAOLI J-Ch., (2017) : Déclin et résistance de l'oasis du Grand Gabès. IRMC/Karthala, 2017 (sous presse).

-CHAREF A. (1989) : Evolution de la filière dattes en Tunisie : de la consommation à l'exportation. Thèse de Mastère, IAM Montpellier, 1989, 132 pages

-CHETOUI N et HAMROUN S, (2004) : Le système d'élevage bovin et ses effets sur la durabilité de l'écosystème oasisien (Cas de l'oasis de Chenini-Gabès). Mémoire de Fin d'Etude, Faculté des sciences de Sfax (filère : Technicien supérieur en Techniques d'Aridobiologie), Tunisie.

-CONFRONTI J., et TONNEAU P., (2004) : Les systèmes de production oasisiens : Le Cas des oasis du Jerid. Edition de l'Agronomie des oasis, 2004; pp.103-115.

-DJERBI M. (1982) : Le palmier dattier, caractéristiques botaniques, écologique, culture. Document technique FAO/PNUD/Rab/88/024/1982,24 p.

-DOLLE V. (1998) : Agriculture d'oasis, une longue histoire quel avenir ? in : Sécheresse/CIRAD-Montpellier France/1998, pp. 81-82.

-ELHOUMAIZI M. A., SAAIDI M., OHABI A. (1998) : La palmeraie de Marrakech. Ses contraintes et ses atouts de développement. in : Sécheresse, 9 juin 1998, pp.163-166.

-FANNY P. (2008) : Diagnostic agraire de l'oasis du grand Gabès-Tunisie. Cas d'une oasis littorale péri-urbaine menacée. Vestige d'un passé luxuriant et prospère. Mémoire de fin d'études, IRC Montpellier/IRA Medenine, 114 pages

-GRIGNON L. (2016) : Foncier et place de la femme dans l'oasis du grand Gabès. Thèse de Mastère, IAM Montpellier, octobre 2016, 114 pages

-METTRIK H. (1994) : Recherche agricole orientée vers le développement. ICRA, Wageningen Pays bas, 1994, 228 pages.

-MRABET A., FERCHICHI A et CHAIR N., (2006) : Caractérisation chimique de fruits de quelques cultivars de palmiers dattiers du sud tunisien. in: Revue des Régions Arides. Actes du séminaire d'aridoculture/Institut des Régions Arides. Djerba; 25-28-12; 2006, 9 pages.

-ROMDHANE A., 2004 : Système de Production et Contraintes de développement dans les Oasis Littorales. Cas des oasis du gouvernorat de Gabès. in : Revue des Régions Arides/Actes du séminaire d'aridoculture/ Institut des Régions Arides/ Djerba/22-25-11., 2004, pp.922-930.

**Caractérisation phytocéologique des différentes formations végétales
des parcours gypso-salés d'El Bhaier,
Sud de la Tunisie**

GASMI A., BEN SALEM F. & TARHOUNI M.

Institut des Régions Arides, 4119, Medenine, Tunisie.

ملخص

تغطي المراعي حوالي ربع المساحة الجمالية للبلاد التونسية وتتميز بعدد الخصائص الاجتماعية والاقتصادية والبيئية حيث تحافظ على حيوية وديمومة قطاع تربية الماشية أساسا بالجنوب التونسي. خصص هذا العمل لتقييم الغطاء النباتي بمراعي البحائر (ولاية قابس) حيث مكن توصيف مختلف المنظومات النباتية بالاعتماد على طريقة المربعات من معرفة حالة الكساء النباتي الطبيعي بها. كما مكنت متابعة مختلف المؤشرات الكمية (نسبة التغطية، التركيبة النباتية والكثافة) والنوعية (مؤشرات التنوع البيولوجي والقيمة الرعوية) للغطاء النباتي الطبيعي من ملاحظة تنوعه بمختلف المنظومات بالرغم من الجفاف المسجل طيلة فترة إنجاز هذا العمل (2012-2013).

كلمات مفاتيح: كساء نباتي، مؤشرات بيئية، مراعي، الإبل، الجنوب التونسي.

RÉSUMÉ

Les parcours occupent environ le quart de la superficie totale de la Tunisie. Cette importance spatiale revêt un intérêt capital sur les plans socio-économique et environnemental. Ils contribuent largement au maintien de l'activité d'élevage dans le Sud tunisien. Cette étude vise à évaluer l'état des formations végétales qui existent au niveau du parcours camelin d'El Bhaier. Une caractérisation écologique de ces formations a été faite moyennant la méthode des points quadrats. La comparaison des paramètres quantitatifs (recouvrement, composition floristique, densité) et qualitatifs (coefficient de communauté de Jaccard, indices de diversité spécifique, valeur pastorale) du couvert végétal dans les 5 groupements a permis de remarquer que la végétation naturelle de parcours El Bhaier est caractérisée par une nette hétérogénéité floristique malgré la sécheresse qu'a connue la région au cours de l'année du suivi (2012-2013).

Mots clés : végétation, indicateurs écologiques, parcours, camélins, Sud Tunisien.

SUMMARY

Rangelands cover about the quarter of the total area of Tunisia. Their spatial importance certifies the great socio-economic and environmental roles they play. They contribute significantly to the maintenance of the livestock activity in Southern Tunisia. This study aims to assess the status of the vegetation units of El Bhaier

camel rangelands. The assessment was carried out using the quadrat point sampling method by which several quantitative (plant cover, flora composition, density) and qualitative ecological indicators (Jaccard's index, diversity indices, grazing value) were determined within the five vegetation units characterizing the study area. Main results show a notable flora heterogeneity despite the climatic drought occurrence during the experimental period (2012-2013).

Keywords: vegetation, ecological indicator, rangeland, camel, southern Tunisia.

1-INTRODUCTION

Les terres à pâturage couvrent 5,5 millions d'hectares en Tunisie dont 80 % se trouvent en milieu aride. Ces espaces pastoraux sont soumis à des conditions climatiques précaires et à des forces dégradantes conduisant à la chute de leur productivité et à une perte de la biodiversité (Ben Rhouma & Souissi, 2004). La dégradation du couvert végétal en Tunisie méridionale est un phénomène qui a pris de l'ampleur depuis longtemps (Le Houérou, 1969). La rupture des équilibres écologiques entraîne souvent une régression importante de la productivité des écosystèmes (Floret & Pontanier, 1982). Par ailleurs, et en raison de la faible dynamique de la végétation, ces systèmes écologiques ont perdu la quasi-totalité de leurs meilleures espèces pastorales. L'activité humaine, la pression de pâturage et la sécheresse constituent les principaux facteurs d'appauvrissement de la diversité floristique (Mahamane & Mahamane, 2005). La hauteur annuelle moyenne des pluies en Tunisie présaharienne est comprise entre 100 et 200 mm. Ces pluies, très irrégulières, tombent surtout durant la période froide (Floret et al., 1989). Egalement, le régime thermique est très contrasté. La moyenne des

températures minimales du mois le plus froid (janvier) va de 4 à 7°C, celle des températures maximales du mois le plus chaud (juillet) de 32 à 36°C (Floret et al., 1989). Dans cette zone, la végétation naturelle, constituée essentiellement de formations steppiques très clairsemées, est plus ou moins fortement marquée par l'emprise d'activités humaines diverses (Floret et al., 1983). En effet, dans une formation steppique naturelle, le pâturage excessif provoque des bouleversements, d'autant plus profonds que les animaux font des choix de consommation qui, à terme, favorisent les espèces (herbacées ou ligneuses) non consommées, au détriment des espèces les plus appréciées (Boudet, 1984). De ce fait tout surpâturage entraîne des modifications profondes de la composition floristique et ce par la disparition des bonnes espèces pastorales et la prolifération des taxons liés à la dégradation (Waechter, 1982). En plus, l'homme est accusé par la perturbation de l'équilibre écologique dans diverses régions du monde (Floret & Pontanier, 1982). Le sud tunisien, à l'instar de tout le reste du pays, a connu une mutation socio-économique très profonde se traduisant par la sédentarisation, de plus en plus croissante, des populations

ex-nomades et transhumantes. Ces changements ont bouleversé le système d'usage des ressources pastorales d'un système typiquement pastoral à celui agropastoral. La pression humaine résultante sur les ressources naturelles se manifeste de différentes manières telles que le labour (provoque la destruction des espèces pérennes, brise la pellicule de battance et favorise la germination des annuelles) et le déboisement. Dans ce contexte s'intègre cette étude qui vise évaluer l'état des formations végétales qui existent au niveau du parcours camelin d'El Bhaier sous l'effet du pâturage moyennant certains paramètres écologiques.

2-MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1-Zone d'étude

Géographiquement, le parcours d'El Bhaier se situe en Tunisie présaharienne et fait partie du gouvernorat de Gabès. Il couvre une superficie de 17247 ha. Il est principalement utilisé comme pâturage des camélidés et parfois des petits ruminants (Gasmi et al., 2014).

2.2-Etude floristique

Une caractérisation écologique des différentes formations végétales a été faite moyennant la méthode des points quadrats. Cette méthode, mise au point par Daget & Poissonet (1971), est utilisée pour mesurer les descripteurs relatifs au couvert végétal au niveau de chaque groupement identifié sur la carte phytocéologique du parcours El Bhaier (figure 1). Il s'agit de l'association à *Traganum nudatum*, *Retama raetam* et *Suaeda mollis* (G1); Facies à *Suaeda mollis* (G2); groupement à *Halocnemum strobilaceum* et

Zygophyllum album (G3); groupement à *Gymnocarpus decander* et *Helianthemum kahiricum* (G4) et association à *Traganum nudatum* et *Anabasis articulata* (G5). Cette méthode permet de mesurer l'interception des couronnes en notant les espèces touchées par une aiguille tous les 20 cm le long d'une ligne graduée de 20 m de longueur. Pour la même espèce présente au niveau d'un même point de lecture on s'est limité à un seul contact. Les contacts de la pointe de l'aiguille avec les autres obstacles (litière, cailloux, pellicule de battance, voile éolien) ont été également notés. Les différents relevés ont été réalisés au cours du printemps 2013. Les paramètres étudiés sont :

- Recouvrement de la végétation (Rv) : Il est proportionnel à la surface du sol couverte par la projection verticale des organes aériens des espèces végétales (Floret, 1988 ; Daget & Godron, 1995).
 $Rv = (b/a) \times 100$

- Richesse spécifique (RS) : Il s'agit du nombre total des espèces rencontrées. Le recensement de la présence ou de l'absence des espèces au niveau du quadrat est complété par les mesures de la densité.

- Densité de la végétation : Elle consiste à compter le nombre des pérennes dans un rectangle de 20 m² et les annuelles présentes dans 2 m² et ce pour chaque ligne de mesure.

- Fréquence spécifique de présence (FSP) : Elle traduit la contribution de l'espèce au recouvrement de l'espace (Floret, 1988). $FSP = (c/a) \times 100$

- Contribution spécifique de présence (CSP) : Elle traduit la participation de

l'espèce dans le couvert végétal. $CSP = (FSP / \sum FSP) \times 100$

- Valeur pastorale (VP) : La notion de la valeur pastorale, traduisant la qualité des pâturages, a été développée par Daget & Poissonet (1971). Elle repose sur le fait qu'il est possible d'exprimer la qualité d'une formation végétale pastorale en multipliant, pour chaque espèce pérenne ou annuelle présente, la valeur de son couvert avec son indice de qualité (IS). $Vp = 0,2 \times \sum (CSPi \times Isi) \times (Rv / 100)$

- Diversité alpha : d'après Jauffret (2001), la diversité alpha représente la diversité des espèces dans une communauté ou un habitat. Elle peut être évaluée par les indices suivants : L'indice de diversité de Shannon & Weaver (H') : $H' = - \sum fi$

$\log_2 fi$ et l'équitabilité (E) : $E = H' / H_{max}$

- Diversité bêta : Whittaker (1972) a défini la diversité bêta comme étant « l'étendu du remplacement des espèces ou des changements biotiques le long des gradients environnementaux ». Ce paramètre peut ainsi traduire la diversité entre les différents groupements végétaux. Sa détermination est faite par l'indice de similitude de Jaccard : $Ij = c / (a + b - c)$.

Moyennant le programme SPSS 13 (SPSS Inc, 2004) nous avons utilisé des analyses de la variance (ANOVA) pour tester si les moyennes des paramètres étudiés varient significativement ou non entre les différentes formations végétales du parcours El Bhaier.

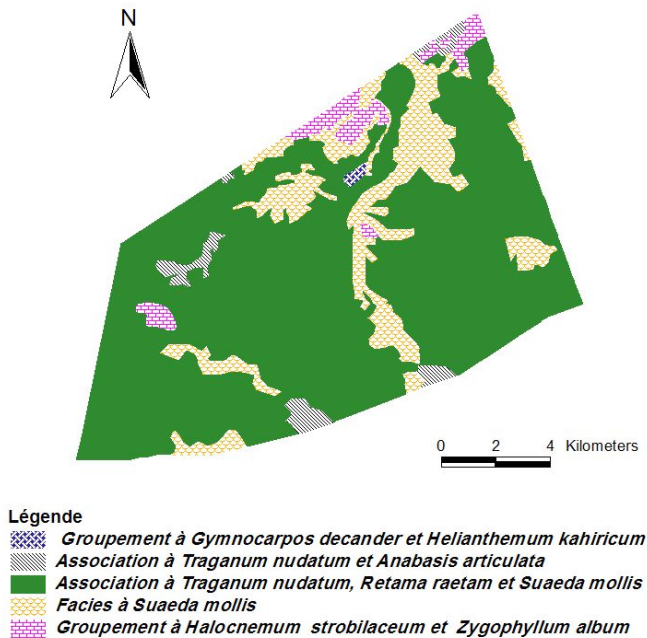


Figure 1. Carte phytocéologique du parcours El Bhaier (2013).

3-RÉSULTATS

3.1-Recouvrement de la végétation

Nous avons procédé par la mesure du taux de recouvrement de la végétation au sein de différents groupements rencontrés dans la zone d'étude (figure 2A). Le groupement à *Halocnemum strobilaceum* et *Zygophyllum album* (G3), présente le taux de recouvrement le plus important (Rv= 49% ±4,72). Il est dominé par des espèces pastorales marquées par leurs aptitudes à coloniser les sols salés comme *Halocnemum strobilaceum*, *Zygophyllum album* et *Suaeda mollis*. Par contre, le taux de recouvrement le plus faible (Rv= 18,33% ± 0,33) a été observé au niveau du groupement à *Gymnocarpos*

decander et *Helianthemum kahiricum* (G4). Cette unité s'étend sur une petite surface et se caractérise par la dominance de *Gymnocarpos decander* (Is = 5). Le recouvrement de la végétation des autres groupements est de 22,33% ± 6,93 (G1), 31% ± 4 (G2) et 23,33% ± 5,48 (G5). Les résultats de l'ANOVA montrent que la variation de recouvrement de la végétation entre les divers groupements est très significative ($p= 0,008 < 0,01$). Cette variation peut être expliquée soit par la durée d'exploitation qui diffère d'un groupement à l'autre (en raison de la facilité/difficulté d'accès) soit par la nature du substrat édaphique qui affecte la croissance des végétaux (Le Houérou, 1995).

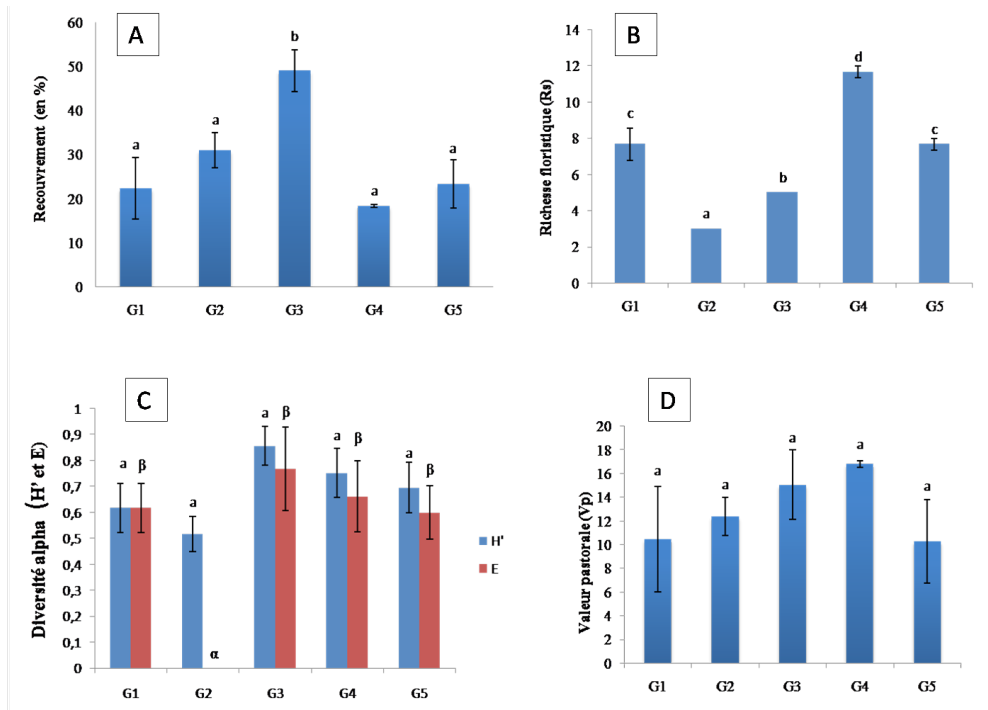


Figure 2. Variation des paramètres écologiques (A : recouvrement de la végétation, B : richesse floristique, C : diversité alpha et D : valeur pastorale) entre les différents

groupements végétaux (G1-G5) rencontrés au niveau du parcours El Bhaier au cours du printemps 2013. G1 : Association à *Traganum nudatum*, *Retama raetam* et *Suaeda mollis* ; G2 : Facies à *Suaeda mollis* ; G3 : Groupement à *Halocnemum strobilaceum* et *Zygophyllum album* ; G4 : Groupement à *Gymnocarpos decander* et *Helianthemum kahiricum* et G5 : Association à *Traganum nudatum* et *Anabasis articulata*. a/b/c/d/α/β : classification selon le test de Duncan.

3.2-Richesse floristique

Le nombre d'espèces est la mesure de la diversité d'une communauté la plus couramment utilisée. L'évolution de ce paramètre, en particulier celui des pérennes, permet de juger de la perte ou du gain de la richesse spécifique des sites d'étude et traduit partiellement l'état de santé des écosystèmes (Tarhouni, 2008). Nous avons procédé par la détermination du nombre d'espèces à partir des listes floristiques établies au niveau des différents groupements du parcours El Bhaier (figure 2B). Le nombre d'espèces pérennes varie en fonction des groupements et passe de 3 (G2) à 11,67 espèces (G4). L'analyse de

la variance montre que cette variation est hautement significative ($p = 0,000 < 0,001$). Les groupements G1 et G5 montrent les mêmes nombres d'espèces (7,67).

3.3-Densité des espèces végétales

L'évolution de la densité des espèces végétales donne une idée sur les tendances à l'installation ou à la disparition des individus. Ce paramètre est très important pour juger de la capacité de l'écosystème à se régénérer (Tarhouni, 2008). Les résultats de mesure de la densité des espèces pérennes dans les divers groupements végétaux du parcours sont donnés au tableau 1.

Tableau 1. Densité (pieds/m²) des espèces pérennes rencontrées dans les différents groupements végétaux (G1-G5) du parcours El Bhaier au cours du printemps 2013. G1 : Association à *Traganum nudatum*, *Retama raetam* et *Suaeda mollis* ; G2 : Facies à *Suaeda mollis* ; G3 : Groupement à *Halocnemum strobilaceum* et *Zygophyllum album* ; G4 : Groupement à *Gymnocarpos decander* et *Helianthemum kahiricum* et G5 : Association à *Traganum nudatum* et *Anabasis articulata*. a/b : classification selon le test de Duncan.

	G1	G2	G3	G4	G5
<i>Anabasis articulata</i>	0	0	0	0	0,48
<i>Argyrolobium uniflorum</i>	0,06	0	0	0	0
<i>Atractylis serratuloides</i>	0	0	0	0,23	0
<i>Deverra tortuosa</i>	0	0	0	0,03	0
<i>Frankenia thymifolia</i>	0	0	0,23	0	0,15
<i>Gymnocarpos decander</i>	0	0	0	0,66	0
<i>Halocnemum strobilaceum</i>	0	0	0,85	0	0,03

<i>Haloxylon schmittianum</i>	0,18	0	0	0,18	0
<i>Helianthemum kahiricum</i>	0	0	0	0,7	0
<i>Helianthemum sessiliflorum</i>	0,11	0	0	0	0
<i>Herniaria fontanesii</i>	0	0	0	0,21	0
<i>Stipagrostis ciliata</i>	0,05	0	0	0	0
<i>Suaeda mollis</i>	0,18	1,36	0	0,13	0,25
<i>Traganum nudatum</i>	0,23	0	0	0,03	0,46
<i>Zygophyllum album</i>	0	0	0,4	0,18	0,1
Densité moyenne	0,833b (±0,19)	1,367b (±0,229)	1,483b (±0,22)	2,383a (±0,31)	1,483b (±0,14)

Les données de ce tableau montrent que la densité des espèces végétales varie d'un groupement à un autre. L'analyse de la variance donne des résultats hautement significatifs ($p = 0,008$). Le groupement G4 possède la densité la plus élevée avec une dominance de *Suaeda mollis* (1,36 pieds/m²) par comparaison aux autres espèces. Cette halophyte est préférée par le dromadaire en Afrique de Nord (Wilson, 1984) et elle est peu palatable pour les autres animaux ($I_s=2$).

3.4-Diversité floristique

3.4.1-Diversité alpha

La diversité alpha est déterminée par les indices de diversité biologique (H') et d'Équitabilité (E) de Shannon & Weaver (1949). Les résultats obtenus lors de la mesure H' et E sont représentés dans la figure 2C. Les résultats de l'analyse de la variance montrent que H' ne varie pas significativement ($p = 0,105$) par contre la variation de E est très significative entre les divers groupements ($p < 0,005$). On remarque que l'indice H' reste toujours faible et ne dépasse pas 1 et que l'indice de l'équitabilité varie d'un groupement à un autre et atteint son

minimum au niveau de G2.

3.4.2-Diversité bêta

La diversité bêta se traduit par le coefficient de communauté de Jaccard qui permet d'identifier les ressemblances floristiques entre les différents groupements végétaux. La similarité floristique entre les groupements végétaux (G1-G5) rencontrés au niveau du parcours El Bhaier est donnée au tableau 2.

Tableau 2. Similarité floristique entre les groupements végétaux (G1-G5) rencontrés au niveau du parcours El Bhaier au cours du printemps 2013. G1 : Association à *Traganum nudatum*, *Retama raetam* et *Suaeda mollis* ; G2 : Facies à *Suaeda mollis* ; G3 : Groupement à *Halocnemum strobilaceum* et *Zygophyllum album* ; G4 : Groupement à *Gymnocarpus decander* et *Helianthemum kahiricum* et G5 : Association à *Traganum nudatum* et *Anabasis articulata*.

	G1	G2	G3	G4	G5
G1	1				
G2	0,09	1			
G3	0,08	0,14	1		
G4	0,16	0,14	0,2	1	
G5	0,2	0,2	0,57	0,29	1

La comparaison des coefficients de Jaccard entre les différents groupements montre que la majorité des indices sont faibles. Ceci traduit une bonne diversité floristique entre les groupements étudiés. L'indice le plus élevé est trouvé entre G3 et G5 (0,57). Ce résultat signifie que la moitié du cortège floristique est commune entre les deux groupements. Par contre, le plus faible indice est enregistré entre G3 et G1 (0,08). Ceci montre qu'il y a peu d'espèces communes entre ces groupements (8% seulement).

3.5-Valeur pastorale

Le pastoraliste s'intéresse à la phytomasse aérienne consommable ou à la quantité d'énergie et d'éléments nutritifs que l'animal est susceptible de prélever à partir de la végétation. La phytomasse aérienne est fonction de la productivité des parcours et de l'aptitude des espèces à résister au pâturage (Waechter, 1982). Nous avons calculé la valeur pastorale à l'aide du recouvrement total et la contribution spécifique des espèces végétales (figure

2D).

La valeur pastorale enregistrée est de $10,46 \pm 4,44$ (G1), $12,4 \pm 1,6$ (G2), $15,06 \pm 2,92$ (G3), $16,8 \pm 0,3$ (G4) et $10,26 \pm 3,52$ (G5). L'ANOVA montre que la valeur pastorale ne varie pas significativement entre les cinq groupements. Le G4 présente la valeur pastorale la plus importante puisqu'il est riche en espèces de bonne valeur pastorale telles que *Gymnocarpus decander*, *Helianthemum kahiricum* et *Anarrhinum brevifolium*. La faible variation de la valeur pastorale peut être expliquée par la présence des espèces qui possèdent un faible indice d'appétabilité et des espèces qui sont palatables ou hautement palatables dans un même groupement.

4-DISCUSSION

Les principaux résultats obtenus indiquent que les divers paramètres suivis sont fortement touchés par l'activité humaine et par la pression des animaux. En effet, durant les années sèches le couvert végétal est exclusivement composé d'espèces pérennes à moindre

taux de recouvrement. L'absence des annuelles peut également jouer un rôle dans la baisse du recouvrement. La variation de la précipitation représente un facteur déterminant de l'activité photosynthétique et en conséquence de la production primaire, ainsi que des changements de la composition floristique (Hostert et al., 2003). En plus, l'activité animale peut être à l'origine d'une chute de recouvrement puisque les zones caractérisées par une densité élevée des animaux montrent un faible recouvrement (Tarhouni et al., 2006). La surcharge animale provoque aussi une diminution des espèces palatables qui peuvent disparaître complètement en cédant leur place aux espèces les moins appréciées et aux annuelles (Tarhouni et al., 2007, 2010). Donc le changement de dominance entre espèces palatables et espèces non palatables dans les écosystèmes arides pourrait avoir des implications importantes sur le taux de recouvrement de la végétation. S'agissant d'un parcours principalement à base d'halophytes, il ne faut pas s'attendre à trouver des espèces très appréciées même en absence de surpâturage. Les annuelles sont également peu rencontrées dans ces sites salés par comparaison aux milieux sableux.

La richesse floristique ne varie pas toujours lors d'une diminution du taux de recouvrement des pérennes. La pression de pâturage au cours d'une année sèche peut diminuer la richesse floristique. Cette pression est responsable du changement de la structure et de la composition de la végétation. A long terme, elle peut causer une réduction de la vitesse de la re-végétalisation

après les premières pluies qui suivent une sécheresse (Metzger et al., 2005). Dans un parcours, les différences au niveau du cortège floristique sont particulièrement remarquables durant la saison sèche ou défavorable. L'activité animale génère un bouleversement de l'équilibre écologique en favorisant le développement d'espèces végétales peu ou pas appréciées par les animaux et une régression du couvert végétal de parcours vers une végétation sub-mono-spécifique (Waechter, 1982). D'après Aronson et al. (1993b) la richesse floristique constitue un indicateur qui renseigne sur les processus d'auto-régénération des écosystèmes. Par contre Tarhouni (2008) a montré que la richesse floristique ne peut pas, à elle seule, expliquer la perte de la résilience des systèmes écologiques en zone aride.

La variation de la densité des espèces végétales d'un groupement à un autre peut être expliquée soit par la différence des caractéristiques édaphiques soit par la durée d'exploitation (accessibilité) de diverses formations végétales. Floret & Pontanier (1982) ont conclu que le surpâturage réduit le couvert végétal et la biomasse des plantes pérennes. De son côté, Floret (1988) a souligné que le suivi de l'évolution de la densité de la végétation pérenne donne une idée assez fiable des tendances à l'installation ou à la disparition des individus et permet d'évaluer l'aptitude de l'écosystème à s'auto-régénérer. En effet plus la densité des espèces pérennes est forte, plus la capacité du milieu à se régénérer est grande. La forte densité de *Suaeda mollis* par rapport aux autres espèces pérennes rencontrées dans les différents

groupements végétaux, peut être expliquée par la résistance de cette espèce aux pressions animales. Elle est préférée par le dromadaire en Afrique de Nord (Wilson, 1984) et elle est peu palatable pour les petits ruminants. Elle garde sa succulence grâce à la fermeture diurne des stomates et ce pour minimiser la perte d'eau par transpiration (Poljakoff-Mayber, 1975). Le mécanisme le plus commun aux halophytes pour assurer leurs besoins en eau est l'ajustement osmotique en augmentant leur pression osmotique par rapport à celle du sol à travers l'absorption des sels et leur transport vers les feuilles (Zhu, 2001). La succulence (richesse en eau) de *Suaeda mollis* peut être considérée comme un mécanisme compensatoire pour réguler la concentration interne en sel par dilution (Brady, 2002). Sa richesse en éléments minéraux (Na^+ et Cl^-), surtout au niveau des feuilles basales, suggère que cette plante possède une compartimentation à l'échelle de la plante entière et ce par l'exclusion des ions toxiques des feuilles jeunes et leur séquestration dans les feuilles âgées, constituant alors des organes sacrifiés (Khelil *et al.*, 2007).

Sous l'effet de la sécheresse le couvert végétal est constitué exclusivement des espèces pérennes, raison pour laquelle l'indice H' reste toujours faible et ne dépasse pas 1. Sa valeur maximale, qui dépend du nombre d'espèces présentes, ne reflète pas réellement l'état de la diversité puisque deux peuplements de structures différentes peuvent avoir la même diversité (Jauffret, 2001). Tandis que l'indice de l'équitabilité E tend vers zéro (0) lorsque la majorité des effectifs

est concentrée sur une espèce et tend vers un (1) lorsque toutes les espèces ont la même fréquence (Daget, 1976 ; Magurran, 1988 ; Barbault, 1995 (*In* Jauffret, 2001)). Ceci peut être expliqué par la forte exploitation qui engendre une homogénéisation du couvert végétal du G2. Tarhouni (2008) a signalé que le pâturage prolongé est à l'origine des variations significatives des indices de diversité ; inversement une exploitation de courte durée ne semble pas affecter profondément la physionomie des steppes arides tunisiennes. L'analyse de diversité beta montre que la majorité des indices sont faibles. Ceci traduit une bonne diversité floristique entre les groupements étudiés. Ces résultats indiquent que notre zone d'étude est caractérisée par une hétérogénéité floristique.

La faible variation de la valeur pastorale peut être expliquée par la présence des espèces qui possèdent un faible indice d'appétabilité et des espèces qui sont palatables ou hautement palatables dans un même groupement. Le pâturage contrôlé permet aux animaux de profiter de la disponibilité des espèces végétales palatables et augmente, par conséquent, la production nette de l'écosystème (Ouled Belgacem, 1992). Le dromadaire s'adapte mieux que n'importe quel autre animal d'élevage aux conditions désertiques. Il présente des caractéristiques anatomiques et digestives particulières qui lui permettent de conserver son énergie et d'exploiter au mieux les superficies pastorales des régions arides. Il est bien connu que le dromadaire est un animal non dégradant qui pâture de manière à préserver son

milieu. Il a été également mentionné que la disparition de cet animal a engendré l'envahissement des parcours par les espèces épineuses à l'instar d'*Astragalus armatus*. Le dromadaire tire une portion importante de son alimentation à partir d'une végétation souvent rejetée par les autres ruminants (espèces halophiles et/ou épineuses) ou non accessible (Ben Arfa et al., 2004). Le dromadaire passe de 6 à 12 h de pâturage par jour (Ben Arfa, 2000). La quantité d'aliments ingérée varie de 5 à 7 kg de MS/j (Hammadi, 1996). Cette quantité dépend de l'environnement, de la présence et de la vigueur des espèces végétales et de la saison. Sur un parcours dominé par les halophytes et pendant deux périodes différentes. Khorchani (1995) rapporte que le dromadaire peut ingérer une quantité moyenne de matière sèche égale à 5,88 kg de MS/j tandis que Hammadi (1996) enregistre une ingestion moyenne de 7,3 kg de MS/j.

5-CONCLUSION

Cette étude est effectuée au niveau du parcours El Bhaier (Gouvernorat de Gabès). Elle vise la caractérisation phytocéologique de différents groupements végétaux. Tout au long de ces groupements, nous avons procédé au relevé, par la méthode des points quadrats, de certains paramètres écologiques. Les principaux résultats obtenus montrent que :

-La variation du taux de recouvrement entre les différents groupements est due principalement au degré d'exploitation qui diffère d'une zone à l'autre ;

-s'agissant des groupements végétaux des milieux gypso-salés à faible dyna-

mique, la densité des espèces est relativement faible. Elle varie d'un groupement à l'autre en fonction de l'intensité du surpâturage ;

-l'indice de diversité (H') n'a pas permis de mettre en évidence des variations significatives entre les différentes formations végétales, l'équitabilité (E) a donné plus de précision sur l'état de ces écosystèmes ;

-l'analyse de la diversité bêta permet de conclure que les groupements identifiés se caractérisent par une nette hétérogénéité floristique ;

-la valeur pastorale ne varie pas significativement entre les divers groupements.

Le pâturage continu induit une diminution considérable du couvert végétal ce qui aboutit, sous l'effet combiné des contraintes climatiques et anthropiques, peu à peu à la désertification. Pour faire face à ce fléau, une stratégie de gestion participative des parcours collectifs d'El Bhaier devient une nécessité. Ceci exige l'implication de tous les acteurs à savoir les structures de développement, la recherche et surtout les éleveurs utilisateurs de ces parcours à travers leurs représentants (création d'un groupement de développement agricole, GDA).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aronson J., Floret C., Le Floc'h E., Ovalle C. & Pontanier R. (1993) : Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. II. Case studies in southern Tunisia. Central Chile and northern Cameroon. *Rest. Ecology*, 1 (3) : 168-187.
- Barbault R., (1995) : *Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité*. 2ème tirage, Masson, 273 p.
- Ben Arfa A. (2000) : *Evolution de la composition chimique de la végétation d'un parcours sale dans le sud tunisien et estimation de son ingestion et sa digestion par le dromadaire (Camelus dromedarius)*. Mémoire de fin d'étude, 83p.
- Ben Arfa A., Abdouli H., Chammem M., Cheniti T.L., El Hatmi H., El Jeni H., Hammadi M. & Khorchani T. (2004) : Digestibilité et ingestion de la végétation d'un parcours d'halophytes par le dromadaire dans le Sud tunisien. *CIHEAM. Options Méditerranéennes*, 301-305 p.
- Ben Rhouma H. & Souissi M. (2004) : Les parcours du Sud tunisien : possibilités et limites de leur développement. *CIHEAM-IAMZ*, 185-189p.
- Boudet G. (1984) : Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. 4^{ème} édition révisée. Institut d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, 237p.
- Brady N. C. (2002) : *The Nature and Properties of Soils*. New Jersey. USA. Prentice Hall.
- Daget P. & Poissonet J. (1971) : Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application. *Annales d'Agronomie*, 22 : 5-41 p.
- Daget P. (1976) : *Modèles mathématiques en écologie*. Masson. Paris, 170 p.
- Daget P. & Godron M., (1995) : *Pastoralisme : Troupeaux, espèces et sociétés*. Hatieraupelf. UREF, 508 p.
- Despois J. (1955) : *La Tunisie Orientale - Sahel et Basse Steppe*. PUF. Paris, 554p.
- Floret C. (1988) : *Méthode de mesures de la végétation pastorale. Pastoralisme et développement*. Rabat. Montpellier, 95p+annexes.
- Floret C., Le Floc'h E. & Pontanier R. (1983) : Phytomasse et production végétale en Tunisie présaharienne. *Acta Oecologia Plant.* 4 (18), n°2 : 133-152.
- Floret C. & Pontanier R. (1982) : *L'aridité en Tunisie présaharienne : climat, sol, végétation et aménagement*. Travaux et document de l'ORSTOM n°150. Paris, 544 p.
- Floret C., Khattali H., Le Floc'h E. & Pontanier R. (1989) : *Le risque de la désertification en Tunisie présaharienne. Sa limitation par l'aménagement*

agropastorale. *Le risque en agriculture*, 291-307 p.

-Gasmi A., Ben Salem F. & Tarhouni M. (2014) : Cartographie et identification de différentes formations végétales du parcours El Bhaier, Gabes-Tunisie. *Revue des Régions Arides* n° 34 (2) : 87- 101.

-Hammadi M. (1996) : *Effet d'une supplémentation par un aliment concentré sur les performances de production et de reproduction chez la chamelle (Camelus dromedarius) élevée sur parcours du sud-tunisien*. Cycle de spécialisation INAT, 96 p.

-Le Houérou H. N. (1969) : La végétation de la Tunisie steppique (avec référence au Maroc, à L'Algérie et à la Libye). *Annales de L'INRAT* (Tunisie), Vol. 42., 617 p.

-Le Houérou H. N. (1995) : Considération biogéographiques sur les steppes arides du Nord de l'Afrique. *Sécheresse* n°2, Vol 6: 167-81 p.

-Hostert P., Röder A. & Hill J. (2003) : Coupling spectral unmixing and trend analysis for monitoring of long-term vegetation dynamics in Mediterranean rangelands. *Remote Sensing of Environment*, 87 : 183-197.

-Jauffret S. (2001) : *Validation et comparaison de divers indicateurs des changements à long terme dans les écosystèmes méditerranéens arides. Application au suivi de la désertification dans le sud tunisien*. Thèse doct. De l'Université de droit. D'économie et de sciences d'Aix Marseille, 364 p.

Khelil A., Menu T. & Ricard B. (2007) : Adaptive response to salt involving carbohydrate metabolism in leaves of salt-sensitive tomato cultivar. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45: 551-559.

-Khorchani T. (1995) : *Ingestion sur parcours et pouvoir tampon dans le rumen de dromadaire (camelus dromedarius)*. Thèse de doc. Université de Gent Belgique, 190 p.

-Mahamane L. & Mahamane S. (2005) : Biodiversity of ligneous species in semi-arid to arid zones of southwestern Niger according to anthropogenic and natural factors. *Agriculture. Ecosystems and Environment*, 105: 267-271.

-Magurran A. E. (1988) : Ecological diversity and its measurements. Croom Helm, London, 179 p.

-Metzger K. L., Coughenour M. B., Reich R. M. & Boone R. B. (2005) : Effects of seasonal grazing on plant species diversity and vegetation structure in a semi-arid ecosystem. *Journal of Arid Environments*, 61: 147-160.

-Ouled Belgacem A. (1992) : *Grazing practices and their impact on rangeland vegetation of western Crete*. Master Degree of Science. MAI Chania/Grèce, 101 p.

-Shannon C. E. & Weaver W. (1949) : The mathematical theory of communication. Urbana, Chicago Ill. Univ. Illinois Press, 125 p.

- Poljakoff-Mayber A. (1975) : Morphological and anatomical changes in plants as a response to salinity stress. In *plant in Saline Environment*. Ed. Poljakoff-Mayber.A. &Gale.J. Spring-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 97-117.
- SPSS Inc. (2004) : Systat Version 13. SPSS Inc. Chicago. IL.
- Tarhouni M. (2008) : *Indicateurs de biodiversité et dynamique du couvert végétal naturel en zone aride tunisienne sous différentes contraintes et perturbations : cas des parcours collectifs d'El-Ouara*. Thèse de doc. FST, 164 p + annexes.
- Tarhouni M., Ouled Belgacem A., Neffati M. & Henchi B. (2006) : Validation de quelques attributs structuraux de l'écosystème sous l'effet de la sécheresse saisonnière et la pression animale autour de points d'eau en zone aride tunisienne. *Belgian Journal of Botany*, 139 (2): 188-202.
- Tarhouni M., Ouled Belgacem A., Neffati M. & Henchi B. (2007) : Qualification of rangeland degradation using plant life history strategies around watering points in southern Tunisia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10 (8): 1229-1235.
- Tarhouni M., Ben Salem F., Ouled Belgacem A. & Neffati M. (2010) : Acceptability of plant species along grazing gradients around watering points in Tunisian arid zone. *Flora*, 205 : 454-461.
- Waechter P. (1982) : *Etude des relations entre les animaux domestiques et la végétation dans les steppes du Sud de la Tunisie. Implications pastorales*. Thèse Doc. Ing. Univ. Sci. & Techn. Languedoc. Montpellier, 293 p.
- Whittaker R. H., (1972) : Evolution and measurements of species diversity. *Taxon*, 21: 213-251.
- Wilson R. T., (1984) : The camel. Longman group limited Longman House. burtMill. Halow, Essex, U, K, 223 p
- Zhu J. K. (2001) : Plant salt tolerance. *Plant sciences*, University of Arizona. 66-71.

Evaluation des paramètres d'infiltration en irrigation à la raie sur trois types de sol

SLATNI A.^{1*}, YACOUBI S.¹, ZAYANI Kh.² et PLAYAN E.³

Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts - Tunis, Tunisie.

² High Institute of Environmental Sciences and Technology, Tunisie.

³ Dept. Soil and Water, Estación Experimental de Aula Dei, CSIC. P. O. Box 13034, 50080 Zaragoza, Spain.

*slatni.adel@gmail.com,

ملخص

يهدف هذا العمل إلى تحليل ثلاثة طرق لتحديد ترشيح الماء لثلاثة أنواع من التربة بشمال وبوسط البلاد التونسية. تعتمد هذه الطرق المستعملة على علاقات تجريبية وهي: طريقة النقطتين (Elliot et Walker, 1982)، طريقة النقطة الواحدة (Shepard, 1993) وطريقة فليب و فرار (Philip et Farrell, 1964). من أجل هذا قمنا بمتابعة سيلان الماء في خطوط الري على ثلاثة أنواع من التربة التي تحتوي على مخزون مائي يساوي 100 بالنسبة للأول و120 للثاني والثالثة 145 م/م. كما وقع قياس منسوب الماء في خطوط الري وكمية الماء في التربة قبل وبعد الري. هذه القياسات وقع استغلالها لتحديد معادلة ترشيح الماء بالنسبة للمقاربات المستعملة في هذه الدراسة. بالنسبة لمجموع أنواع التربة، بينت نتائج الدراسة أن طريقة النقطتين (Elliot et Walker, 1982) هي الطريقة المثلى للحصول على أحسن مقارنة لتحديد ترشيح الماء في التربة وذلك باستعمال معادلة (Kostiakov, 1932). في المقابل أظهرت النتائج أن طريقة فليب و فرار (Philip et Farrell, 1964) التي تعتمد على معادلة (Philip, 1957) هي الأسوء من حيث مقارنة تحديد ترشيح الماء.

RÉSUMÉ

L'objectif de la présente étude est l'analyse de trois méthodes de détermination de la loi d'infiltration de l'eau dans le sol pour trois types de sol des régions du Nord et du Centre de la Tunisie. Les trois méthodes utilisées sont basées sur des équations empiriques à savoir: méthode de deux points (Elliot et Walker, 1982), méthode d'un point (Shepard, 1993) et la méthode de Philip et Farrell (1964). Pour ce faire, le suivi de l'avancement de l'eau a été réalisé sur trois types de sol dont la réserve utile est de 100, 120 et 145 mm/m. Ces mesures ont été utilisées afin de prédire les constantes de l'équation d'infiltration par les trois méthodes étudiées. Pour les trois sites d'étude, les résultats de simulation et l'analyse statistique ont montré que la méthode de deux points permet d'obtenir le meilleur ajustement des courbes d'infiltration et ce en utilisant les constantes de Kostiakov (1932) alors que les résultats exhibant les plus faibles niveaux d'ajustement sont obtenus en utilisant les constantes de l'équation de Philip (1957) déterminées par la méthode de Philip et Farrell (1964).

SUMMARY

The objective of this study is to analyze three methods of determining the infiltration rate for three types of soils located in the North and Center of Tunisia. For this purpose, three empirical infiltration method were used: the one –point method (Shepard, 1993), two-point method (Elliot et Walker, 1982) and Philip and Farrell

method (1964). Measurements of the advance of water were performed in the three soils with holding capacity of 100, 120 and 145 mm/m in order to predict the infiltration constants. Results of the advance of the water front and statistical analysis indicates that using the constants of Kostiakov (1932), the two-point method shows the best fit of the cumulative infiltration curves. Likewise, results exhibiting the lowest fitting levels are obtained using Philip equation (1957) constants determined by Farrell and Philip method.

1. INTRODUCTION

L'infiltration est un paramètre clé dans la modélisation de l'irrigation de surface (Karmeli et al., 1978; Elliot and Walker, 1982; Walker and Skogerboe, 1987; Zerihun et al., 1996; Oyonarte et al., 2002). Pour le même type de sol, le flux d'infiltration de l'eau dans le sol varie en fonction de la méthode d'apport d'eau. En irrigation de surface, le processus d'infiltration affecte l'avancement du front d'eau (front d'onde) et la phase de récession après le temps d'arrêt (Holzapfel et al., 1984) alors qu'il affecte essentiellement la pluviométrie d'arrosage en irrigation sous pression (Karmeli et al., 1978). En irrigation à la raie, les scénarii d'amélioration s'adossent entre autres sur la connaissance préalable de la loi d'infiltration. Dans ce cas, l'irrigation des raies génère un écoulement multidimensionnel de l'eau dans le sol. En effet pour établir la loi d'infiltration ponctuelle, on utilise généralement la raie infiltromètre (Nasseri, 2008 et Zhang, 2012). Dans le cas d'un sol hétérogène, la description rigoureuse du phénomène d'infiltration requiert la détermination de la loi d'infiltration en plusieurs points le long de l'unité d'arrosage. La multiplicité des lois d'infiltration est à la fois coûteuse et fastidieuse et ne permet pas de déduire la loi globale eu égard à la méconnaissance de la loi de décompo-

sition qui permet de passer de l'échelle ponctuelle à l'échelle de la parcelle. En plus, la variabilité de l'infiltration est non seulement influencée par les caractéristiques du sol, mais également par la variabilité de l'écoulement de surface (tirant d'eau, débit, surface mouillée, périmètre mouillé, etc.).

L'étude de l'irrigation des raies à l'aide de modèles analytiques et numériques constitue un outil d'aide à la décision qui permet de s'affranchir de la répétition des essais expérimentaux et de proposer des scénarii d'optimisation de la performance des arrosages en vue d'accroître les rendements agronomiques. L'infiltration de l'eau dans le sol dépend des propriétés phénoménologiques du milieu ainsi que des conditions initiales et aux limites. Les équations décrivant le transfert de l'eau dans le sol peuvent être exprimées sous forme de teneur en eau volumique (équation Fokker Planck), de pression effective de l'eau dans le sol (équation de Richards, 1931) ou de potentiel de Kirchhoff (équation de Kirchhoff). Dans la littérature, on rencontre deux familles d'équations d'infiltration: les équations empiriques et les équations à base physique. Selon des études antérieures, les modèles empiriques, tels que les équations de Kostiakov et de Kostiakov-Levis, sont les plus utilisés

pour prédire le flux d'infiltration dans le sol (Sterlkoff, 1985 ; Karmeli et *al.*, 1978 et Fekersillassie et Eisenhauer, 2000). Dans les conditions locales de pratique de l'irrigation à la raie, peu d'informations sont disponibles en matière des méthodes de détermination des paramètres d'infiltration en fonction des caractéristiques du sol et les conditions de l'écoulement de surface. La présente étude s'intéresse à la détermination des paramètres de l'équation d'infiltration pour trois types de sol en se basant sur trois méthodes d'infiltration.

2. CONTEXTE GÉNÉRAL

2.1. Infiltration

2.1.1. Méthode de deux points

L'équation du bilan de volume régit, à tout instant, l'écoulement en irrigation de surface. Elle stipule que le volume d'eau délivré est égal à la somme du volume d'eau stocké à la surface du sol et du volume d'eau infiltré:

$$Q_0 t = \sigma_y A_0 x + \int_0^x I(t_x - t_s) ds \quad (1)$$

où Q_0 est le débit en tête (m^3/min), t la durée d'application de l'eau (min), x la distance parcourue par le front d'onde (m), s une variable muette désignant la distance (m), A_0 la section mouillée en tête de raie (m^2), σ_y un facteur de forme de la ligne d'eau (adimensionnel) et I la lame d'eau infiltrée par mètre

linéaire (m^3/m). Le coefficient σ_y est approximativement égal à 0.77 (Walker et Skogerboe, 1987; Ebrahimian et *al.*, 2010). L'équation (1) peut être utilisée pour déduire les paramètres de la loi d'infiltration à partir de l'avancement du front d'onde.

Elliot et Walker (1982) ont établi la méthode de deux points pour estimer la loi d'infiltration à partir de l'avancement du front d'onde. L'approche est soutenue par les faits suivants:

- l'avancement du front d'onde est une donnée facilement accessible,
- la loi d'infiltration peut être difficile à établir in situ, notamment en cas de variabilité spatiale des caractéristiques phénoménologiques du sol.

Les deux points considérés sont le milieu et l'extrémité aval de l'unité d'arrosage. D'une manière générale, la mise en œuvre de la méthode de deux points est assez facile (Ismail et *al.*, 2005; Upadhyaya et *al.*, 1999; Bautista et *al.*, 2009 et Ebrahimian et *al.*, 2010). Toutefois, la mise en œuvre de la méthode de deux points requiert la connaissance préalable du flux d'infiltration basique f_0 (Upadhyaya, et *al.*, 1999). La méthodologie établie par Elliot et Walker (1982) est fondée sur la loi de Kostiaikov modifiée. Les équations utilisées pour déduire les paramètres de la loi d'infiltration sont les suivantes:

$$Q_0 t = \sigma_y A_0 x + \sigma_z k x^a + \frac{f_0 t x}{1+r} \quad (2)$$

$$a = \frac{\text{Ln}\left(\frac{Q_0 t_1}{x_1} - \sigma_y A_0 - \frac{f_0 t_1}{1+r}\right) - \text{Ln}\left(\frac{Q_0 t_2}{x_2} - \sigma_y A_0 - \frac{f_0 t_2}{1+r}\right)}{\text{Ln}(t_1 / t_2)} \quad (3)$$

$$k = \frac{\frac{Q_0 t_1}{x_1} - \sigma_y A_0 - \frac{f_0 t_1}{1+r}}{\sigma_z t_1^a} \quad (4)$$

où t_1 , t_2 et σ_z désignent respectivement le temps d'avancement du front d'onde (min) jusqu'à l'extrémité aval, à la

moitié de la raie et un facteur de forme exprimé par:

$$\sigma_z = \frac{a+r(1-a)+1}{(1+a)(1+r)} \quad (5)$$

Le paramètre d'ajustement « r » est l'exposant de la loi d'avancement. Il est déduit par régression linéaire, après transformation log-log des données d'avancement, à partir de l'équation suivante:

$$x = p t^r \quad (6)$$

2.1.2- Méthode d'un point

Shepard et *al.*, (1993) ont développé la méthode d'un point pour estimer la loi d'infiltration à partir de l'avancement du front d'onde. Cette méthode suit la même procédure que la méthode de deux points. En effet, pour Shepard et

al., (1993) la valeur de « r », l'exposant de la loi d'avancement (équation 6), est égale à 0.5 et la progression du front d'avancement est limitée à un seul point, l'extrémité aval de l'élément d'arrosage.

2.1.3. Méthode de Philip et Farrell

En considérant la loi d'infiltration de Philip (1957):

$$I = S \sqrt{t} + K_s t \quad (7)$$

Philip et Farrell (1964) ont pu établir l'équation d'avancement suivante à partir de l'équation de convolution de Lewis et Milne (1938):

$$x = \frac{q a}{K_s} \left(1 - \frac{1}{\alpha - \beta} \left[\alpha e^{\beta^2 t} \text{erfc}(\beta \sqrt{t}) - \beta e^{\alpha^2 t} \text{erfc}(\alpha \sqrt{t}) \right] \right) \quad (8)$$

où

$$\begin{cases} \alpha = \frac{K_s}{4 C S} (\sqrt{\pi} + \sqrt{\pi - 16 C a}) \\ \beta = \frac{K_s}{4 C S} (\sqrt{\pi} - \sqrt{\pi - 16 C a}) \end{cases} \quad (9)$$

avec $C = K_s h/S^2$ et a une constante comprise entre 0 et 1 (Philip, 1987). Le développement limité aux temps courts de l'équation (3.7) permet de déduire:

$$x = \frac{q K_s}{S^2 C} t - \frac{2 q K_s^2}{3 S^3 C^2} t^{3/2} + \left(\frac{\pi - 4 a C}{8} \right) \left(\frac{q K_s^3}{S^4 C^3} \right) t^2 \quad (10)$$

L'ajustement des données expérimentales sur l'équation (7) permet de déduire la loi d'infiltration de Philip à deux termes par approximations successives. Les valeurs ainsi prédites de S , K_s , h et « a » ont été injectées dans l'équation (8) pour prédire l'avancement du front d'onde quelque soit le temps. Sachant que les mesures expérimentales de l'avancement du front d'onde ont été effectuées par pas de 10 m, les modèles analytiques ont été utilisés pour déduire le temps d'avancement en fonction de la valeur imposée de x . Vue la très forte non-linéarité de ces modèles, le calcul du temps d'avancement est itératif. Au lieu d'utiliser les schémas numériques classiques (Newton-Raphson, Laguerre, dichotomie, etc.), nous nous sommes servis du logiciel Maple 13 pour la résolution des ces équations non linéaires (Richards, 2002).

2.2 Etude statistique

Parmi les critères statistiques généralement utilisés pour la validation, on cite l'analyse des erreurs résiduelles entre les valeurs observées et les valeurs prédites. Ainsi, la performance du modèle est évaluée en caractérisant sa tendance à sous-estimer ou à surestimer les valeurs prédites. Les indices statistiques usuellement employés pour mesurer les écarts entre les valeurs prédites et les valeurs observées sont:

-RMSE: la racine carrée de la moyenne des carrés des résidus (Loague et Green, 1991),

-CRM: le coefficient de masse résiduel (Loague et Green, 1991),

-RSR: la racine carrée du coefficient d'efficacité de Nash-Sutcliffe (Nash et Sutcliffe, 1970),

-R²: le coefficient de détermination

Les expressions mathématiques de ces indices ainsi que les valeurs optimales sont présentées au tableau 1.

Tableau 1: Indices statistiques pour l'évaluation d'un modèle mathématique

Indice statistique	Formule	Valeur optimale	
RMSE	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{n}}$	0	(11)
CRM	$\frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n O_i}$	0	(12)
RSR	$\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}}$	0	(13)
R ²	$\frac{\left[\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(S_i - \bar{S}) \right]^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}$	1	(14)

où \bar{O} et \bar{S} désignent respectivement la moyenne des valeurs observées et simulées et n le nombre d'observations.

La valeur optimale de l'indice correspond au cas où les valeurs simulées (S_i) sont identiques aux observations (O_i). En posant S_i égal à O_i quelque soit l'indice i , les équations (11), (12) et (13) montrent que RMSE, CRM et RSR sont nuls. Dans ce cas, la valeur optimale de R^2 est égale à 1 comme l'atteste la relation (14). Par ailleurs, une valeur négative de CRM implique que le modèle surestime les prédictions. A contrario, une valeur positive de CRM signifie que les valeurs simulées par le modèle sont inférieures aux valeurs observées.

3- MÉTHODOLOGIE

Trois essais expérimentaux ont été réalisés sur trois parcelles de texture différentes, ci-après dénommés sites S1, S2 et S3. Les parcelles d'essais sont

emblavées de culture de tomate. Chaque essai est constitué de dix raies de longueur 100 m et espacées de 0.75 m. La pente longitudinale moyenne varie de 0.3 à 0.5%. Un débit unitaire de 1l/s/raie a été utilisé.

Les teneurs en eau à la capacité au champ et au point de flétrissement permanent ont été évaluées au niveau de 5 profils par site. Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'une tarière par pas de 10 cm jusqu'à une profondeur de 100 cm. La capacité au champ et le point de flétrissement permanent ont été évaluées au laboratoire à l'aide des chambres de Richards (SoilMoisture, Santa Barbara, Californie). La densité apparente a été mesurée in situ et calculée à partir de la relation suivante:

$$d = \frac{M_s}{r_e V} \quad (15)$$

où M_s , ρ_e et V désignent respectivement la masse du sol sec, la masse volumique de l'eau et le volume de l'échantillon (égal à celui du cylindre).

4- RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1- Caractéristiques des sites expérimentaux

Le tableau 2 récapitule les résultats de caractérisation physico-hydriques des parcelles d'essais.

Tableau 2. Humidités pondérales du point de flétrissement permanent, de la capacité au champ et la densité apparente pour les différents sites expérimentaux

Sites	Hcc (%)	Hpfp (%)	da
S1	23	15	1.20
S2	26	16	1.24
S3	30	20	1.30

Les résultats des humidités remarquables et la densité apparente déterminé au laboratoire nous permettent de déterminer la réserve utile pour chaque site. Ainsi, la réserve utile est de 100, 120 et 145 mm/m respectivement pour les sites S1, S2 et S3.

4.2- Avancement de l'eau

Des études antérieures ont montré que la forme géométrique, la rugosité et l'état de compaction du sol sont quasiment invariants à partir de la deuxième irrigation (Walker (2003) et Slatni (2015). Subséquemment, l'étude s'est

limitée à la première et la deuxième irrigation.

La figure 1dresse une comparaison entre les courbes d'avancement de l'eau le long des raies correspondant à la première et la deuxième irrigation pour les trois sites étudiés.

La figure 1 montre que la progression du front d'onde a été moins rapide lors de la première irrigation que lors de la deuxième pour les trois sites considérés. Ce résultat est en somme prévisible car le sol est encore meuble et son infiltrabilité est encore importante.

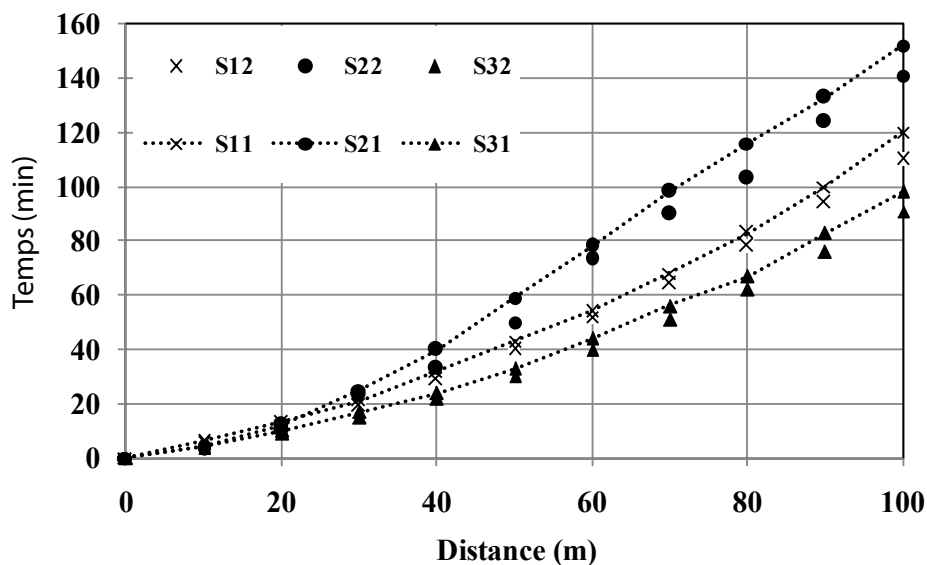


Figure 1. Courbes d'avancement de l'eau dans les raies (1^{ère} et 2^{ème} irrigation)

L'écart relatif des temps d'avancement de l'eau entre la première et la deuxième irrigation pour un site donné est de respectivement pour S1, S2 et S3. Cet écart relativement faible nous autorise, en prime abord, de considérer que les temps d'avancement de l'eau le long des raies sont du même ordre de grandeur. Subséquemment, l'étude de l'infiltration s'est limitée à la deuxième irrigation.

4.3- Infiltration

L'investigation des scénarii d'amélioration de l'irrigation à la raie s'adossent sur la connaissance préalable de la loi d'infiltration. A cet effet, on a procédé à une comparaison entre les lois d'infiltration correspondant à la deuxième irrigation pour les trois sites.

Les figures 2, 3 et 4 illustrent les courbes d'infiltration établies par les méthodes de

Shepard (méthode d'un point), d'Elliot et Walker (méthode de deux points) et de Philip et Farrell pour les trois sites S1, S2 et S3. Les essais correspondent à la deuxième irrigation.

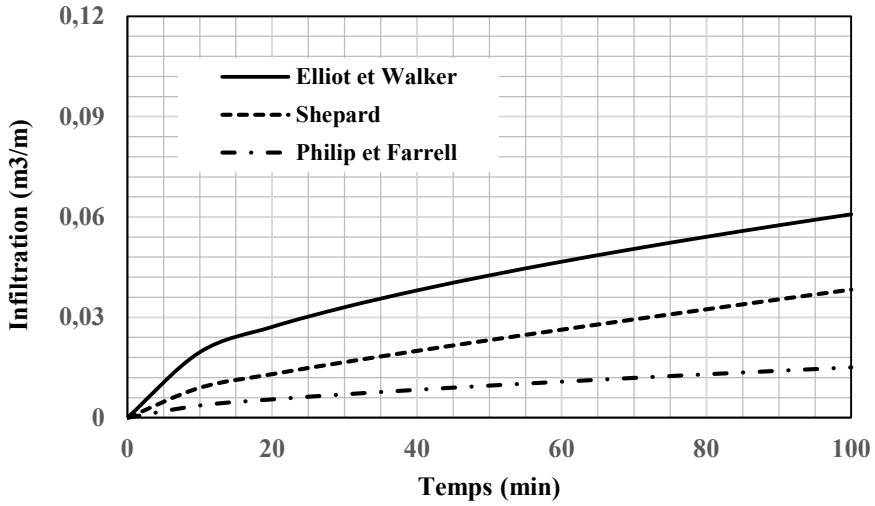


Figure 2. Lois d'infiltration déduites de la mise en œuvre de trois méthodes: de Shepard, d'Elliot et Walker et de Philip et Farrell avec les données de la 2^{ème} irrigation pour le site S1.

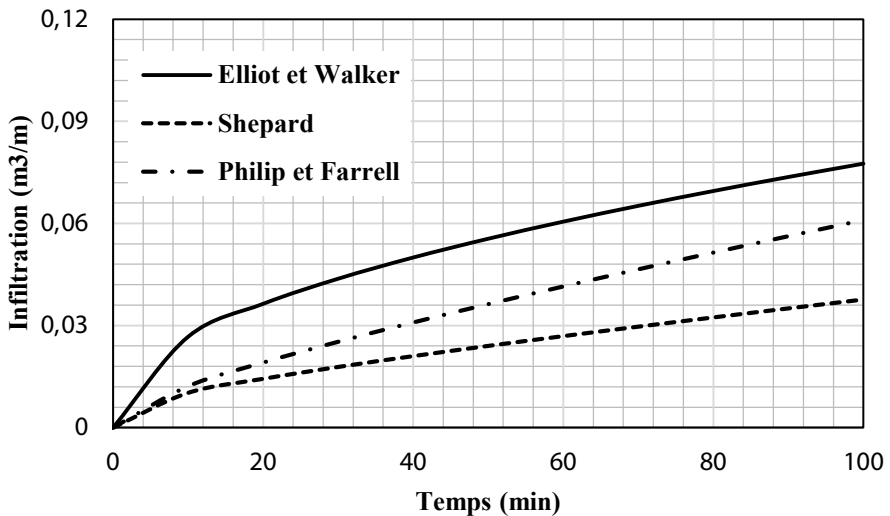


Figure 3. Lois d'infiltration déduites de la mise en œuvre de trois méthodes: de Shepard, d'Elliot et Walker et de Philip et Farrell avec les données de la 2^{ème} irrigation pour le site

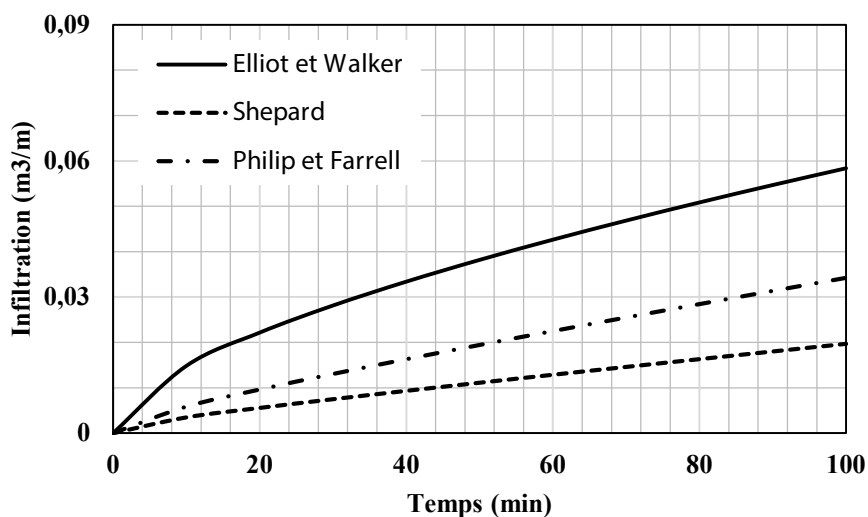


Figure 4. Lois d'infiltration déduites de la mise en œuvre de trois méthodes de Shepard, d'Elliot et Walker et de Philip et Farrell avec les données de la 2^{ème} irrigation pour le site S3.

Les figures 2, 3 et 4 montrent que les courbes d'infiltration cumulées dépendent de la méthode utilisée. Ces résultats corroborent les résultats trouvés par Holzapfel *et al.*, (2004).

Le tableau 3 présente les paramètres d'infiltration établis par les trois méthodes et pour les trois sites. Les résultats des lois d'infiltration déduites de la mise en œuvre de la méthode d'Elliot

d'une part et d'autre part de la méthode de Shepard (tableau 3) indiquent qu'il y a de différence significative entre les valeurs obtenues de la constante a du modèle de Kostiakov-Lewis en fonction du type de sol. Exception S1, la valeur de la constante a varié en fonction du type de sol et la méthode utilisée. Néanmoins, la valeur de la constante k est relativement identique exception pour le site S3 en utilisant la méthode de deux points.

Tableau 3. Paramètres d'infiltration déterminés par trois méthodes pour les trois sites

Sites	Elliot et Walker		Shepard		Philip et Farrell	
	k ($m^3m^{-1}m^{-1}$)	a	k ($m^3m^{-1}m^{-1}$)	a	S (cm / \sqrt{s})	A (cm/s)
S1	0.004	0.54	0.001	0.56	0.001	0.5
S2	0.012	0.38	0.001	0.32	0.001	0.5
S3	0.009	0.42	0.004	0.33	0.003	0.5

Les figures 5, 6 et 7 illustrent le très bon accord entre les résultats observés et simulés par la méthode de deux points (Elliot et Walker, 1982). A contrario, la méthode de Shepard et *al.* (1993) génère des résultats qui s'approchent des valeurs mesurées en amont de la raie et s'en écartent à l'aval de la raie. Des résultats similaires ont été trouvés

par Ebrahimain et *al.*, (2010). Exception S3, le modèle de Philip et Farrell (1964) génère des résultats qui s'écartent de plus en plus des valeurs mesurées. Ce comportement corrobore les résultats de Parlange (1973) et de Cook et *al.*, (2013) qui ont montré que la validité du modèle de Philip et Farrell (1964) est limitée aux temps courts.

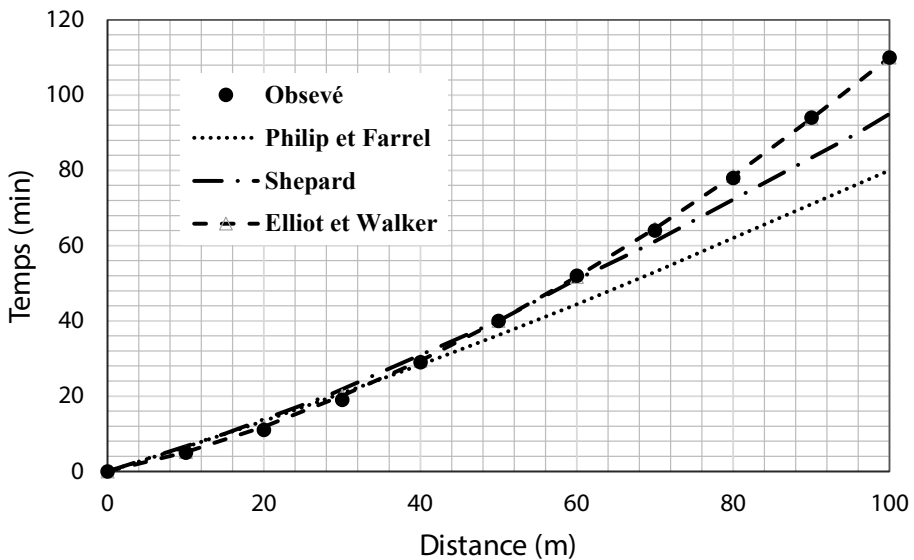


Figure 5: Avancement mesuré et simulé du front d'onde le long de la raie Site S1.

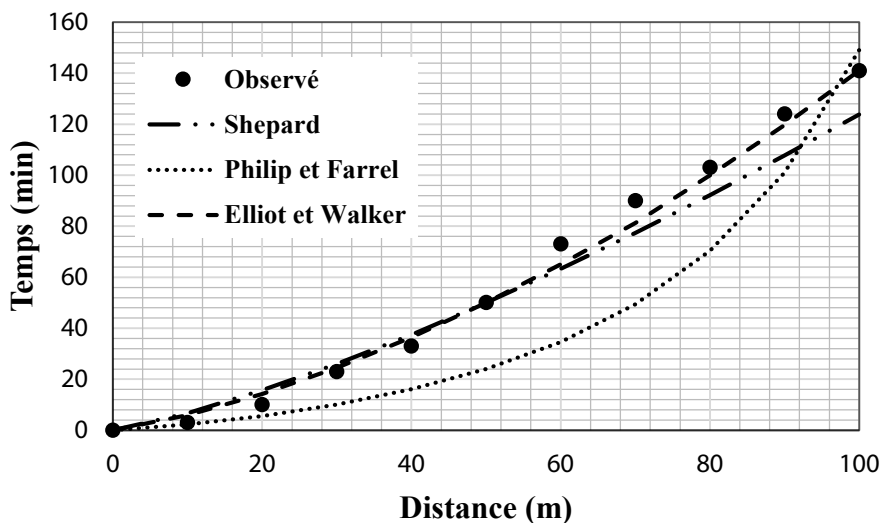


Figure 6: Avancement mesuré et simulé du front d'onde le long de la raie Site S2.

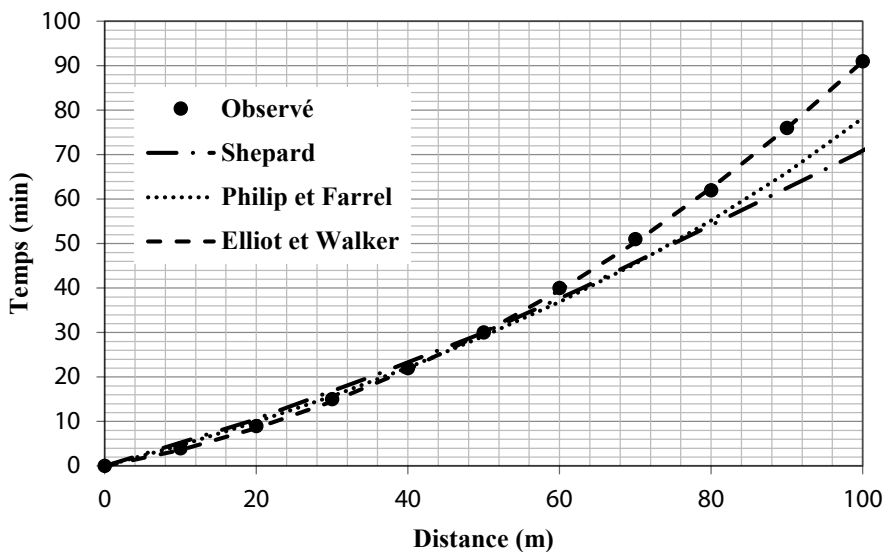


Figure 7: Avancement mesuré et simulé du front d'onde le long de la raie Site S3.

Le tableau 4 récapitule les valeurs des indices statistiques utilisés pour l'estimation de l'écart entre les valeurs observées et les valeurs simulées.

Tableau 4. Indices statistiques traduisant l'écart entre les valeurs observées et simulées.

	Philip et Farrell			Shepard			Elliot et Walker		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
RSME	13.1	23.2	46.5	5.3	9.5	46.5	0.51	4.3	0.39
RSR	0.05	0.09	0.18	0.02	0.04	0.09	0.002	0.01	0.001
R ²	0.99	0.99	0.98	0.99	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99
CRM	0.17	0.28	1	0.04	0.07	0.80	0.005	0.02	0.06

Ce tableau met en exergue la prééminence du modèle de Elliot et Walker par rapport à ceux de Philip et Farrell (1964) et de Shepard et ce quel que soit le site étudié.

5. CONCLUSIONS

Dans ce travail, trois essais d'irrigation à la raie ont été réalisés sur trois types de sol en vue d'évaluer trois méthodes de détermination de la loi d'infiltration à partir de l'avancement de l'eau. Les conclusions issus de cette étude montrent que la méthode de Philip et Farrell basée sur l'équation de Philip (1932) ne prédit pas de façon adéquate le volume d'eau

infiltré et le temps mis par le front d'eau pour atteindre l'extrémité de la raie. En effet, les écarts entre les valeurs mesurées et simulées sont statistiquement importants. A contrario, les résultats ont montré que la méthode de Elliot et Walker (1982) basée sur l'équation de Kostiakov est plus appropriée, et permet de prédire de façon fiable l'infiltration et le temps d'avancement de l'eau. L'ensemble des résultats obtenus dans cette étude constituent une contribution à l'acquisition des références techniques sur l'irrigation à la raie dans les conditions locales en vue d'améliorer la conduite de l'irrigation avec cette technique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bautista, E., Clemmens, A.J., Strelkoff, T.S. and Schlegel, J. (2009) : Modern analysis of surface irrigation systems with WinSRFR. *Agric. Water Manag.*,doi:10.1016/j.agwat.2009.03.007.
- Ebrahimian, H., Liaghat, A., Ghanbarian-Alavijeh, B. and Abbasi, F. (2010) : Evaluation of various quick methods for estimating furrow and border infiltration parameters. *IrrigSci* 286, 479–488.
- Elliot, R.L. and Walker, W.R. (1982) : Field evaluation of furrow infiltration and advance functions, *Trans. of the ASAE*, 25 (2), 396-400.

- Holzapfel, E.A., Jara, J., Zuñiga, C., Mariño, M.A., Paredes, J., and Billib, M. (2004) : Infiltration parameters for furrow irrigation, *Agricultural Water Management* 68 (2004) 19–32.
- Ismail, S.M. and Depenweg, H. (2005) : Simulation of continuous and surge flow irrigation under short held conditions. vol. 54, n°2, pp. 217-230.
- Karmeli, D., Salazar, L.L., and Walker, W.R. (1978) : Assessing the Spatial Variability of Irrigation Water Applications. EPA-600/2-78-041. U.S. Environmental Protection Agency, Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory. Ada, Oklahoma.
- Kostiakov, A.N. (1932) : On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity of studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration, Transactions Congress International Society for Soil Science, 6th, Moscow Part A, 17-21.
- Lewis, M.R. and Milne, W.E. (1938) : Analysis of border irrigation, *Agric. Eng.*, 19: 267-272.
- Loague, K. and Green, R.E. (1991) : Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: Overview and application. *J. Contam. Hydrol.* 7 :51-73
- Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V. (1970) : River flow forecasting through conceptual models: part 1. A discussion of principles, *J. Hydrol.* 10 (3):282–290.
- Nasseri, A., Neyshabari, M.R. and Abbasi, F. (2008): Effectual components on furrow infiltration. *Irrigation and Drainage*, [Volume 57, Issue 4](#), pg 481–489, October 2008.
- Oyonarte, N.A., Mateos, L. and Palomo, M.J. (2002) : Infiltration variability in furrow irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 128(1): 26-33.
- Philip, J.R. (1987) : the infiltration joining problem. *Water Resour. Res.* 23: 2239-2245.
- Philip, J.R. and Farrell, D.A. (1964) : General solution of the infiltration-advance problem in irrigation hydraulics, *J. Geophys. Res.*, Vol 69: 621-631.
- Philip, J.R. (1957) : The theory of infiltration: 1. The infiltration equation and its solution”, *Soil Science*, 1957, Vol. 83: 345-357.
- Richards, L.A. (1931) : Capillary conduction of liquids through porous mediums. *Physics*, 1, 318-333, 1931.
- Richards, D. (2002) : Advanced Mathematical Methods with Maple. Printed in the United Kingdom at the university Press, Cambridge.

- Shepard, J.S., Wallender, W.W., and Hopmans, J.W. (1993) : One-point method for estimating furrows infiltration. Transactions of the *American Society of Agricultural Engineers* Vol. 36(2): 395-404.
- Slatni, A. (2015) : *Elaboration et évaluation des scénarii d'amélioration des performances de l'irrigation de surface sur des sols lourds gonflants*. Thèse de Doctorat de l'INAT, 150 p.
- Strelkoff, T. and Falvey, H.T. (1993) : Numerical methods used to model unsteady canal flow, *J. Irrig. & Drain. Eng., ASCE*, Vol. 119(4): 637-655.
- Upadhyaya, S.K. and Raghuwanshi, N. S. (1999) : Semiempirical infiltration equations for furrow irrigation systems. *Irrig Drain.* 125(4), 173-178.
- Walker, W.R. (2003) : SIRMOD III: Surface Irrigation Simulation, Evaluation and Design. Software Engineering Division, Biological and Irrigation Engineering Department, Utah State University, Logan, Utah, USA.
- Walker, W.R. and Skogerboe, G.V. (1987) : Surface Irrigation, Theory and Practice. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Zerihun, D., Feyen, J. and Reddy, J.M., (1996) : Sensitivity analysis of furrow-irrigation performance parameters, *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE* 122, 49–57.
- Zhang, Y., Wu, P., Zahao, X. and Li, P. (2012): Evaluation and modeling of furrow infiltration for uncropped ridge – furrow tillage in Loess Plateau soils. *Soil Research (50)* 5, Online publication date: 1 Jan 2012.

Restauration et réhabilitation d'une formation végétale saharienne : cas du parcours à base de *Retama raetam*

BEN ABDELLATIF M.^{1*}, TARHOUNI M.¹, NEFFATI M.¹ et OULED BELGACEM A.^{1,2}

¹ Laboratoire d'Ecologie Pastorale. Institut des Régions Arides. Medenine, Tunisie.

² International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Arabian Peninsula Regional Program, P.O. Box 13979, Dubai, UAE.

*Auteur correspondant : mbarka_benabdellatif@yahoo.fr

ملخص

تلعب المراعي التشاركية بظواهر دوز دورا أساسيا في الاقتصاد الزراعي للمرايق رغم خضوعها لفترات قاسية ومتواترة من الجفاف والضغوط البشرية المتنامية. ولا زالت تخضع باستمرار لتدهور شديد على مستوى جميع مكونات النظام البيئي (النباتات والغطاء النباتي والتربة وعناصرها، والحياة البرية وموائلها). ويتمثل هذا التدهور في تدني القدرة البيولوجية واختلال التوازنات البيئية والاجتماعية والاقتصادية.

تاريخيا لم تستخدم تقنيات استعادة الغطاء النباتي لعافيته وإعادة التأهيل، التي تعتبر من أهم الوسائل لمواجهة هذا التدهور، قط في المراعي الاشتراكية بالظواهر المعروفة بقساوة مناخها وتنوع المتدخلين فيها وتعدد إدارتها. وفي هذا السياق تم إجراء هذه الدراسة التي تهدف إلى اختبار الجدوى الفنية لتقنيات الترتيح والاستزراع عند استخدامها في مراعي الرتم. وقد تم تقييم أثر هذه التقنيات على حركة الغطاء النباتي بمراقبة وقياس تطور بعض المؤشرات الدالة في المرعى المحمي والمستزرع مقارنة بالشاهد وهو المفتوح للرعي العشوائي. وأظهرت النتائج أن تقنية الاستزراع هي الوسيلة التي ينصح باستخدامها لمواجهة درجة التدهور الشديد التي وصلت إليها حالة هذا المرعى. وتعكس هذه النتائج إمكانية نجاح عمليات إعادة تأهيل وتحسين الغطاء النباتي والتنوع البيولوجي بالبيئات المتدهورة إذا ما تم التعامل بنجاح مع المشاكل الاقتصادية والاجتماعية الصحراوية مرة واحدة ليس عاملا مقيدا.

كلمات مفاتيح: ترثيح، استزراع، مؤشرات، المراعي التشاركية الصحراوية، الرتم.

RÉSUMÉ

Le couvert végétal de la Tunisie aride est soumis depuis longtemps à une exploitation abusive. Cette mauvaise gestion, aggravée par des conditions climatiques et édaphiques précaires, a engendré des perturbations profondes et des changements irréversibles de la flore et des physionomies végétales de la région. Les techniques de restauration et de réhabilitation, considérées comme les principales voies pour remédier cette dégradation, n'ont jamais été utilisées dans les parcours collectifs du Dhahar tunisien connus par la sévérité climatique, la diversité des intervenants et la complexité de leur gestion. C'est dans ce contexte que s'intègre cette étude qui vise tester la faisabilité technique de ces deux voies et évaluer leurs impacts sur la dynamique du couvert végétal. Des essais de mise en repos et de re-semis de certaines espèces pastorales autochtones ont été réalisés dans un parcours à base de *Retama raetam*. L'évaluation de l'impact de ces essais est faite à travers le suivi de certains

descripteurs du couvert végétal aussi bien dans les sites mis en repos, les sites resemés que dans ceux pâturés. Les résultats obtenus permettent de conclure que le re-semis de *R. raetam* est plus conseillé en raison de la dégradation très avancée du parcours étudié. Le succès des opérations de restauration et de réhabilitation des milieux sahariens dégradés est fortement lié à la résolution des problèmes sociaux.

Mots clés : Restauration, Réhabilitation, Attributs vitaux, Parcours collectifs saharien, *Retama raetam*

SUMMARY

Playing an important role in the agricultural economy of the Mrazigs, the communal rangelands of the Dhahar of Douz are subject to recurrent drought periods and increasing human pressure. They continue to suffer from severe degradation at the level of all the ecosystem components (flora, vegetation cover, soil and its elements, fauna and habitat). Such degradation results in the reduction of biological potential and the breakdown of ecological and socio-economic balances.

Restoration and rehabilitation techniques, considered as the main ways to remedy this degradation, have never been used in the communal rangelands of the Dhahar known by its severity, diversity of stakeholders and the complexity of its management. It is in this context that this study is conducted to test the technical feasibility of these two management tools and to evaluate their impact on the dynamics of vegetation cover. Resting and re-seeding trials were conducted in a *Retama raetam*-based rangeland. The evaluation of the impact of these trials is carried out through the follow-up of certain descriptors of the vegetation cover in the targeted sites (resting, reseeded and in the grazed sites, considered as a control). The results show that in the *R. raetam*, the re-seeding of this species is the most recommended technique to deal with the very advanced degradation of this rangeland type. These results certify the success of the restoration and rehabilitation of degraded Saharan rangelands once the social problems are solved.

Key words: Restoration, Rehabilitation, Vital attributes, Saharan Communal rangeland, *Retama raetam*

1-INTRODUCTION

En Tunisie, la désertification concerne essentiellement les steppes des régions arides et sahariennes qui ont toujours été l'espace privilégié de l'élevage extensif (Le Houérou, 1992). Ces parcours naturels qui jouent un rôle fondamental dans l'économie agricole du sud du pays sont soumis à des périodes de sécheresse récurrente et à une pression humaine

croissante. Ils ne cessent de subir des dégradations de plus en plus accentuées de toutes les composantes de l'écosystème (flore, couvert végétal, sol et ses éléments, faune et son habitat). Ces dégradations se traduisent par la réduction du potentiel biologique et par la rupture des équilibres écologiques et socio-économiques (Visser, 2001 ; Ouled Belgacem

et Louhaichi, 2013).

La dégradation débute par une altération de la végétation et une modification de la composition floristique, les espèces les plus appréciées se raréfient et disparaissent du milieu steppique. Ainsi, le couvert végétal s'éclaircit et par conséquent, la production des parcours s'amenuise pour ne plus offrir les quantités suffisantes en fourrage pour le cheptel. Le sol, de moins en moins protégé par la couverture végétale, est soumis à l'action mécanique des précipitations provoquant ainsi une modification des états de surface du sol. La matière organique diminue considérablement et la réduction de la porosité accroît la destruction progressive du sol. Une spirale de dégradation, ainsi constituée sans intervention, conduira à une désertification irréversible (Ouled Belgacem, 2006; Tarhouni *et al.*, 2014 ; Gamoun *et al.*, 2015).

Dans les situations où la dégradation est peu accentuée, la résilience de l'écosystème n'est pas trop altérée. Une réduction ou une suppression de la pression anthropique permet à l'écosystème de retourner à son état d'origine ou presque semblable à celui initialement existant. Pour limiter les effets des différentes contraintes et perturbations sur le couvert végétal et le milieu physique et favoriser les possibilités d'auto-régénération du milieu naturel, il s'avère indispensable d'alléger la pression anthropique sur ces écosystèmes à équilibre précaire (Ouled Belgacem et Neffati, 1996 ; Ouled Belgacem *et al.*, 2013). Par contre, dans les situations où la dégradation du couvert végétal a atteint le seuil

d'irréversibilité et où la restauration, même après une longue durée, ne peut plus permettre la régénération de ce couvert, le recours aux techniques de réhabilitation devient une nécessité (Aronson *et al.*, 1993 ; Le Floch *et al.*, 1999). Compte tenu des résultats peu encourageants des essais de resemis des parcours par des espèces allochtones en Tunisie centrale et la réaffectation par l'introduction d'espèces arbustives exotiques en Tunisie aride et désertique, la réintroduction délibérée des espèces autochtones s'annonce alors comme la voie la plus appropriée pour réhabiliter les parcours dégradés des zones arides et sahariennes (Ben Abdellatif *et al.*, 2016).

Les parcours collectifs du Dhahar, qui constituent un échantillon représentatif des écosystèmes sahariens, se caractérisent par une flore plus ou moins diversifiée mais en voie de dégradation (Ben Abdellatif *et al.*, 2016). L'exploitation abusive de ces ressources, aggravée par l'agressivité des facteurs érosifs et l'aridité édapho-climatique, a engendré une chute de la productivité des terres et une perte de la biodiversité (Ouled Belgacem *et al.*, 2006 ; Tarhouni *et al.*, 2007 ; Gamoun *et al.*, 2011 ; Attia *et al.*, 2013). Devant une telle situation plusieurs mesures de gestion ont été mises en place à savoir la mise en repos et le resemis de certaines espèces autochtones. En contre partie et en raison de la non acceptabilité sociale, ces techniques n'ont été jamais testées en termes de faisabilité technique et impacts sur les écosystèmes pastoraux. La présente étude qui a été réalisée dans une zone saharienne ayant fait l'objet de différentes modalités de restauration et

de réhabilitation, vise à évaluer l'impact de ces techniques sur la dynamique du couvert végétal d'un parcours collectif à base de *Retama raetam*.

2-MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1-Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans un périmètre aménagé (40.000 ha) du parcours el Arfjia qui fait partie des parcours collectifs de Dhahar tunisien (gouvernorat de Kébili) (Figure 1). Cette zone, appartient à l'étage bioclimatique saharien.

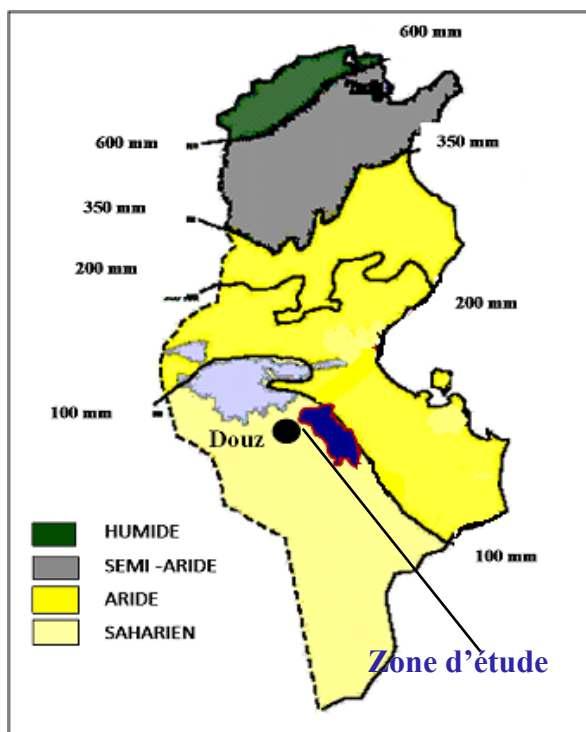


Figure 1. Localisation géographique de la zone d'étude

Le tableau 1 résume les quantités des pluies enregistrées dans la zone d'étude au cours de l'année 2006-2007 (début des essais de restauration et de réhabilitation) et l'année 2007-2008 (période de mesure). Qualifiée comme étant très pluvieuse (163,5 mm) et dépassant

de loin la moyenne interannuelle des précipitations (100 mm/an), l'année 2006-2007 a été caractérisée par un automne relativement pluvieux (22,7 mm) engendrant ainsi un bon démarrage de la végétation. Au printemps la pluie survenue est de 57,7 mm (mars) et 41,3

mm (avril). Elle permet une bonne croissance des espèces végétales et un accomplissement de leurs cycles dans les meilleures conditions. Les données de ce tableau montrent également que la période d'observation (septembre 2007 et mars 2008) est marquée par une faible quantité de pluie avec un total de 63 mm.

Ces précipitations ont été très espacées dans le temps avec une importante quantité au cours du mois de décembre (41 mm). Cette irrégularité, qui justifie d'ailleurs le caractère aride du climat (Gamoun et *al.*, 2010) est à l'origine de la diminution des espèces annuelles, surtout dans les sites protégés.

Tableau 1. Les quantités des pluies (mm) enregistrées au cours des années 2006-2007 (début des essais de restauration et de réhabilitation) et 2007-2008 (période de mesure).

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août	T	
2006-2007	P (mm)	0	9,2	13,5	22	0	16	57,7	41,3	0,1	0	0	3,7	163,5
	Nb de jours de pluie	0	2	2	3	0	1	6	3	1	0	0	1	19
2007-2008	P (mm)	0	6,2	0	41	2,4	0,9	5	3,5	3	0	0	1	63
	Nb de jours de pluie	0	1	0	2	1	1	1	1	1	0	0	1	9

2.2. Protocole expérimental

Le parcours à *Retama raetam* qui fait l'objet de cette étude est soumis à trois différents modes de gestion :

- restauration (mise en repos) : R_M ;
- réhabilitation (re-semis de *Retama raetam*) : R_R ;
- pâturage libre (témoin) : R_T .

Pour évaluer l'impact de chaque mode de gestion, le recouvrement total de la végétation, la densité végétale, les indices de biodiversité ainsi que la valeur pastorale ont été déterminés.

Recouvrement total de la végétation

La méthode des points quadrat (Daget et Poissonet, 1971) est la plus couramment utilisée en zones aride et saharienne pour déterminer les taux de recouvrement et la composition floristique. Elle consiste à mesurer la fréquence de toutes les espèces recensées puis exprimer ces fréquences en termes de recouvrement végétal. Dans notre cas, les points de lecture ont été réalisés tous les 25 centimètres le long d'une ligne de 50 m de longueur, soit au total 200 points de lecture par ligne et 1000 points par site. Un point de lecture est un relevé de la présence d'une espèce végétale

ou d'un attribut du sol touché par une aiguille verticale placée sur une ligne de visée graduée tendue au dessous de la végétation. Le recouvrement total de la végétation est proportionnel à la surface du sol qui est couverte par la projection verticale des organes aériens des espèces présentes (Daget et Godron, 1995). Il est calculé suivant cette formule $R = (n/N) \cdot 100$ (avec n le nombre de points où la végétation est présente et N le nombre de points échantillonnés).

Densité des espèces annuelles et pérennes

Les mesures de la densité témoignent

de la faculté d'un milieu à reconstituer sa physionomie de départ, plus la densité est élevée plus la capacité de régénération du milieu est grande. Les plantes qui se trouvent soit totalement soit partiellement à l'intérieur du quadrat seront comptées, celles à l'extérieur n'ont pas été prises en considération. Au niveau de chaque site expérimental, 5 placettes permanentes de 100 m² chacune (50 m x 2m) ont été installées pour le suivi de la densité des espèces pérennes (figure 2). Au niveau de chaque placette, la densité des annuelles est évaluée au niveau de 3 placeaux de 4m² chacun (Fig. 2).

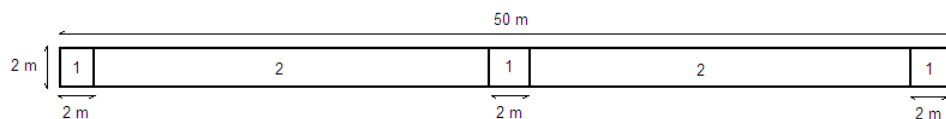


Figure 2. Schéma du dispositif expérimental de mesure de la densité des plantes pérennes et annuelles. (1) : surface d'échantillonnage des annuelles (4m²) alors que (1) + (2) : surface d'échantillonnage des pérennes (100 m²)

Indice de diversité alpha (H') et équitabilité (E)

La diversité alpha témoigne de la diversité totale (Jauffret, 2001). Il est possible d'utiliser l'indice de diversité de Shannon-Weaver (1949) : H' afin de mesurer la diversité des communautés biologiques. L'indice H' se calcule comme suit : $H' = - \sum p_i \log_2 p_i$ (Avec $p_i = n_i/N$ représente la fréquence spécifique relative de l'espèce i , n_i est le nombre de l'espèce i et N nombre total des points échantillonnés). L'équitabilité E c'est le rapport entre l'indice de diversité de Shannon et sa valeur maximale : $E = H'/H'_{max}$ avec $H'_{max} = \log_2 S$ (S est le nombre d'espèces présentes).

Valeur pastorale

Elle est obtenue dans une station échantillonnée en multipliant pour chaque espèce sa contribution spécifique de présence au recouvrement de la végétation par un indice de qualité (IS) et en additionnant ensuite les résultats obtenus pour l'ensemble des espèces de la station. La valeur pastorale est déterminée par la formule : $V_p = 0,2 \cdot \sum (CSP_i \cdot ISI) \cdot R$ (avec : V_p : Valeur pastorale ; CSP_i : Contribution spécifique de présence de l'espèce i ; ISI : Indice de palatabilité spécifique de l'espèce i ; R : Recouvrement global de la végétation (en valeur absolue)).

Analyse statistique

Toutes les données relatives aux taux de recouvrements, la densité, la diversité et la valeur pastorale, ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA) par l'usage du logiciel SPSS 17.0 (SPSS Inc, 2012). Pour tout effet principal significatif, une séparation des moyennes

a été réalisée suivant le test de Duncan au seuil de 5 %.

3-RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1-Recouvrement de la végétation

Les variations de taux de recouvrement de la végétation en fonction du mode de gestion sont représentées dans la figure3.

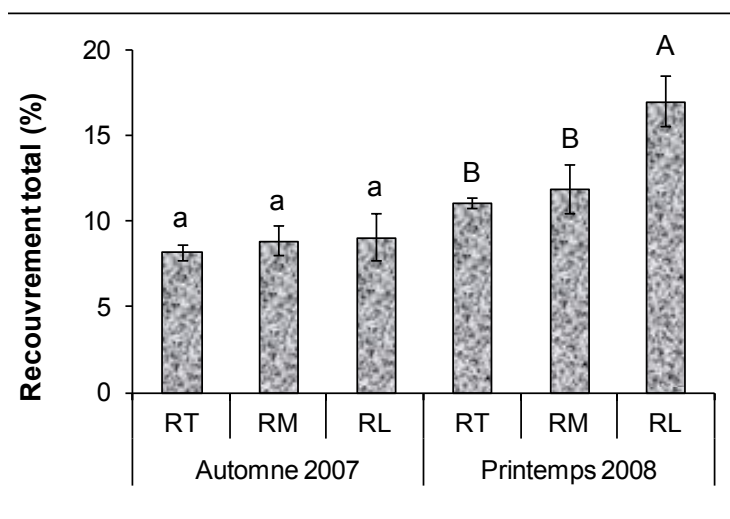


Figure 3. Variation saisonnière du recouvrement de la végétation sous l'effet des différents modes de gestion. R_T : *R. raetam* témoin, R_M : *R. raetam* mis en repos, R_R : *R. raetam* re-semé (a, b : indiquent la différence du recouvrement total en automne selon le test de Duncan au seuil de 5% ; A, B : indiquent la différence du recouvrement total au printemps selon le test de Duncan au seuil de 5%).

Les résultats de l'analyse de la variance à un seul facteur montre que la variation de recouvrement en fonction du mode de gestion n'est pas significative ($p = 0.892$) en automne mais elle est significative ($p = 0.03$) au printemps. Ils ont également permis de mettre en évidence un effet significatif ($p = 0.023$) de l'interaction entre le facteur saison et le facteur mode de gestion.

En automne le recouvrement a légèrement augmenté dans le site mis en repos (8,9 %) par rapport au site témoin (8,2 %). Il a été plus important au niveau du site réhabilité (9,1 %). Ceci peut être dû à l'effet du resemis de l'espèce qui a profité de la mise en repos et l'humidité de l'année précédente (163.5 mm). Globalement on n'a pas remarqué une grande variation entre les sites protégés et le site témoin, puisque les valeurs

obtenues ont été très proches. Le test de Duncan confirme nos observations et ce malgré l'effet relativement bénéfique du re-semis. Au printemps le taux de recouvrement a augmenté dans les trois sites (11,1 % dans le site témoin, 11,9 % dans le site mis en repos et 17 % dans le site réhabilité) et ceci peut être expliqué par la contribution des annuelles qui ont été plus abondantes au printemps.

Malgré les conditions précaires qui règnent dans ce parcours typiquement saharien, les résultats obtenus après deux ans de protection et de réhabilitation en termes de recouvrement de la végétation, paraissent encourageants. Quant à la variation saisonnière du recouvrement total de la végétation, on remarque une évolution entre l'automne et le printemps et ce quelque soit le mode de gestion pratiqué. L'abondance relative des espèces annuelles au cours du printemps est responsable de cet écart saisonnier au niveau du recouvrement de la végétation (Tarhouni et al, 2007). D'après le Houérou (1969), la variabilité interannuelle des pluies constitue un facteur primordial pour le fonctionnement des systèmes arides. En effet, la variation du taux de recouvrement des différents groupements est fortement corrélée à la quantité de pluie et à sa répartition spatio-temporelle (Tarhouni et al, 2014). Dans le même sens Kinloch et Friedel (2005) rapportent que les variations pluviométriques affectent la croissance des plantes et changent la composition floristique et l'état du couvert végétal. Ces changements résultent essentiellement de l'interaction entre la pluviométrie, les caractéristiques du milieu et le degré de perturbation.

Au printemps 2008, l'augmentation du recouvrement dans les sites mis en repos et réhabilités témoigne d'une importante vitesse de cicatrisation de la végétation des sols sableux profonds et squelettiques (Belhadj et Ouled Belgacem, 2001). La mise en repos a permis une amélioration des potentialités de régénération de la végétation qui se traduit par l'augmentation du recouvrement (Ferchichi, 1996 ; Ferchichi et Abdelkebir, 2003). Les deux techniques (mise en repos et réhabilitation) ont favorisé le développement des espèces « surpâturées » les plus recherchées par les animaux surtout dans les parcours où la dégradation est encore réversible. Certains auteurs (Ouled Belgacem et al., 2013 ; Tarhouni et al., 2014), rapportent que l'évolution progressive du couvert végétal, à court et moyen termes en zones aride et désertique tunisiennes, paraît étroitement liée à l'état de dégradation antérieure (avant la protection). Il faut également signaler que l'efficacité de ces techniques dépend du type de sol et de la végétation dominante du parcours concerné (Ferchichi et Abdelkebir, 2003).

3.2-Densité des annuelles et pérennes

L'impact du mode de gestion sur la densité est représenté par la figure 4. Les résultats de l'analyse de la variance montrent que la variation de la densité est significative en automne ($p = 0,027$ pour les annuelles et $p = 0,039$ pour les pérennes) comme au printemps ($p = 0,017$ pour les annuelles et $p = 0.04$ pour les pérennes) :

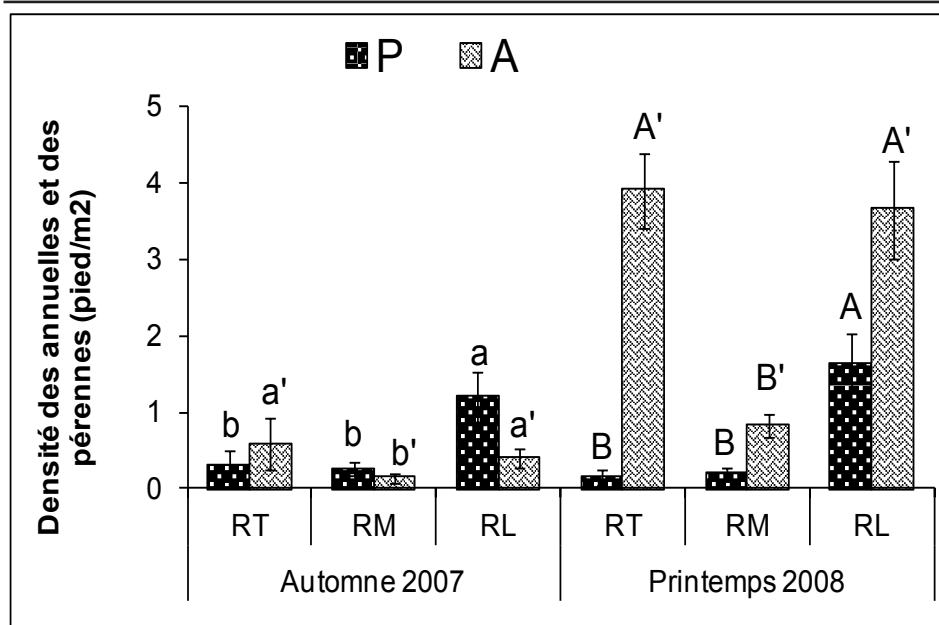


Figure 4. Variation saisonnière de la densité des espèces annuelles et pérennes sous l'effet des différents modes de gestion (R_T : *Retama raetam* témoin, R_M : *R. raetam* mis en repos, R_R : *R. raetam* re-semé) (a, b : indiquent la différence de la densité des pérennes en automne selon le test de Duncan au seuil de 5% ; a', b' : indiquent la différence de la densité des annuelles en automne selon le test de Duncan au seuil de 5% ; A, B : indiquent la différence de la densité des pérennes au printemps selon le test de Duncan au seuil de 5% ; A', B' : indiquent la différence de la densité des annuelles au printemps selon le test de Duncan au seuil de 5%).

En automne comme au printemps, la densité des pérennes a été très faible durant toutes les campagnes de mesure (elle ne dépasse pas 0.3 pied/m²) et ceci peut être expliqué par l'état très avancé de dégradation antérieure de ce parcours. Le site R_R (*Retama raetam* ressemé par *Retama raetam*) fait l'exception puisqu'une très faible augmentation de la densité qui peut être due à l'émergence des plantules de *Retama raetam* ressemé a été observée.

La bonne précipitation survenue en automne (41 mm) a permis un bon

démarrage de la végétation et une bonne installation des plantules issues du ressemis. Cet effet bénéfique a été plus clair au cours du printemps. Quant aux annuelles, il semble que pour les trois sites et quelque soit le mode de gestion pratiqué, la densité varie énormément avec la quantité et la distribution des pluies.

Globalement, la variation de la densité des espèces pérennes a été relativement faible entre les deux premières saisons en raison de l'insuffisance et la mauvaise répartition des pluies survenues.

Certaines espèces pérennes telles que : *Argyrolobium uniflorum*, *Atractylis serratuloïdes*, *Helianthemum kahiricum*, *Helianthemum lipii var sessiliflorum*, *Herniaria fontanesii*, *Retama raetam* ont été plus importantes au niveau des sites mis en repos et réhabilité qu'au niveau du site témoin. Ceci peut être attribué à la fois à l'effet bénéfique de la protection et des précipitations sur la composition et la régénération du couvert végétal naturel (Tarhouni, 2008) et aussi à la forte capacité reproductive de ces espèces (Neffati, 1994). Certaines espèces comme *Plantago albicans* et *Stipagrostis pungens* ont présenté une densité plus importante en automne comme au printemps, ceci peut être expliqué par leur capacité de germination en automne lorsque les pluies sont abondantes et précoces, les plantules peuvent profiter des températures suffisantes pour s'installer et se développer (Ouled Belgacem, 2006) et ce bien que, les pérennes soient loin de germer chaque année parce qu'il faut une succession pluviométrique favorable pour que les plantules puissent achever leur cycle végétatif. Les espèces qui présentent une remarquable densité dans le site témoin, telles que *Argyrolobium uniflorum*, *Helianthemum sessiliflorum* et *Plantago albicans* témoignent de leur résistance à la sécheresse et leur grande aptitude à occuper des milieux perturbés (Bendali, 1987). Il a été déjà montré par plusieurs auteurs qu'*Argyrolobium uniflorum* est une espèce qui préfère les mises en repos de courte durée et la pression animale légère et ne supporte plus la mise en défens prolongée (Chaieb, 1989, Oueld Sidi Mohamed, 2003 ; Ouled Belgacem et al., 2006). Le

faible taux de germination des semences de cette espèce (Neffati et al., 1996), d'une part, et l'abondance de ses jeunes plantules sur le terrain, d'autre part, laissent croire à l'importance de son stock semencier dans le sol (Gamoun et al., 2011).

Pour les annuelles, on remarque que la densité est plus élevée au niveau de deux sites protégés, ceci témoigne de la capacité de ces espèces à germer et à s'installer en profitant des faibles précipitations et de la protection pour émerger et s'installer. L'importance des annuelles dans le site témoin s'explique par le phénomène de la thérophytisation évoqué par plusieurs auteurs (Flore et Pontanier, 1984 ; Jauffret, 2001). Généralement, la longue exploitation peut aboutir à une homogénéisation du couvert végétal en provoquant une diminution de la densité des pérennes et en favorisant le développement des annuelles (Tarhouni et al., 2007). Ce constat est en accord avec les résultats obtenus par Metzger et al. (2005) qui indiquent qu'au niveau des aires caractérisées par une charge animale importante, le taux de recouvrement des annuelles devient plus remarquable.

3.3. Indice de diversité alpha et équitabilité

Les résultats de la variation de la diversité alpha et d'équitabilité dans les trois sites en fonction du mode de gestion sont représentés par la figure 5. L'analyse de la figure 5 montre une nette amélioration de H' au printemps 2008 par rapport à l'automne 2007. Ceci peut être expliqué par l'augmentation de la fréquence spécifique des annuelles qui ont été plus abondantes au printemps. Le

site R_M fait l'exception puisque les annuelles ont été très rares et la fréquence des espèces recensées a été très faible. La même constatation reste valable pour l'équitabilité (E). L'indice de Shannon

H' est plus important dans le site réhabilité. Ainsi la mise en repos seule n'a pas permis d'améliorer la diversité alpha contrairement à la technique de resemis de *Retama raetam*.

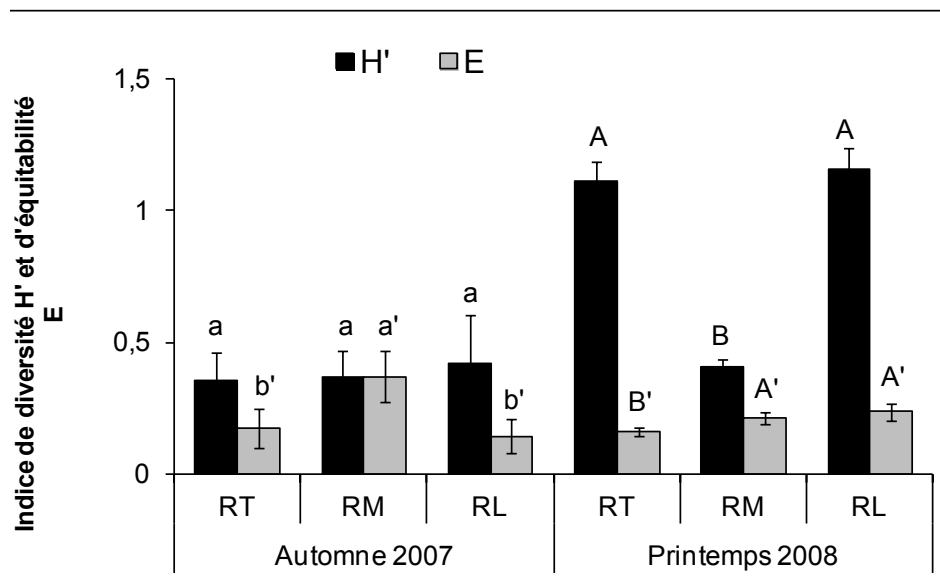


Figure 5. Variation saisonnière des indices de diversité H' et d'équitabilité E sous l'effet des différents modes de gestion, (R_T : *Retama raetam* témoin, R_M : *R. raetam* mis en repos, R_R : *R. raetam* re-semé). (a, b : indiquent la différence de la diversité alpha en automne selon le test de Duncan au seuil de 5% ; a', b' : indiquent la différence de l'équitabilité en automne selon le test de Duncan au seuil de 5% ; A, B indiquent la différence de la diversité alpha au printemps selon le test de Duncan au seuil de 5% ; A', B' : indiquent la différence l'équitabilité au printemps selon le test de Duncan au seuil de 5%).

Les résultats des analyses de la variance montrent que la variation de l'indice de diversité de Shannon H' en fonction de mode de gestion n'est pas significative en automne ($p = 0.42$) mais hautement significative au printemps ($p = 0.007$). Par contre, le mode de gestion a présenté un effet hautement significatif sur l'équitabilité en automne (0.005) comme au printemps ($p = 0.04$).

Le site R_M présente toujours une valeur d'équitabilité E supérieure ou égale à celle du site réhabilité bien que ce dernier présente une richesse floristique et une diversité spécifique plus importantes. Ceci peut être expliqué par la forte fréquence spécifique de deux espèces dominantes dans le site R_M (*Retama raetam* et *Stipagrostis pungens*) qui sont connues par la vigueur de leur canopée ce

qui augmente leur fréquence calculée sur la ligne de visé (Gondard *et al.*, 2003). La variation de l'équitabilité est en étroite corrélation avec la richesse spécifique ou le nombre (S) des espèces recensées au cours des relevés écologiques et à leur fréquence spécifique, elle traduit la fréquence relative de certaines espèces par rapport aux autres espèces. Elle indique comment les espèces sont distribuées dans la communauté. Plus sa valeur se rapproche de 1, plus le parcours est équilibré c'est-à-dire toutes les espèces sont représentées de manière égale dans la communauté, et que la proportion d'espèces dominantes est plus faible (Jauffret et Lavorel, 2003). Ceci est observé au niveau des parcours mis en repos et réhabilités dont E tend vers 1. D'après Daget (1976), Barbault (1995) et Magurran (2004) E tend vers zéro lorsque la majorité des effectifs est concentrée sur une espèce et tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même fréquence. Le calcul de l'équitabilité représente un outil important qui permet d'imaginer le niveau d'organisation des communautés végétales (Mayrand, 2012 ; Grogan, 2012). La mesure des différents indices de la diversité alpha donne une idée sur le fonctionnement et la stabilité de l'écosystème. Ce sont des indicateurs de stabilité, d'évolution et d'évaluation de la durabilité des parcours collectifs (Gamoun *et al.*, 2012). Généralement, la diversité augmente avec la protection et diminue dans un milieu fortement perturbé, elle varie aussi en fonction des précipitations (Tarhouni *et al.*, 2014).

3.4. Valeur pastorale

La figure ci-dessous (figure 6) présente la variation de la valeur pastorale entre les trois sites expérimentaux prenant en fonction des modes de gestion appliqués. En automne 2007, la mise en repos a permis d'atteindre la valeur pastorale la plus importante (5,96) dans le site R_R (*Retama raetam* re-semé). Ceci est probablement dû à l'importance des taux de recouvrement de certaines espèces pérennes dont l'indice de palatabilité est supérieur ou égal à 3. La faible valeur pastorale dans le site mis en repos (4.18) est due à la diminution de taux de recouvrement et la faible fréquence spécifique des espèces de haute valeur pastorale. Du même au printemps la valeur pastorale tend à augmenter dans le site réhabilité (R_R = 10.87), donc en plus des espèces pérennes palatables, l'apparition des espèces annuelles très palatables augmente la valeur pastorale dans les sites mis en repos et réhabilités. La légère augmentation de la valeur pastorale dans le site de témoin s'explique par l'apparition de quelques espèces annuelles palatables (IS ≥ 3).

Les résultats de l'analyse de la variance ont pu mettre en évidence un effet hautement significatif du mode de gestion sur la variation de la valeur pastorale seulement au printemps (p = 0.004). Les résultats de la variation de la valeur pastorale en fonction du mode de gestion sont représentés dans la figure 6.

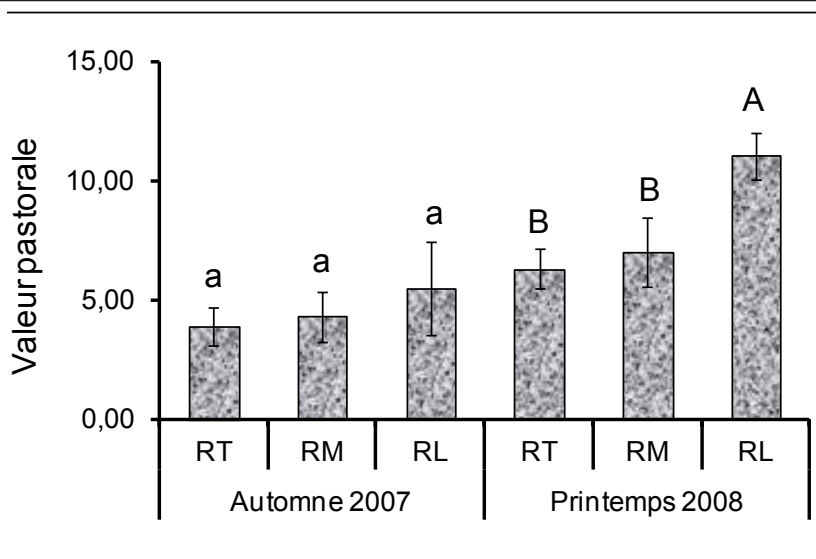


Figure 6. Variation saisonnière de la valeur pastorale sous l'effet des modes de gestion (R_T : *Retama raetam* témoin, R_M : *R. raetam* mis en repos, R_R : *R. raetam* re-semé) (a, b : indiquent la différence de la valeur pastorale en automne selon le test de Duncan au seuil de 5% ; A, B : indiquent la différence de la valeur pastorale au printemps selon le test de Duncan au seuil de 5%).

D'après ces résultats, on peut conclure que la valeur pastorale du parcours saharien à base de *Retama raetam* n'a pas montré une variation significative en fonction du mode de gestion en automne et ce en raison du faible taux de recouvrement des espèces palatables particulièrement dans le site témoin, soumis à une exploitation continue. Par contre au printemps 2008, la valeur pastorale a été plus élevée au niveau des sites ayant bénéficié d'une amélioration et surtout d'une réhabilitation. Les espèces les plus répandues telles que : *Helianthemum kahiricum*, *Helianthemum sessiliflorum*, *Argyrolobium uniflorum* *Gymnocarpus decander* et *Stipagrostis pungens* présentent un taux de recouvrement important aussi bien dans les sites mis en repos que dans les sites

réhabilités d'où une contribution spécifique très importante permettant une plus importante valeur pastorale. D'après Floret et Pontanier (1982), l'augmentation du taux de recouvrement végétal de la steppe ne signifie pas une augmentation proportionnelle de sa valeur pastorale mais il existe ainsi une corrélation positive entre la valeur pastorale et la quantité des pluies précipitées (Ouled Sidi Mohamed, 2003). Gamoun et al., (2012) ont conclu que les faibles valeurs obtenues dans certains sites peuvent être expliquées par l'abondance des espèces à faible valeur pastorale, la diminution du taux de recouvrement global et par la fragilité du milieu édaphique sous l'effet de la charge animale. Tarhouni (2008) a signalé qu'au niveau des steppes à *Stipagrostis pungens* (IS = 3), lorsque

la perturbation n'est pas prolongée, on ne peut pas remarquer de différences au niveau de la valeur pastorale. La fragilité du milieu édaphique sous l'action des pressions anthropiques aboutit à la raréfaction voire la disparition des meilleurs espèces pastorales au profit des mauvaises espèces qui présentent un indice de palatabilité très faible (Gamoun et al., 2011).

4-CONCLUSION

Les principaux résultats obtenus à l'issue de cette étude, sont très encourageants et montrent que tous les indicateurs dépendent étroitement des variations climatiques saisonnières et sont toujours plus importants au printemps. L'utilisation des techniques de

restauration et de réhabilitation, même de courte durée, semble bénéfique pour les différents descripteurs du couvert végétal du parcours saharien à base de *Retama raetam*.

La réhabilitation des parcours sahariens est dans ses débuts. Il est ainsi nécessaire de multiplier les stations d'observation et les paramètres d'étude afin de préciser l'impact de ces essais de réhabilitation sur la régénération de ce qui reste du cortège floristique des zones pastorales dégradées. Les efforts doivent aussi se multiplier par l'utilisation d'autres espèces et techniques permettant la conservation de la biodiversité et l'amélioration de la productivité de ces parcours sahariens collectifs et donc leur exploitation durable.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aronson J, Floret Ch, Le Floch E, Ovalle C, Pontanier R. (1993) : Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. II. Case studies in southern Tunisia, Central Chile and northern Cameroon. *Restoration Ecology* 1 (3): 168-187.
- Attia, W., Tarhouni, M., Ouled Belgacem, A., Gammar, O., & Khatteli, H. (2013). Vegetation dynamics under variable conditions in the famous sandy steppe of southern Tunisia. *African Journal of Ecology*, 53(1), 16-24.
- Barbault, R. (1995). Biodiversity dynamics: from population and community ecology approaches to a landscape ecology point of view. *Landscape and urban planning*, 31(1-3), 89-98.
- Belhadj N. et Ouled Belgacem A., (2001). Rôle de Parc National de Jbil dans conservation de la diversité biologique végétale dans les zones Sahariennes tunisienne (Doc. En langue Arabe). Acte du 2^{ème} Congrès Arabe ; Rôle de la recherche scientifique dans la conservation de la Biodiversité Médenine (Octobre 2001) *Revue des régions arides*. 287-291
- Ben Abdellatif, M., Neffati, M., Ouled Belgacem. (2016). Restoration and rehabilitation of degraded Saharan communal rangelands in southern Tunisia. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 25(6), 1167-1172
- Bendali F. (1987). Dynamique de la végétation et mobilité du sable en Jeffara tunisienne. Thèse doctorat, université des sciences et techniques du Languedoc (USTL), Montpellier

- Chaieb M., (1989). Influence des réserves hydriques du sol sur le comportement comparé de quelques espèces végétales de la zone aride tunisienne. Doct. USTL, Acad. Montpellier, 293p.
- Daget (1976), Les modèles mathématiques en écologie. Masson, *Collection d'écologie* ; 8 Paris. 172 p.
- Daget, P., et Godron, M. (1995). Pastoralisme. *Troupeaux, espaces et sociétés*, Ed Université Francophone. 510p.
- Daget P. et Poissonet J., (1971). Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application. *Annales Agronomiques*, 1971 ; 22 : 5-41.
- Ferchichi, A. (1996). Essai de fixation biologique des dunes en Tunisie présaharienne. La lutte contre l'ensablement et pour la stabilisation des dunes, *Actes du séminaire-atelier organisé conjointement par l'organisation islamique pour l'éducation, les Sciences et la culture (ISESCO) et L'Agence de la Francophonie*, 165-174.
- Ferchichi, A., et Abdelkebir, S. (2003). Impact de la mise en défens sur la régénération et la richesse floristique des parcours en milieu aride tunisien. *Science et changements planétaires/ Sécheresse*, 14 (3), 181-187.
- Floret C, Pontanier R., 1982. L'aridité en Tunisie présaharienne : climat, sol, végétation et Aménagement. Travaux et documents de l'ORSTOM. Paris : Orstom, 1982 ; 543 p.
- Floret, C., et Pontanier, R. (1984). Aridité climatique, aridité édaphique. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*, 131(2-4), 265-275.
- Gamoun, M., Chaieb, M., et Ouled Belgacem, A. (2010). Evolution des caractéristiques écologiques le long d'un gradient de dégradation édaphique dans les parcours du Sud Tunisien. *Ecol Medit*, 36, 5-16.
- Gamoun, M., Tarhouni, M., Ouled Belgacem, A., Neffati, M., et Hanchi, B. (2011). Response of different arid rangelands to protection and drought. *Arid Land Research and Management*, 25(4), 372-378.
- Gamoun M., Ouled Belgacem A., Hanchi B., Neffati M., et Gillet F. (2012). Effet du pâturage sur la diversité floristique des parcours arides du sud tunisien. *Rev. Écol. (Terre Vie)*, vol. 67
- Gamoun, M., Patton, B., & Hanchi, B. (2015). Assessment of vegetation response to grazing management in arid rangelands of southern Tunisia. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11(2), 106-113.
- Gondard H., Jauffret S., Aronson J. et Lavorel S., (2003). Plant functional types: a promising tool for management and restoration of degraded lands. *Applied Vegetation Science*, 6: 223-234.
- Groga, N. (2012). Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 224 pages.
-

- Jauffret S., 2001. Validation et comparaison de divers indicateurs des changements à long terme dans les écosystèmes méditerranéens arides : Application au suivi de la désertification dans le sud tunisien. Thèse de doctorat. Université de droit, d'économie et des sciences d'Aix-Marseille. 360p.
- Jauffret, 2003 Jauffret, S., et Lavorel, S. (2003). Are plant functional types relevant to describe degradation in arid, southern Tunisian steppes? *Journal of Vegetation Science*, 14(3) : 399-408.
- Kinloch, J. E., & Friedel, M. H. (2005). Soil seed reserves in arid grazing lands of central Australia. Part 1: seed bank and vegetation dynamics. *Journal of Arid Environments*, 60(1), 133-161.
- Le Floc'h E., Neffati M., Chaieb M., Floret Ch. & Pontanier R., (1999). Rehabilitation Experiment at Menzel Habib, Southern Tunisia. *Arid soil Research and Rehabilitation*, 13 : 357-368.
- Le Houérou H.N., (1969). La végétation de la Tunisie steppique (avec référence au Maroc, à l'Algérie et à la Libye). *Annales de L'INRAT- Tunisie*. Vol.42.
- Le Houérou H.N. (1992). Relations entre variabilité des précipitations et celle des productions primaire et secondaire en zone aride. L'aridité, une contrainte au développement. Editions ORSTOM, Paris : 197-220.
- Magurran, A. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Oxford, RU: Blackwell Publishing. November 2003, Wiley-Blackwell: 264 pages
- Mayrand, F. (2012). Modélisation du fonctionnement hydrologique du sol et de la biodiversité des communautés végétales. Application à l'analyse de la performance écologique d'un aménagement paysager autoroutier. Thèse de doctorat, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro. Paris. Tech) : 243p.
- Metzger, K. L., Coughenour, M. B., Reich, R. M., & Boone, R. B. (2005). Effects of seasonal grazing on plant species diversity and vegetation structure in a semi-arid ecosystem. *Journal of Arid Environments*, 61(1) : 147-160.
- Neffati M., (1994). Caractérisation morphologique de certaines espèces végétales nord-africaines, implication pour l'amélioration pastorale. Thèse Doct., Univ. Gent, Belgique, 242 p.
- Neffati, M., Behaeghe, T., Akrimi, N., & Le Floc'h, E. (1996). Viabilité des semences de quelques espèces pastorales steppiques tunisiennes en rapport avec les conditions de leur conservation. *Ecologia mediterranea*, 22(1-2), 39-50.
- Ould Sidi Mohamed Y., (2003). Biodiversité et suivi de la dynamique des phytocénoses en Tunisie présaharienne : Cas des observatoires de Sidi Toui et de Oued Dekouk. Thèse de doc., FST : 175 p + annexes.
- Ouled Belgacem A., 2006. Statut écologique, performances biologiques et aptitude à l'installation de *Stipa lagascae* R. & Sch. dans les écosystèmes dégradés des milieux arides tunisiens. Thèse de Doctorat. FSS, 146 p.

- Ouled Belgacem A., Neffati M. 1996. Etude de la dynamique de la végétation en milieu saharien. *Revue des Régions Arides*, Numéro spécial. ISSN 0330 - 7956. pp: 252-257.
- Ouled Belgacem A., Louhaichi M. (2013). The vulnerability of native rangeland plant species to global climate change in the West Asia and North African regions. *Climatic Change* 119 : 451–463.
- Ouled Belgacem A., Chaieb M., Neffati M., Tiedeman J. (2006). Response of *Stipa lagascae* R. & Sch. to protection under arid condition of southern Tunisia. *Pakistan Journal of Biological Science*. 9: 465-469.
- Ouled Belgacem A., Tarhouni, M., Louhaichi M. 2013. Effect of protection on plant community dynamics in the Mediterranean arid zone of southern Tunisia: a case study from Bouhedma national park. *Land Degradation & Development*, 24: 57–62.
- Tarhouni M., 2008. Indicateurs de biodiversité et dynamique du couvert végétal naturel en zone aride tunisienne sous différentes contraintes et perturbations : cas des parcours collectifs d'El-Ouara. Thèse de doc., FST : 164 p + annexes.
- Tarhouni M., Ouled Belgacem A., Neffati M. et Henchi B. 2007. Qualification of rangeland degradation using plant life history strategies around watering points in southern Tunisia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10 (8): 1229-1235.
- Tarhouni, M., Hmida, W. B., & Neffati, M. (2014). Caractérisation du couvert végétal naturel à l'extérieur et à l'intérieur du parc national de Sidi Toui, zone aride de la Tunisie. *Ecologia mediterranea: Revue internationale d'écologie méditerranéenne*, 40(2), 41-52.
- Visser M. (2001). Produire des semences autochtones pour réhabiliter des terres dégradées : le cas de *Stipa lagascae* R. & Sch. en Tunisie présaharienne. Thèse de Doctorat. University of Ghent : 374 p.

**Ecologie d'une population de Fouette queue d'Afrique du Nord
"Uromastix acanthinurus" à Béni Khédache, Tunisie :**

Habitat, dimorphisme sexuel et régime alimentaire

KECHNEBBOU M.^{1,3}, CHAMMEM M.², JARRAY M.²

& KARSSENE Y.³

¹Département des SV, Faculté des Sciences de Gabes, 6072 Zrig, Gabes, Tunisia

²Laboratoire d'Élevage et de la Faune Sauvage, Institut des Régions Arides de Médénine, Route Djorf km 22, Medenine, Tunisia

³Département de Biologie, Faculté des Sciences de Tunis, Université de Tunis El-Manar, 2092, Tunisia

ملخص :

يهدف هذا العمل إلى تقديم لمحة عن بيئة الضب وسلوكياته في منطقة بني خدّاش. لبلوغ هذا الهدف استند العمل على عدة معطيات وعينات متعلقة بالحيوان والتربة والأنسجة النباتية تم جمعها على الميدان سنة 2012 و2014. خضعت العينات إلى تحاليل مخبرية وجغرافية وإحصائية باستعمال الوسائل والبرمجيات الملائمة. بينت النتائج أن الضب يحتمي في جحور يبنها بنفسه في تربة هشة وثابتة وتكون عادة مغطاة بصخر وتتميز بفتوحات منعطفة نحو الجنوب والجنوب الغربي. استعمال برمجية ArcView لرسم خريطة التوزيع المكاني للجحور المستوطنة أوضح أن الضب يعيش في شكل مجموعات متفاوتة العدد. يعتمد الضب أساساً على النباتات التي تنمو في البيئة التي يعيش فيها. كما يتغذى أيضاً على عدة حشرات. الذكر أكبر حجماً وأثقل وزناً من الأنثى ويتميز بطول جسمه وذيله (Wilks' $\lambda = 0,3963$, $F_{5,17} = 5,18$, $P = 0,0045$). تبين من خلال المراقبة اليومية لتصرفات الضب أنه ملازم لجحره إلا أنه يبتعد عنه من حين إلى آخر للقيام ببعض الأنشطة لاسيما عندما تفوق درجة الحرارة 26 درجة.

الكلمات المفتاحية : الضب، المسكن، التصوير المجهرى للخصائص التشريحية للنباتات خصائص مرفولوجية، الكلاء، منطقة بني خدّاش

RÉSUMÉ:

Le Fouette queue d'Afrique du Nord (*Uromastix acanthinurus*) est l'unique espèce représentant le genre *Uromastix* en Tunisie. Les données disponibles dans la littérature sur cette espèce se révèlent rares, éparées et très fragmentaires. Le présent travail se propose ainsi d'améliorer les connaissances scientifiques relatives à l'espèce en question dans le but d'assurer sa viabilité à long terme. Il s'agit notamment, de fournir un aperçu sur la biologie, l'écologie et l'éthologie de l'*Uromastix acanthinurus* dans la région de Béni Khadéche. La réalisation de ce travail s'est appuyée sur des données recueillies sur le terrain en 2012 et 2014 ainsi que sur les analyses du sol et la microhistologie des végétaux, réalisées au laboratoire. L'exploitation d'outils d'analyses statistiques et spatiales appropriés ont été aussi nécessaires. Les résultats montrent que le Fouette-queue montre une préférence aux directions Sud et Sud-Ouest pour orienter les ouvertures de son terrier. Les analyses spatiales moyennent le logiciel ArcView ont permis l'élaboration de la carte de distribution spatiale des

terriers occupés. Ce squamate n'est pas répandu d'une façon homogène dans les zones prospectées. Les investigations ont montré que l'animal préfère gratter pour creuser son terrier sur les substrats à la fois meubles et stables. Les études du régime alimentaire ont mis en évidence qu'il s'agit d'une espèce omnivore opportuniste. On a enregistré aussi que le male est plus lourd et plus grand que la femelle (Wilks' $\lambda = 0.3963$, $F_{5, 17} = 5.18$, $P = 0.0045$). Les principaux résultats obtenus permettent d'enrichir la base de données sur l'espèce et peuvent véritablement fournir des points de départ d'autres travaux plus détaillés.

Mots clés: Fouette-queue, habitat, microhistologie, morphométrie, régime alimentaire, Béni khédache

SUMMARY

The North African Mastigure (*Uromastyx acanthinurus*) is the only species of the genus *Uromastyx* known to occur in Tunisia. However, the analysis of the available literature on this reptilian taxa reveals that it remains poorly understood and little studied. The present work is to provide an overview of the biology, ecology and ethology of *Uromastyx acanthinurus* in the region of Beni Khadéche in south eastern Tunisia. This work was based on data collected in the field in 2012 and 2014. In addition, soil and microhistology of plant analyzes, were also conducted in the laboratory. The use of statistical and spatial analysis tools were found relevant also necessary. The results show that the Spiny-tailed prefers South South-West directions to build its burrow. This Squamate is not homogeneously distributed in the studied areas. Our investigations also showed that this animal prefers to dig its burrow on the loose and stable substrates. Study of the diet showed that it is an opportunistic omnivore species. Hence we expect that results obtained could serve as a foundation for later studies and may also offer opportunities for a good management of this species in Tunisia.

Key words: Spiny-tailed, habitat, microhistologie, biometric measurements, diet, Béni khédache

1-INTRODUCTION

Le Fouette queue du genre '*Uromastix*' occupe les zones désertiques et arides qui s'étendent sur le Nord de l'Afrique, le Moyen Orient, l'Irak, l'Iran, le Sud de l'Afghanistan et le Pakistan (Bell, 1825; Le Berre, 1989 ; Nourira, 1996; Gusten et *al.*, 2003; Wilms et *al.*, 2008) situées entre 5° et 35°N. Ce reptile vit seul dans un terrier qu'il creuse sous une dalle de rocher dans les Regs et les éboulis pierreux situés sur les versants rocheux des djebels (Nourira et *al.*, 1993 ; Peyre, 2006). Le terrier d'où sort l'*Uromastix* pour s'alimenter, se relaxer sur une grosse roche et prendre un bain de soleil est formé par une galerie creusée qui ne dispose que d'une seule entrée (Wilms et *al.*, 2009). Ce terrier est utilisé par cet animal comme étant un site de refuge, de ponte et d'hibernation hivernale (Bouskila 1986 ; Kamar and Hussein 2001). Les plantes constituent la ressource principale du régime alimentaire pour le genre *Uromastix*. La revue de la littérature révèle que ce taxon peut consommer jusqu'à 45 espèces végétales différentes. Les variétés les plus appréciées sont les composées, les crucifères, les papilionacées, les graminées, les ombellifères, les salsolacées (Dubuis et *al.*, 1971; Grenot, 1976; Sayed et *al.*, 2004; Wilms et *al.*, 2009). Rezig, (1999), Bartlett, (2003) et Savey, (2009) rapportent que son régime alimentaire est à la fois insectivore et herbivore. Selon Rezig (1999), les adultes sont végétariens et préfèrent les Chénopodiacées alors que les jeunes préfèrent les insectes comme les grillons, les sauterelles et les fourmis. Des analyses micrographiques révèlent la

présence des fragments de divers plantes et insectes dans les matières fécales de différentes classes d'âge (Wilms, 2007).

Le Fouette queue d'Afrique du Nord est l'unique espèce du genre *Uromastix* présente en Tunisie (Wilms and Bohme, 2001). Il s'agit d'une espèce très commune ayant une valeur patrimoniale considérable dans les écosystèmes montagneux du centre et du sud tunisiens. Toutefois, il est à souligner que cette espèce est fortement persécutée parce qu'on lui prêtait des "vertus curatives et thérapeutiques". Elle est aussi exploitée dans le secteur du tourisme, notamment au fil des routes touristiques où des spécimens vivants et/ou empaillés sont souvent exposés aux touristes. La revue de la littérature révèle que cette espèce est mal connue en Tunisie et elle n'est mentionnée que dans le cadre d'études sur la diversité de la faune herpétologique tunisienne réalisées par Nourira (1996) et Rezig (1999). Ces auteurs rapportent que cette espèce a été trouvée dans plusieurs sites de la Tunisie méridionale en l'occurrence Bouhedma, Tamerza, Midès, Ain Tounine, Béni Zeltène, Djbel Zemlet, Borj Bourguiba, Remada et Dhibet.

Les objectifs de ce travail consistent à améliorer les connaissances relatives au fouette-queue et à son mode de vie. En particulier, on met l'accent sur les principales traits morphométriques et alimentaires de ses populations, les caractéristiques de ses habitats de prédilection et l'orientation de ses terriers.

2-MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1- Zone d'étude

La zone de l'étude s'étend sur 587 Km² dans la région de Béni Khédache (33,0981 à 33,3254° N et 10,0546 à 10,3073° E; datum = WGS84). En fait, il est communément connu que cette région dispose d'habitats adéquats pour le Fouette-queue. Situé à 30 km à l'ouest de Médenine, Béni Khédache appartient aux monts de Matmata et elle se situe entre la région naturelle de Djefara et le bassin du grand Erg Oriental. La zone de l'étude se caractérise par un climat irrégulier (Floret et Pontanier, 1982; Ouassar et al., 2006). La moyenne des précipitations est de 230 mm/an mais elles oscillent entre 90 et 700 mm/an (Abichou, 2005). Le régime thermique est caractérisé par des températures élevées en été où la température moyenne atteint 38°C. La zone est soumise à deux régimes de vents dominants à savoir : le vent du secteur Nord, Nord-Est à Est, en provenance de la côte et le vent du secteur Sud, Sud-Ouest à Ouest, en provenance du Bassin du Grand Erg Oriental (Sghaier, 2006). La formation végétale est de type steppique et clairsemé. Elle est riche et composée d'une steppe à sparte (*Lygeum spartum*) associée à l'alfa (*Stipa tenacissima*) et au romarin (*Rosmarinus officinalis*) et des vestiges d'une ancienne forêt à Genévrier (*Juniperus phoenicea*). L'Armoise blanche (*Artemisia herba-alba*) et l'Armoise champêtre (*Artemisia campestris*) occupent les piémonts des djebels (Chaieb et Boukhris, 1998). En outre, la région de Beni khédache qui culmine à environ 700 m d'altitude abrite un nombre assez important d'espèces reptiliennes

continentales tels que *Varanus griseus*, *Mabuya vittata*, *Acanthodactylus boskianus*, *Psammodromus algirus* and *Chamaeleo chamaeleon* (Blanc, 1986; Nouira, 1996)

2.2- Collecte des données de terrain

2.2.1- Données relatives à l'habitat

Les travaux d'investigation ont duré trois mois et demi, de mi-février jusqu'à fin mai. Cette période coïncide avec la période post-hibernation et de reproduction de cette espèce. L'investigation exhaustive étant difficile, un échantillonnage basé sur un découpage administratif (Ksar Hallouf-Elberzalia, Cheabet Mohra-elkewater-El modhar, Edawraa-ksar Jra, Twilbouaryan-El fjj, Bhaira-Dkilet stout, Oued-Elkhil, ksar khrachfa-Khmiss, Echwamak, Ezoui-Elguilain, Edder & Moguera) a été adopté. L'investigation a consisté à la recherche des terriers de l'espèce. Chaque terrier détecté est localisé par des coordonnées géographiques de latitude et de longitude, fournies par un GPS (Global Positioning System). Une boussole a servi pour la détermination des orientations des ouvertures des terriers.

Une analyse de la texture du sol où le Fouette-queue aime vivre, a été effectuée au Laboratoire par la méthode de pipette de Robinson. Pour ce faire, dix échantillons de sols prélevés à partir des terriers occupés ont été prélevés. Ces échantillons ont été comparés à trois échantillons de sol, considérés comme témoins, pris au hasard à partir de sites non occupés.

2.2.2. Données relatives à l'animal : répartition spatiale, morphométrie et régime alimentaire

Une carte de répartition spatiale du fouette-queue a été élaborée grâce au Système d'Information Géographique (GIS, ArcView 3.3). Ce logiciel a aussi servi pour déterminer les distances de chaque terrier par rapport à la route goudronnée et la piste les plus proches. Par ailleurs, des captures aux filets ont été adoptées. Les individus capturés sont par la suite pesés, sexés et mesurés. Les mesures ont concerné la longueur totale, la longueur de la queue, la longueur et la largeur de la tête, les longueurs des membres antérieurs et postérieurs. Quant à la collecte des données sur le régime alimentaire, des observations directes avec une paire de jumelles et un télescope ont été réalisées sur quelques individus repérés. Les fragments de plantes transportés dans les terriers ont servi de support pour déterminer une partie du régime alimentaire de ce lézard. Par ailleurs, des échantillons de matières fécales collectés près des terriers ont fait l'objet d'une analyse micro-histologique selon la méthode décrite par Clark (1977), Alipayo et al., (1992) et Van Lieverloo et al., (2009).

2.2.3. Eco-éthologie du fouette-queue et suivi de ses activités journalières

Le suivi du comportement du Fouette queue a été réalisé dans la région de Ksar Hallouf où une population assez dense a été suivie. Cet animal est si farouche pour surveiller à l'aide d'un télescope ses comportements à une distance de 200m avec beaucoup de calme et de patience. Ces suivis ont été effectués pendant trois jours successifs (du 12

au 14 mai 2012) à raison de 12h30min/jour (de 6h à 18h30 min). Nous avons aussi enregistré la température ambiante et l'humidité de l'air avec un Hygrothermomètre portatif.

2.3- Les analyses statistiques

Le logiciel « ORIANA Software » (Kovach Computing Services) a été utilisé pour analyser les orientations préférées des entrées de terrier pour le Fouette-queue. Les résultats de ce logiciel ont été illustrés par des graphiques (diagramme en rose) visualisant les angles préférés avec leurs intervalles de confiance. Le test de Rayleigh (Batschelet, 1965; Mardia, 1972 ; Zar, 1974) a été utilisé pour vérifier si la distribution circulaire étudiée est aléatoire ou non, alors que le V Test (Zar, 1999) a servi pour déterminer une direction particulière prédite.

Le test statistique « χ^2 de conformité » a été utilisé pour vérifier le degré d'ajustement avec les valeurs théoriques de 50% males et 50% femelles.

3- RÉSULTATS

3.1-Répartition spatiale des terriers et caractéristiques de l'habitat

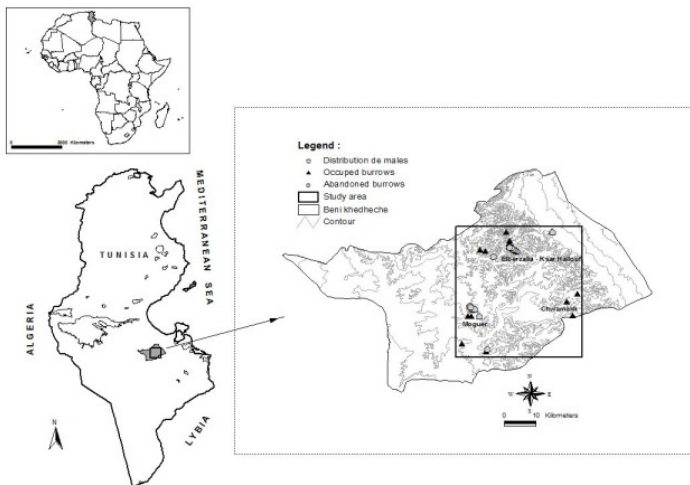


Figure 1. Carte de la répartition spatiale des terriers d'*Uromastix acanthinurus* dans la région de Béni khédache

Les résultats des investigations ont permis de localiser 70 terriers occupés (figure 1). Cette répartition ne paraît pas globalement assez homogène. En fait, le nombre de terriers est assez élevé dans certaines régions et beaucoup plus rare dans d'autres. Le secteur de Ksar hallouf-Elberzalia renferme la plus forte densité de terriers occupés. D'autres secteurs tels que Chwamakh et Ksar El kharachfa ne comptent que très peu de terriers occupés.

Les résultats des analyses granulométriques effectuées sur dix échantillons de sol, dont trois pris de sites non occupés, montrent que le type du sol, notamment la texture, n'a pas d'influence véritable sur le choix de l'habitat. Il semble a priori que seule la structure du sol, en particulier l'intensité d'agrégation des particules ait un effet sur la sélection du type d'habitat par ce squamate. En effet,

lors de nos investigations on a remarqué que l'animal préfère gratter pour creuser son terrier sur les substrats à la fois meubles et stables. Il semble, pour des raisons de terrassement et de drainage que les terriers sont creusés préférentiellement au niveau d'une rupture de pente (Talus). Par ailleurs, il convient de noter qu'environ 11,48% des terriers observés sont creusés directement dans le sable sans qu'ils soient, toutefois, protégés par des rochers. Même les individus repérés sous une dalle de roche (Nouira et *al.*, 1993 ; Peyre, 2006), il s'est avéré qu'ils ont profité du substrat meuble qui s'intercale entre les roches dures pour creuser leur terriers.

Il est à noter que la quasi-totalité des terriers présentent des orientations entre le Sud et le Sud-Ouest. Ce résultat a été confirmé par les résultats d'ORIANA montrant que la plupart des déviations

sont vers le Sud-est et le Sud-ouest (figure 2). Cette figure montre aussi que 95% des terriers rencontrés ont une direction moyenne de 219,46 (Rayleigh test: $n=70$, $Z=35,88$, $P< 1E-12$; V Test: direction moyenne $\Theta =219,46$, $U_{calculé} = -6,54$, $P< 0,01$).

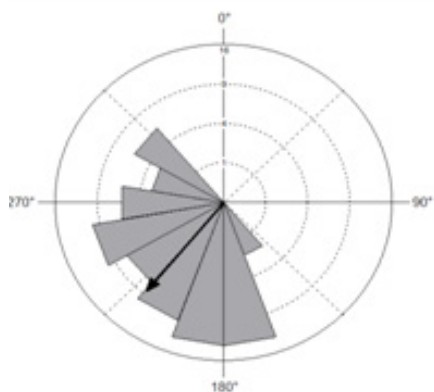


Figure 2 : Diagramme en rose représentant la distribution des orientations des ouvertures des terriers du Fouette-queue

3.2- Dimorphisme sexuel et la sex-ratio

Au total 64 individus ont été capturés dont 26 mâles et 38 femelles, ce qui a donné une sex-ratio de 0,684. Le test statistique « χ^2 de conformité» ($\chi^2 =2,063$; $df =1$, $P<0,001$) montre aussi un biais de la sex-ratio en faveur des femelles. Quant aux différences morphométriques, la couleur peut être un bon indicateur. Les mâles ont une couleur plus foncée et une tête triangulaire très sombre. Leur corps se distingue aussi par la présence de motifs arrondis avec un fond noir et contour blanc. Quant aux femelles, elles sont de couleurs grises à jaunâtres et tachetées de petits points noirs. Les pores fémoraux sont également plus développés et visibles

chez les mâles. En outre, les résultats de la MANOVA ont mis en évidence des différences significatives globales entre les deux sexes (Wilks' $\lambda = 0,3963$, $F_{5, 17} = 5,18$, $P= 0,0045$), avec des mâles notablement plus grands que les femelles. Les ANOVAs séparés ont montré que toutes les mesures prises (poids, longueur de la tête, longueur de l'abdomen et longueur de la queue) sont en faveur des mâles (Tableau 3 et figure 20). Les valeurs enregistrées ont été respectivement de $483,75\pm 11,98g$, $37\pm 1cm$, $6\pm 0,21cm$, $16,187\pm 0,706cm$ et $14,812\pm 0,297cm$, chez les mâles et de $294,33\pm 30,709g$, $29,6\pm 1,198cm$, $4,6\pm 0,208cm$, $13,466\pm 0,618cm$ et $11,933\pm 0,52cm$ chez les femelles. Notons aussi que la queue représente 40% de la longueur totale. Globalement, on peut conclure que ces résultats sont comparables à ceux relatés dans la littérature, en particulier concernant la valeur de la longueur totale de l'animal qui varie entre 25 et 50 cm selon Wilms et Böhme (2007).

3.3- Etude du régime alimentaire et la micrographie des épidermes

A propos de l'identification des espèces végétales consommées par le Fouette-queue, la comparaison des fragments épidermiques isolés à partir de la matière fécale avec un catalogue de références, renfermant la quasi-totalité des cellules épidermiques des espèces végétales rencontrées dans les habitats du Fouette-queue, a permis de déduire que le régime alimentaire de ce lézard est très varié. En effet, au moins 9 types de fragments d'espèces végétales distinctes à savoir *Anacyclus clavatus*, *Stipa capensis*, *Enarthrocarpus clavatus*, *Matthiola*

longipetala, *Launaea quercifolia*, *Lobularia lybica*, *Linaria aegyptiaca*, *Fagonia cretica*, *Launaea resedifolia* ont été identifiées. Ces plantes consommées appartiennent à des familles variées. La plupart d'entre elles sont tendres permettant ainsi de satisfaire les besoins de ce lézard en eau. L'évaluation quantitative de la composante végétale du régime alimentaire du Fouette-queue effectuée sur la base de la proportion de fragments identifiés par rapport au nombre total de fragments observés dans les lames analysés de six individus a montré que ce lézard semble avoir une grande affinité à l'*Anacyclus clavatus* et à moindre degré, au *Launaea resedifolia* qui représentent 55% et 20%, respectivement. Cependant, chacune des sept autres espèces végétales ne dépasse pas 5%. Les analyses des fèces ont aussi mis en évidence la présence de fragments d'insectes. Ceci est un indice indiquant que le Fouette-queue pourrait se nourrir des animaux. La diversité dans le régime alimentaire du Fouette-queue suggère un caractère opportuniste et probablement généraliste de cette espèce.

3.4- Eco-éthologie du fouette-queue et suivi de ses activités journalières

Les prospections effectuées pendant la période post-hibernation qui s'étend de mars à mai, montre que la sortie du Fouette-queue est sporadique même en journées chaudes. S'agit-il d'une espèce diurne, ce n'est qu'après le levé du soleil que cette espèce pourrait être observée. La surveillance pendant trois jours successifs d'un mâle et d'une femelle préalablement repérés, montre que ces deux individus ne quittent leurs terriers que lorsque la température de la journée

atteint 26°C et ils n'y reviennent que vers 18 h quand la température descend, à priori, à 25°C. Une fois ils sortent de leurs terriers, ils s'exposent au soleil en se mettant sur des pierres qui protègent leurs terriers ou à leurs terrasses. Le mâle, peut s'éloigner jusqu'à 150 m de son terrier. Par contre la femelle reste tout le temps aux environs très proches de son terrier. Ce comportement de vigilance chez la femelle pourrait être expliqué par la présence d'œufs ou de jeunes dans le terrier. Soulignons que le fouette-queue ne possède pas un seul terrier mais il utilise, en cas de besoins, d'autres terriers pour le refuge, l'alimentation et pour se protéger des prédateurs. Le comportement alimentaire a été aussi clairement noté. D'ailleurs, nous avons eu l'occasion de confirmer, via des observations à l'œil nu, que l'animal se nourrit d'*Artemisia herba-alba*, de *Fagonia cretica*, de *Stipa capensis* et de *Diploaxis harra*.

À l'instar de la quasi-totalité des lézards, '*Uromastix acanthinurus*' est une espèce ovipare. Ses œufs mesurent de 3 à 4 cm et ils sont plus ou moins allongés avec des enveloppes moues, très fines, fragiles et non calcifiées. La récupération de 18 œufs issus d'une femelle, en fin du mois de mai 2012 suggère que l'émergence des jeunes aura lieu en mois de juin; coïncidant ainsi avec la période de fin du printemps début été tel que signalé par (Nouira, 1996; Rezig, 1999).

4-DISCUSSIONS

Notre étude a porté sur divers aspects relatifs à l'*Uromastix acanthinurus* dans le sud tunisien. En particulier, des connaissances concernant les caractéristiques de l'habitat, de l'occupation spa-

tiale, de l'orientation des ouvertures des terriers, du sexe ratio, du dimorphisme sexuel, du régime alimentaire et du comportement journalier ont été clarifiées. Les résultats révèlent que ce squamate n'est pas répandu d'une façon homogène dans toute la zone prospectée. Le nombre de terriers est assez élevé dans certaines régions et beaucoup plus rare dans d'autres. La zone culminante à plus de 600 m renferme la forte densité de terrier. En fait, ces endroits sont inaccessibles et moins susceptibles aux dérangements humains. De plus, il paraît que cette espèce cherche à creuser ses terriers dans les regs et les éboulis rocheux. Les analyses du sol montrent que cet animal choisit les substrats à la fois meubles et stables, à priori, pour des raisons de terrassement et de drainage. Ces résultats corroborent ceux de Bouskila (1986) et Wilms et al., (2009) concernant le type de sol préféré par *Uromastyx aegyptia* au near Hazeva, Arava et par *Uromastyx aegyptia microlepis* en Arabie Saoudite. Wilms et al., (2009) rapportent que la préférence à ce type du sol meuble et stable est dictée essentiellement par leur caractéristique physique permettant à ce lézard de creuser facilement son terrier. En ce qui concerne l'orientation des ouvertures des terriers, les analyses moyennant le logiciel 'ORIANA' révèlent que ce lézard préconise une direction moyenne de 219,46° pour construire son habitat. Une telle orientation permet à ce lézard de s'exposer au maximum aux forts rayonnements solaires de la journée et aux vents chauds (sirocco) en provenance du secteur SW (Sghaier, 2006; Ouassar, 2007). En fait, cet animal ectotherme a besoin de la chaleur externe pour la régulation de sa tempé-

rature corporelle et pour accomplir les différentes activités de son cycle vital. Ces résultats sont comparables avec ceux de Cunningham (2001) et Wilms et al., (2009) pour l'*Uromastyx aegyptia microlepis* aux Emirats Arabes Unis et en Arabie Saoudite. Dans ce contexte, Cunningham (2001), suggère que cette orientation permet le réchauffement les terriers rapidement et de manière plus efficace, notamment pendant l'hiver. Quant aux Bouskila (1986) et Al-Ogily et Hussain (1983), ils rapportent que la plupart des terriers sont dirigés vers le Nord-est.

Les mesures morphométriques effectuées sur 64 individus, ont permis de distinguer entre les deux sexes à travers la taille et la couleur, les mâles étant plus vigoureux et plus sombres. Bartlet (2003); Gray (1995) Walls (1996); Joel and Berthonneau (2003) et Wilms et al., (2009), montrent aussi que le mâle est de couleur vive et plus sombre que la femelle. Toutes fois, il faut souligner que selon Le Berre (1989), les différences de couleur entre les individus ne correspondent pas forcément au dimorphisme sexuel. Cet auteur, suggère plutôt que la couleur varie plutôt selon l'âge, l'individu, les mœurs et les conditions thermiques. En outre, tous les individus de l'échantillon capturé ont montré que la queue du fouette-queue dans les zones arides tunisiennes est structurée en 17 à 19 rongés de verticilles d'écailles. Cependant, la revue de la littérature révèle que ce nombre peut varier de 16 à 20 pour le fouette-queue d'Afrique du Nord (Trape et al., 2012) et qu'il peut varier entre 17 et 27 pour le genre d'*Uromastyx* (Wilms et Böhme, 2007). Cette

variation peut être liée soit aux conditions de la vie (Losos, 1992; Losos et al., 1998; Beutell et Losos, 1999), soit aux différences génétiques entre les sous espèces.

En ce qui concerne le régime alimentaire, les observations directes, les fragments de plantes transportés aux proximités des terriers et les analyses micro-histologiques montrent que le Fouette-queue d'Afrique du Nord est principalement herbivore et se nourrit principalement des plantes tendres et riches en fibres. Ces espèces qui compensent le manque d'eau dans l'environnement aride a été aussi rapportée par Mandaville (1965) et Jongbloed (1997) pour *Uromastix aegyptia* en Arabie Saoudite et aux Emirats Arabes Unis. En dépit de l'absence de données à propos des parties de la plante appréciée par ce lézard, en se référant à Dubuis et al., (1971), Grenot et Loirat (1976), Al-Ogily et Hussain (1983), Bouskila (1986) et Castilla et al., (2011), il semble que le Fouette-queue d'Afrique du Nord se nourrit de diverses parties (feuilles, fruits, tige, graine et fleurs). Quant aux composants animaux, ils se sont avérés très faible surtout pour les adultes (Highfield et Slimani 1998; Wilms et Böhme 2007). En plus Wilms et al., (2009, 2011) et Castilla et al., (2011), rapportent que le régime alimentaire de ce lézard dépend de la saison.

La découverte d'un nid lors des investigations de terrain en fin du mois de mai, et la durée de leur incubation qui varie entre 6 à 8 semaines (Rezig, 1999) suggèrent que l'accouplement aura lieu en mars-avril. Quoique le nombre d'œufs découverts aient été de 18 œufs, les données sur le nombre moyen d'œufs pondus

par femelle ainsi que la croissance des jeunes sont quasi-absentes et ignorées. La présence de jeunes de petites tailles en avril et mai suggèrent que le poids et la taille du Fouette-queue évoluent lentement et que la maturité sexuelle n'est atteinte qu'un peu tard.

Cette étude a ainsi permis d'améliorer nos connaissances sur cette espèce à forte valeur patrimoniale. Les résultats obtenus, ne montrent pas que l'espèce souffre de problème d'extinction imminent. Toutefois, des mesures de sa conservation doivent être prises, notamment dans un contexte de forte persécution en raison de ses, soit disant, 'vertus thérapeutiques'. Ainsi, nous sommes persuadés que d'autres investigations de grande envergure spatio-temporelle sont nécessaires et pourraient fournir de plus amples détails sur l'espèce et son habitat.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abichou, H. (2005) : La valorisation du patrimoine par les acteurs locaux vecteur d'un développement local durable des zones difficiles. Cas de la région de Béni khédache (Tunisie) 148p.
- Alipayo, D., R. Valdez, L. Holechek, and M. Cardenas (1992) : Evaluation of microhistological analysis for determining diet botanical composition. *Journal of Range Management* 45(2):148–152.
- Al-Ogily, S. M., and A. Hussain (1983) : Studies on the ecology of the Egyptian spiny-tailed lizard, *Uromastix aegyptius* (Forskål, 1775) in the Riyadh region, Saudi Arabia. *Journal of the College of Science King Saud University* 14 (2):341–351.
- Bartlet, R.D. (2003) : Spiny-Tailed Agamids (*Uromastix* and *Xenagama*). Barron's, Hauppauge, NY, USA.
- Batschelet, E. (1965) : Statistical methods for the analysis of problems in animal orientation and certain biological rhythms. Washington, D.C: American Institute of Biological Sciences
- Bell (1825) : *Uromastix acanthinura*. AC22 Doc. 10.2 Annex 6a: 59–63.
- Beutell, K., and J.B Losos. (1999) : Ecological morphology of Caribbean anoles. *Herpetological Monographs* 13:1–28.
- Blanc, C.P. (1986) : Le peuplement en reptile de l'extrême sud Tunisien. *Amphibia-Reptilia* 7: 358–392.
- Bouskila, A. (1986) : Habitat selection in the desert lizard *Uromastix aegyptius* and its relation to the autoecological hypothesis. Pp. 119–128. Vol III A/B in *Environmental Quality and Ecosystem Stability* (Dubinsky, Z., and Y. Steinberger., Eds). Ramat-Gan, Israel: Bar-Ilan University Press.
- Castilla, A.M., R. Richer, A. Herrel, A. Conkey, J. Tribuna, and M. Al-Thani (2011) : First evidence of scavenging behaviour in the herbivorous lizard *Uromastix aegyptia microlepis*. *Journal of Arid Environment* 75: 671–673.
- Chaieb, M., and M. Boukhris (1998) : Flore succincte et illustrée des zones arides et sahariennes de Tunisie. Association pour la protection de la nature et de l'Environnement, Sfax 1998 L'or du Temps, Tunis. 289p.
- Cunningham, P. (2001) : Notes on the diet, survival rate, and burrow specifics of *Uromastix aegyptius microlepis* from the United Arab Emirates. *Asiatic Herpetological Research, Berkeley* 9: 30–33.
- Dubuis, A., L. Faurel, C. Grenot, and R. Vernet (1971) : Sur le régime alimentaire du lizard saharien *Uromastix acanthinurus* Bell. *Académie des Sciences de Paris* 273D: 500-503.

- Floret, C., and R. Pontanier. (1982) : L'aridité en Tunisie présaharienne, ORSTOM, Paris. 544p
- Gray, R.L. (1997) : Spiny-tailed Lizards, Captive Care of the Genus *Uromastix*. Pp. 4-12 in Reptiles Magazine. Fancy publications, USA.
- Grenot, C., and F. Loirat (1976) : L'activité et le comportement thermorégulateur du lézard saharien *Uromastix acanthinurus* Bell. La terre et la vie. *Revue d'Ecologie Appliquée* 27:435–455.
- Gusten, R., U. Joger, and U. Moldrzyk (2003) : Ecology, Faunistics and Conservation in Southern Tunisia. *Kaupia, Darmstadter Beitragezur Naturgeschichte* ISSN 0941–8482.
- Highfield, A.C., and T. Slimani. (1998) : The Spiny-tailed Lizard at home: *Uromastix acanthinurus* in southern Morocco. Guide to keeping reptiles and amphibians. *Reptiles Magazine* 6 (7): 76–87. Irvine, USA.
- Joël., and Berthonneau (2003) : Les sauriens, Nouveaux animaux de compagnie: 242p.
- Jongbloed, M. (1997) : Observations in a Dhub colony. *Tribulus* 7(2): 23–24.
- Kamar, M. S., and K. H. Hussein (2001) : Variations in some haematological parameters and gonadal indices of *Uromastix aegyptius* during hibernation and active periods. *Egyptian Journal of Biology* 3: 81–85
- Le Berre, M. (1989) : Faune du Sahara: Poissons-Amphibiens-Reptiles-Terres Africaines. (Lechevalier- R. Chabaud, ed.) 332p.
- Losos, J.B. (1992) : The evolution of convergent structure in Caribbean Anolis communities. *Systematic Biology* 41:403–420.
- Losos, J.B., T.R Jackman, A. Larson, K. de Queiroz, L. Rodriguez-Schettino (1998) : Contingency and determinism in replicated adaptive radiations of island lizards. *Science* 279:2115–2118.
- Mandaville, J. (1965) : Plants eaten by *Uromastix microlepis* (BLANFORD) and other notes on this lizard in eastern Arabia. *Journal of the Bombay Natural History Society*, Bombay 62 (1): 161-163.
- Mardia, K. V. (1972) : Statistics of orientation data. New York: Academic Press
- Nouira, S., and Ch. Blanc (1993) : Biodiversité et biogéographie des reptiles du sud Tunisien. *Biogeographica* 69 (3): 89-104.
- Nouira, S. (1996) : *Systématique, Ecologie et Biogéographie évolutive des Lacertidae (Reptilia, Sauria). Importance dans l'herpetofaune Tunisienne*. Thèse, Université de Tunis II: 345 p.

- Ouassar, M., H. Taamallah, and A. Ouled Belgacem (2006) :Pp. 23-32 in Un environnement soumis à des fortes contraintes climatiques. (Genin D., H. Guillaume, M. Ouassar, A. OuledBelgacem, B. Romagny, M. Sghaier, and H. Taamallah., eds). Entre la désertification et le développement: la Jeffara tunisienne. CERES, Tunis.
- Peyre, O. (2006) : Aperçu sur la Diversité herpétologique de la région d'Aïn Benkhelil. Naturalia Site Universitaire Technologique. Bulletin d'Information, Une Publication du Projet ALG-00-G35. Agroparc Avignon Cedex 9 Vaucluse, France.
- Rezig, M. (1999) : Animaux de Tunisie. Centre National de Documentation Scientifique et Technique 319p.
- Savey, C. (2009) : Les Affections Des Lézards Liées Aux Conditions De Captivité 159p.
- Sayed, A et Yoshinori, K. (2004) : Mitochondrial DNA sequences of the Afro-Arabian spiny-tailed lizards (genus *Uromastix*; family Agamidae): phylogenetic analyses and evolution of gene arrangements. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2005. (85): 247–260.
- Sghaier, M. (2006) : Elaboration d'un Plan d'Action Local de Lute Contre la Désertification (PALLCD) dans la délégation de Béni Khedache, Gouvernorat de Médenine
- Trape, J. F., S. Trape, and L. Chirio (2012) : Lézards crocodiles et tortues d'Afrique occidentale et du Sahara Pp. 168-169 (Institut de Recherche pour le Développement, ed.). Marseille, France.
- Van Lieverloo, R.J., B.F. Schuiling, W.F. De Boer, P.C. Lent, B.C. De Jong, D. Brown, H.H.T. Prins. (2009) : A comparison of faecal analysis with backtracking to determine the diet composition of species preference of the black rhinoceros (*Diceros bicornis minor*). *European Journal of Wildlife Research* 55(5): 505–515.
- Walls, J. G. (1996) : *Uromastix* and Butterfly Agamids. Tropical Fish Hobbyist Magazine. Neptune City, New Jersey, USA.
- Wilms, T., and W. Böhme (2001) : Revision der *Uromastix*- acanthinura- Artengruppe, mit Beschreibung einer neuen Art aus der Zentralsahara (Reptilia: Sauria: Agamidae). *Zoologische Abhandlungen des Staatlichen Museums für Tierkunde Dresden* 51 (8): 73–104.
- Wilms, T. (2007) : Dornschwanzagamen der Gattung *Uromastix*– Einführung in Taxonomie und Ökologie einer auf Wüsten spezialisierten Echsengruppe. *Draco* 8 (31): 6–19
- Wilms, T., and M. Böhme (2007) : Review of the taxonomy of the spiny-tailed lizards of Arabia (Reptilia: Agamidae: Leiolepidinae: *Uromastix*) *Fauna of Arabia* (23): 435–468.

-Wilms, T., W. Böhme, P. Wagner, N. Lutzmann, and A. Schmitz (2009) : On the Phylogeny and Taxonomy of the Genus *Uromastyx* Merrem, 1820 (Reptilia: Squamata: Agamidae: Uromastycinae) Resurrection of the Genus *Saara* Gray, 1845. *Bonner Zoologische Beiträge* (56): 55-99.

-Wilms, T., P. Wagner, M. Shobrak, and W. Böhme. (2009) : Activity profiles, habitat selection and seasonality of body weight in a population of Arabian Spiny-tailed Lizards (*Uromastyx aegyptia microlepis* Blanford, 1875; Sauria: Agamidae) in Saudi Arabia. *Bonner Zoologische Beiträge*, Bonn 56 (4): 259-272

-Wilms, T.M., P. Wagner, M. Shobrak, D. Rödder, and W. Böhme (2011) : Living on the edge? – on the thermobiology and activity pattern of the large herbivorous desert lizard *Uromastyx aegyptia microlepis* Blanford, 1875 at Mahazat as-Sayd protected area, Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments* 75: 636–647.

-Zar, J. H. (1974) : Biostatistical analysis. Englewood Cliffs N.J: Prentice-Hall: 316-318

Première réussite de l'insémination artificielle des chameelles en Tunisie

Seddik M. M.¹, Monaco, D.², Fatnassi, M.¹, Padalino B.³, Khorchani, T.¹,
Lacalandra, G.M.², Hammadi M.¹

- (1) Laboratoire d'Élevage et de la Faune Sauvage - Institut des Régions Arides, Médenine, Université de Gabès. Tunisia
- (2) Department of Emergency and Organ Transplantation (D.E.T.O.), Veterinary Clinics and Animal Production Section, University of Bari Aldo Moro, Valenzano (Bari), Italy.
- (3) Department of Veterinary Medicine, University of Bari Aldo Moro, Valenzano (Bari), Italy.

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تجميع الشبق من أجل فرض تزامن للوظيفة التناسلية لإناث الإبل (وحيدة السنم) وبغاية إجراء التلقيح الاصطناعي للنوق. وقد أجري هذا العمل بمعهد المناطق القاحلة بمدنين (تونس)، وشمل ثماني إناث في صحة جيدة من النوع المغربي يبلغ معدل وزنها الـ 400 كغ. أجريت هذه التجربة خلال موسم التكاثر (من جانفي إلى مارس) واستمرت 67 يوما (35 يوما تحضير للتلقيح و32 يوما متابعة للحمل). إذ تم علاج جميع النوق في البداية بـ 500 ميكروغرام من كلوبروستينول ((Estrumate*, Essex Animal health))، وبعد أسبوع واحد من ذلك تم تقديم ثلاثة حقن عضلية متتالية كل 14 يوما تحتوي الواحدة على 20 ميكروغرام من بوسريلين (Receptal®, Intervet). وتمت متابعة نشاط المبيض استنادا على الفحص بالموجات فوق الصوتية بالإضافة إلى تقييم أسبوعي لتركيز هرمون البروجسترون. أما التلقيح الاصطناعي فقد تم إجراؤه 24 ساعة بعد الحقن الأخير للإناث وعند كشف وجود جريب واحد على الأقل يفوق حجمه 1 صم، باستعمال 2 مل من السائل المنوي (بتركيز يعادل 648 ± 256 مليون حيوان منوي / مل وبحركة تناهز 75٪) تم وضعه في الجسم الرحمي. واستند تشخيص الحمل على « حركة الذيل » وعلى الجس المستقيمي إلى جانب الفحص بالموجات فوق الصوتية والذي تم تأكيده بعد ذلك بالإعتماد على هرمون البروجسترون في عينات الدم التي تم أخذها يومي 21 و31 بعد التلقيح. وأظهرت النتائج أن من بين الثماني نوق، تم توحيد الشبق لخمسة نوق بعد الحقن الأول وسبع إناث عند الحقن الثاني. كما أظهر فحص الموجات فوق الصوتية للإناث ذات النشاط المبيضي المتزامن أن معدل عدد الجريبات كان 1.42 وبمتوسط حجم 1.32 ± 0.2 صم في وقت تحريض الإباضة للتلقيح. ومن بين النوق السبع المتزامنة والملقحة، تم إثبات حمل ناقتين (28.6٪)؛ وأظهر تركيز البروجسترون في اليوم الحادي والثلاثين بعد التلقيح مستويات عادت 8.4 نانوغرام / مل و7.0 نانوجرام / مل تباعا للناقتين. في حين كان هذا التركيز متدني لدى بقية النوق وفي حدود 0.1 ± 0.1 نانوغرام / مل. ويعتبر هذا العمل أول تقرير عن نجاح التلقيح الاصطناعي للنوق في تونس.

كلمات مفاتيح: توحيد الشبق، التلقيح الاصطناعي، الإبل، تونس.

RÉSUMÉ

Le présent travail a pour objectif la synchronisation de la fonction reproductive de la chamelle (*Camelus dromedarius*) et l'insémination artificielle avec du sperme frais. Il a été réalisé à l'Institut des Régions Arides de Médenine (Tunisie) sur huit chamelles Maghribi multipares cliniquement saines et pesant 400kg de poids vif en moyenne. Le suivi a été réalisé pendant la saison de l'activité reproductive (janvier-mars 2014), il a duré 67 jours (35 jours de préparation à l'insémination et 32 jours de suivi de la gestation). Les chamelles ont été traitées par 500 µg de Cloprostenol (Estrumate*, Essex Animal health), puis après une semaine elles ont été assujetties à un programme de 3 injections de 20 µg Buserelin (Receptal®, Intervet) à 14 j d'intervalle et qui a débuté une semaine après l'injection de PGF₂α. Le suivi de l'activité ovarienne a été basé sur l'examen échographique à la deuxième et la troisième injection de GnRH en plus d'une évaluation hebdomadaire de la concentration en progestérone. L'insémination artificielle a été effectuée 24 h après la dernière injection de GnRH sur des chamelles ayant au moins un follicule dont le diamètre est supérieur à 1 cm, en déposant 2 ml de sperme frais (concentration = 648 ± 256 106 SPZ / ml et une motilité de 75%) dans le corps de l'utérus. Le diagnostic de la gestation a été basé sur le signe de la « levée la queue », l'examen transrectal et échographique et confirmé ensuite par la détermination de la concentration de la progestérone au 7^{ème}, 21^{ème} et 31^{ème} jour post-insémination. Les résultats ont montré que, parmi les huit chamelles, cinq ont ovulé après la première injection de GnRH et depuis la seconde injection sept femelles ont été synchronisées. L'examen échographique de l'activité ovarienne des femelles synchronisées a montré un nombre moyen de 1,42 follicules par animal avec une taille de 1,32 ± 0,2 cm, au moment de l'induction de l'ovulation pour l'insémination. En outre, parmi les sept chamelles synchronisées et inséminées, deux chamelles (28,6%) ont été confirmées gestantes. La détermination de la progestérone au 31^{ème} jour post-insémination montre des teneurs de 8,45 ng/ml et 6,99 ng/ml respectivement pour les deux chamelles gravides. Une concentration moyenne de 0,1 ± 0,1 ng/ml a été trouvée chez les cinq chamelles vides. Ce travail constitue le premier résultat de l'insémination artificielle réussie en Tunisie chez cette espèce.

Mots clés : Synchronisation, insémination artificielle, dromadaire, Tunisie

SUMMARY

This study aimed to synchronize the reproductive function of female camel (*Camelus dromedarius*) and to perform artificial insemination with fresh semen. It was conducted at the Arid Lands Institute of Medenine (Tunisia) and involved eight multiparous, clinically healthy, Maghrebi female camels and weighing 400 kg on average. The experiment was realized during the breeding season (January - March 2014) and lasted 67 days (35 days of preparation for insemination and 32 days of gestation follow-up). All female camels were treated with 500 µg of Cloprostenol (Estrumate*, Essex Animal health), at the beginning of the experiment, and then

they were subject to a program of three intramuscular injections of 20 µg Buserelin (Receptal®, Intervet) at 14-days interval, Starting one week after PGF₂α injection. The follow-up of ovarian activity was monitored through transrectal ultrasonographic scanning of the ovaries at the second and the third injections of GnRH and also by weekly progesterone level determination. The artificial insemination was carried out 24 h after the last injection of GnRH on female camels having at least one follicle greater than 1 cm in size, by depositing 2 ml of fresh semen (concentration = 648 ± 256 10⁶ SPZ / ml and 75% of mass motility) in to the uterine body. Pregnancy diagnosis was based on the “tail cocking” test and by transrectal, ultrasonographic examinations and afterwards confirmed by progesterone determination of blood samples collected 7, 21 and 31 days post-insemination. The results showed that among 8 female camels, five animals ovulated after the first injection of GnRH and since the second injection seven females were synchronized. The ultrasonography examination of ovarian activity of synchronized females showed a mean number of 1.42 follicles by animal with a size of 1.32 ± 0.2 cm at the time of the induction of ovulation for insemination. Of the seven camels synchronized and inseminated, two females (28.6%) were found pregnant; the progesterone determination at the 31st day post-insemination showed concentrations of 8.4 ng/ml and 7.0 ng/ml respectively in those two pregnant camels. Concentration of 0.1 ± 0.1 ng / ml were found in the five none-pregnant females. This is the first report of successful artificial insemination performed in Tunisia.

Key words: Synchronization, artificial insemination, Dromedary camel, Tunisia

1-INTRODUCTION

Les biotechnologies de la reproduction ont connu d'importants progrès et de larges applications en élevage de bétail dans le monde. Néanmoins, l'application de ces techniques reste éparsée et rare dans l'élevage des dromadaires. Cela est due d'une part aux contraintes physiologiques telle que l'ovulation induite et l'activité reproductrice saisonnière (Elwishy, 1987), et d'autre part aux difficultés pratiques puisqu'environ 80 % du cheptel camelin se trouve dans les régions arides et désertiques où les conditions sont hostiles pour toutes interventions (Faye, 1997). Par ailleurs, les performances reproductives chez la chamelle sont faibles comparativement

au reste des animaux domestiques. Cette faiblesse est due surtout au retard de la puberté et à la longue durée inter-chamelage (Wilson 1989). La maîtrise des techniques de synchronisation des chaleurs et d'insémination artificielle des chamelles constitue une étape essentielle p

our promouvoir l'élevage de dromadaire qui connaît des problèmes de consanguinité surtout avec la création d'unités d'élevage intensif. Ce travail a pour objectif la synchronisation des chaleurs et l'insémination artificielle des chamelles de la population Maghrebi.

2-MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1-Conduite des chameelles et synchronisation des chaleurs

Ce travail a été réalisé à l'Institut des Régions Arides de Médenine (Tunisie) pendant la saison de l'activité reproductive de dromadaire (janvier-mars 2014). Il a duré 67 jours (35 jours de préparation à l'insémination et 32 jours de suivi de la gestation). Huit chameelles Maghrebi, multipares, âgées de 13 ± 2 ans, cliniquement saines et pesant environ 400 kg de poids vif, ont subi un programme de synchronisation de chaleur de 35 jours. Toutes les chameelles ont été conduites selon un mode semi intensif où elles recevaient après retours de pâturage 3 kg d'un mélange d'orge concassé et de grignons d'olive. Le programme de synchronisation de chaleurs a été basé sur une injection intra-musculaire (IM) de prostaglandine $F_2\alpha$ [500 µg/ chameelle de Cloprostenol (Estrumate*, Essex Animal health)] le 1^{er} jour suivie après une semaine de trois injections IM successives de GnRH [20 µg/ chameelle de Buserelin (Receptal®, Intervet)] à 14 jours d'intervalles. Le GnRH a été utilisé comme agent d'induction de l'ovulation (Moghiseh *et al.*, 2008).

2.2-Examen échographique

L'examen échographique a été réalisé par un échographe *Aquila Vet (Esaote Europe B.V.)* muni d'une sonde rectale linéaire de 6.0/8.0 MHz et de 6 cm de long. L'examen a été effectué pour chaque chameelle en position debout. La femelle a été bien attachée dans un box pour minimiser son mouvement. Après nettoyage et élimination de fèces,

la sonde a été introduite soigneusement dans le rectum pour visualiser les deux parties utérine et ovarienne de l'appareil reproducteur. L'examen de toutes les chameelles a été effectué deux fois, au 21^{ème} et 35^{ème} jour de suivi, pendant la phase de synchronisation pour déterminer l'emplacement, le nombre et la taille des follicules avant induction de l'ovulation. Un follicule est considéré prêt à l'ovulation par l'injection de GnRH si sa taille est comprise entre 1,30 et 1,96 cm (Nikajou *et al.*, 2008). Un troisième examen échographique a été effectué le dernier jour du suivi pour toutes les chameelles inséminées afin de diagnostiquer la gestation.

2.3-Prélèvement sanguin et dosages hormonaux

Durant toute la phase de préparation à l'insémination, les prélèvements de sang ont été effectués chaque semaine à partir de la veine jugulaire dans des tubes héparinés. Les échantillons de sang ont été immédiatement centrifugés à 3000 tr/min pendant 15 min et les plasmas obtenus ont été aliquotés et conservés à -20°C jusqu'aux analyses. En total six prélèvements de chaque chameelle ont été collectés pendant la phase de préparation et trois pendant la phase du diagnostic de gestation. Les concentrations plasmatiques en progestérone et en œstradiol 17β ont été respectivement déterminées par méthodes radioimmunologiques (RIA Progesterone *BECKMAN COULTER**) et (ULTRA- SENSITIVE ESTRADIOL RIA).

2.4-Insémination artificielle

L'insémination artificielle a été réalisée

24 heures après la dernière injection de GnRH chez les chamelles présentant au moins un follicule mûr. Le sperme utilisé a été collecté de deux mâles par vagin artificiel juste avant l'insémination. Les doses utilisées avaient une concentration moyenne de $648 \pm 256 \cdot 10^6$ SPZ / ml et une motilité d'au moins 75%. Après lavage et essuyage des lèvres vulvaires de la chamelle, l'insémination a été effectuée par dépôt de 2 ml de semences fraîches dans les cornes utérines par voie trans-vaginale après introduction d'une gaine d'insémination bovine à travers le col utérin.

2.5-Diagnostic de gestation

Le suivi du comportement des sept chamelles après l'insémination artificielle a été réalisé par l'examen du « la signe de la queue » le 7^{ème} et le 21^{ème} jour post-insémination en plus d'un examen échographique effectué le dernier jour du suivi coïncidant avec le 31^{ème} jour post-insémination. La détermination de la concentration en progestérone a été réalisée au 7^{ème}, 21^{ème} et 31^{ème} jour post-insémination.

2.6-Statistiques

Les résultats des dosages hormonaux ont été analysés moyennant le programme IBM.SPSS.20.

3-RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1-Activité ovarienne et taille folliculaire

L'examen échographique réalisé le 21^{ème} jour de suivi a montré que sept parmi les huit chamelles ont présenté au moins un follicule mûr sur l'un des deux ovaires. La taille moyenne d'un follicule était de $1,62 \pm 0,26$ cm. Une seule chamelle a

présenté des petits follicules dont le plus grand a été de 0,95 cm. La répartition des follicules mûrs sur les ovaires de ces sept chamelles montre que deux chamelles parmi les sept ont présenté deux follicules mûrs sur leurs ovaires. Les cinq restantes avaient chacune un seul follicule mûr. Par ailleurs, nous avons détecté 7 follicules mûrs sur les ovaires droits contre 2 seulement sur les ovaires gauches pour l'ensemble des chamelles synchronisées. L'examen réalisé au moment de l'induction de l'ovulation pour l'insémination artificielle qui coïncide avec le 35^{ème} jour de suivi a montré que sept femelles parmi les huit suivies ont présenté des follicules mûrs dont la taille moyenne est de $1,32 \pm 0,2$ cm. Seule une chamelle n'a pas été synchronisée avec le reste du groupe présentant des petits follicules dont la taille n'a pas dépassé 0,90 cm. Une seule chamelle parmi les sept a présenté quatre follicules mûrs, alors que les 6 autres avaient chacune un seul follicule mûr sur l'un des deux ovaires. Par ailleurs, nous avons détecté 9 follicules mûrs sur les ovaires droits contre un seul follicule sur les ovaires gauches pour l'ensemble des chamelles synchronisées.

3.2-Variation des concentrations en progestérone des chamelles synchronisées

L'analyse du profil de la progestérone des chamelles suivies est représentée dans la figure 1

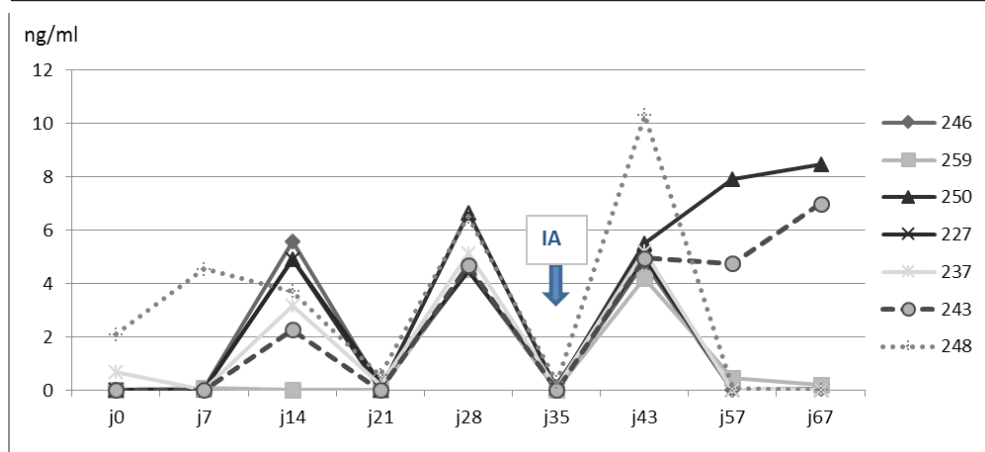


Figure 1 : Variation des concentrations moyennes en progestérone des chèvres inséminées

Parmi les sept chèvres inséminées, cinq (#246, #259, #250, #227 et #234) avaient de faibles concentrations en progestérone de 0,10 ng/ml le premier jour de l'expérience, leurs cycles ovariens se trouvent en phase folliculaire. En revanche, les deux autres chèvres (#248 et #237) avaient des concentrations plasmatiques égales à 2,10 ng/ml et 0,69 ng/ml montrant la présence éventuelle de corps jaunes dont le premier était en phase d'évolution et le second était en phase de lutéolyse. L'injection de la PGF₂ α n'a pas influencé l'activité du corps jaune présent chez la chèvre #248 alors que son effet chez la chèvre #237 a été observé. La première injection de GnRH effectuée le 7^{ème} jour a induit une ovulation chez les 5 chèvres avec une augmentation significative de la concentration en progestérone. Ainsi, après le coït la concentration en progestérone commence à augmenter, si non elle reste faible (Ayoub et al., 2003). La lutéinisation a été enregistrée dans les 14 jours post- injection. Selon

Skidmore et al., (1996) et Tibary et al., (1996), cette régression du corps jaune est rapide en absence de conception, elle s'effectue vers le 9^{ème} et 10^{ème} jour post-insémination.

L'examen du profil de la progestérone des sept chèvres inséminées a montré que la deuxième injection de GnRH effectuée le 21^{ème} jour de suivi a induit une ovulation chez toutes les chèvres, par conséquent une synchronisation de l'activité ovarienne. De même, la dernière injection de GnRH effectuée 14 jours après, a induit l'ovulation chez l'ensemble des chèvres. Ces résultats confirment l'hypothèse de Nikjou et al., (2008), qui suppose que deux injections, à 13 à 14 jours d'intervalle, d'un agent qui induit l'ovulation peuvent synchroniser les vagues folliculaires des cycles des chèvres. Ainsi, toutes les chèvres ont été inséminées une seule fois à 24 heures après la dernière injection de GnRH. Le suivi du comportement de ces chèvres après induction de l'ovulation

et insémination artificielle a montré que « le signe de la queue » a été positif chez 5/7 chammelles (71%) au 7^{ème} jour post-insémination ce qui peut témoigner la présence d'un corps jaune. Le suivi des teneurs en progestérone à la même période montre que toutes les chammelles (100%) ont ovulé avec une teneur moyenne de progestérone de $4,94 \pm 0,4$ ng/ml. Cette valeur corrobore avec celle ($4,5 \pm 1,5$ ng/ml) rapportée par Marie & Anouassi (1987). D'autre part, parmi les 4 chammelles qui ont présenté un signe de la queue positif le 21^{ème} jour post-insémination, deux seulement (#243 et

#250) ont des teneurs en progestérone de 4,75 ng/ml et 7,92 ng/ml respectivement indiquant la présence d'un corps jaune. En total cinq chammelles avaient des faibles teneurs en progestérone 0,10 ng/ml le 21^{ème} jour post-insémination indiquant que l'ovulation n'était pas suivie par une fécondation et il y avait une régression rapide du corps jaune. La différence des teneurs en progestérone a été significative entre le groupe des chammelles vides par rapport au groupe des chammelles gestantes pour les deux examens effectués au 21^{ème} et 31^{ème} jours post-insémination (tableau 1)

Tableau 1 : comparaison des concentrations moyennes en progestérone (en ng/ml) des chammelles gestantes par rapport aux chammelles vides en période post-insémination

	Jour d'insémination	A 7 jours post-insémination	Aux 21 et 31 jours post-insémination
Chammelles vides (n=5)	0,12 ± 0,12	5,90 ± 2,49	0,08 ± 0,13
Chammelles gestantes (n=2)	0,05 ± 0,06	5,23 ± 0,39	7,02 ± 1,63
P	0,529	0,735	0,000

L'examen échographique de l'ensemble des chammelles au 31^{ème} jour post insémination a permis de diagnostiquer la conception chez deux chammelles (#243 et # 250) qui avaient un « signe de la queue » positif. L'examen a montré également la présence chez les deux femelles sur la corne utérine gauche d'une vésicule embryonnaire non-échogène de 2,14 cm et de 2,18 cm respectivement. En outre, la gestation de ces deux chammelles a été confirmée par l'analyse de la progestérone qui a persisté à des teneurs élevées 6,99 ng/ml

et 8,45 ng/ml. Néanmoins, la pratique des différents examens de diagnostic de gestation chez les 5 autres chammelles n'a révélé aucune femelle gestante. Ainsi, la réussite de la synchronisation des chaleurs a été de 90% (7/8) alors que la réussite de l'insémination artificielle a été de 28% (2/7).

3.3-Variation des teneurs en œstradiol 17 β :

Les profils des concentrations de l'œstradiol 17β sont présentés dans la figure 2. Les résultats présentés ont montré une variation inter-individuelle

avec un niveau basal et des pics de concentration qui varient d'une chamelle à une autre. En effet, les teneurs en œstradiol 17 β , relativement plus élevées, ont été enregistrées chez la chamelle #243 durant la phase de synchronisation. Elles ont varié de 40 à 120 pg/ml ce qui corrobore les valeurs maximales signalées par Hammadi (2003) et Elias

et al., (1984) de 130 pg/ml et 110 pg/ml, respectivement. En revanche, les concentrations moyennes enregistrées chez les six autres chamelles varient de $17,9 \pm 11$ pg/ml à $32,9 \pm 18$ pg/ml avec des valeurs minimales qui ont varié entre 3,1 pg/ml à 17,3 pg/ml et des valeurs maximales qui ont oscillé entre 28,5 à 59,0 pg/ml.

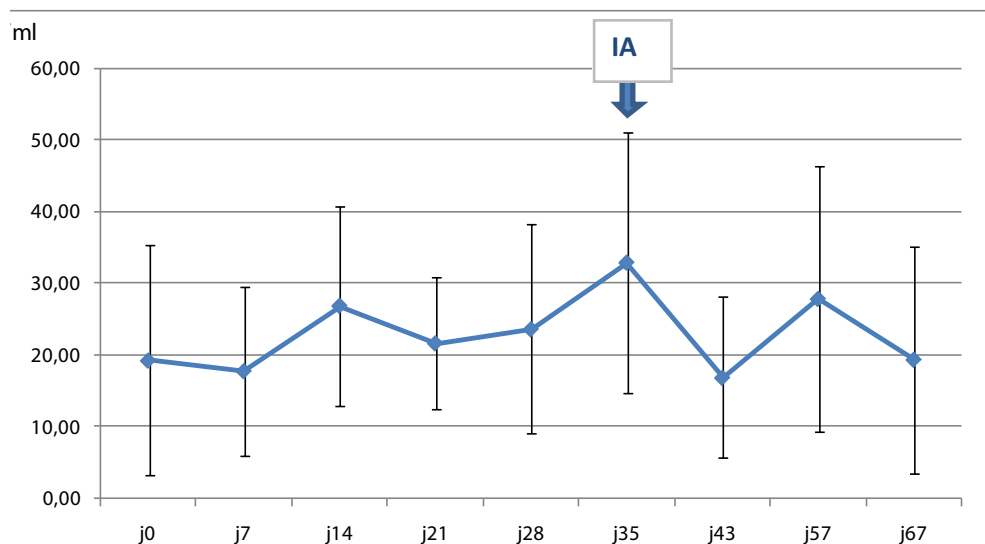


Figure 2 : Variation des concentrations moyennes plasmatiques en l'œstradiol 17 β des chamelles inséminées

Ces variations ont été citées par différents auteurs (Skidmore, 1996 ; Hammadi, 2003 et Moghiseh, 2008) qui ont évoqué que même pendant la phase lutéale la concentration en œstradiol 17 β reste à un niveau basal relativement élevé (tableau 2) ce qui corrobore avec

nos résultats puisque une semaine après les trois inductions de l'ovulation coïncidant avec 14^{ème}, 28^{ème} et au 43^{ème} jour de suivi on a noté des teneurs moyennes de $26,9 \pm 13,9$; $23,7 \pm 14,6$ et de $16,9 \pm 11,2$ pg/ml respectivement.

Tableau 2 : comparaison des concentrations moyennes en œstradiol 17 β (en pg/ml) des chamelles gestantes par rapport aux chamelles vides en période post- insémination

	Jour d'insémination	A 7 jours post- insémination	Aux 21 et 31 jours post-insémination
Chamelles vides (n=5)	30,7 \pm 19,3	13,7 \pm 8,91	23,3 \pm 17,6
Chamelles gestantes (n=2)	79,2 \pm 50,2	57,4 \pm 34,5	47,4 \pm 40,0
P	0,096	,030	0,133

Cela pourrait être lié selon certains auteurs (Tibary, 1996 ; Hammadi 2003) à la présence des vagues folliculaires même en présence d'un corps jaune sachant que la durée de la vague folliculaire varie de 17 à 24 jours (Nawito *et al.*, 1967) qui tend à être plus longue en début et en fin de la saison de reproduction par rapport au pleine saison (Elias *et al.*, 1984) .

4-CONCLUSION

Nos résultats ont montré que le taux de réussite de la synchronisation des chaleurs par l'usage de PGF₂ α et du GnRH ont été de 90%. En effet, dès la deuxième injection de GnRH ce taux a été atteint ce qui nous permet de

suggérer qu'une troisième injection de GnRH s'avère inutile pour avoir une bonne synchronisation des chaleurs. Par ailleurs, les résultats du diagnostic de gestation après insémination artificielle des chamelles synchronisées ont montré un taux de réussite de 28% sachant que ce résultat constitue une première en Tunisie. Ce taux pourrait être amélioré par la pratique de deux inséminations à 24 et 48 heures après la dernière induction de l'ovulation. Ainsi, un protocole basé sur une injection de PGF₂ α et deux injections de GnRH à 14 jours d'intervalle suivies par une double insémination peut être essayé prochainement.

Remerciements

Cette étude a été réalisée avec l'aide financière de l'Union européenne:ENPI-CBC-MED "PROCAMED" Projet: Promotion des systèmes camélins innovants et des filières locales pour une gestion durable des territoires saharienne; référence I.B/1.1/493. Le contenu de ce document relève de la seule responsabilité du partenaire « Institut des Régions Arides de Médenine, Tunisia ».

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Tibary, A. and Anouassi, A. (1996) : Ultrasonographic changes of the reproductive tract in the female camel (*Camelus dromedarius*) during the follicular cycle and pregnancy. *J. Camel Pract. Res.* ; 3: 71–90
- Hammadi M. (2003) : *Caractérisation, modulation nutritionnelle et implication du système IGF dans la fonction de reproduction chez la chamelle (Camelus dromedarius)*. Thèse de doctorat Faculté universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux Belgique .160p.
- Nawito, M. F., Shalash, M. R., Hoppe, R. & Rakha, A. M. (1967) : Reproduction in the female camel. *Bulletin No.2, Animal Scientific Research Institute, Cairo, Egypt.*
- Elias, E., Bedrak, E., Yagil, Y. (1984) : Estradiol concentration in the serum of the one-humped camel (*Camelus dromedarius*) during various reproductive stages *Gen. Comp. Endocrinol.*, 56, pp. 258–264.
- Skidmore, JA., Billah, M., Allen, WR. (1996) : Patterns of hormone secretion throughout pregnancy in the onehumped camel (*Camelus dromedarius*). *Reprod Fertil Dev* 1996; 8:863-869.
- Marie, M. and Anouassi, A. (1987) : Induction of luteal activity and progesterone secretion in the nonpregnant one-humped camel (*Camelus dromedarius*). *J. Reprod. Fertil.* ; 80: 183–192
- Elwishy, A.B. (1987) : Reproduction in the female dromedary (*Camelus dromedarius*): A review, *Animal Reproduction Science* Volume 15, Issues 3–4, Pages 273–297
- Faye, B., (1997). Guide de l'élevage du dromadaire, Libourne, Fr, Ed. Sanofi, 126 p.
- Wilson R.T. (1989) : Reproductive performance of the one-humped camel. The empirical base. *Revue Elev Med Vet Pays Trop*; 42: 117-125
- Nikjou D, Niasari-Naslaji A, Skidmore JA, Mogheiseh A, Razavi K., (2008). Synchronization of follicular wave emergence prior to superovulation in Bactrian camel (*Camelus bactrianus*).*Theriogenology*.;69:491–500.

-Ayoub, M.A., El-Khouly, A.A. and Mohamed, T.M. (2003) : Some hematological and biochemical parameters and steroid hormone levels in the one humped camel during different physiological conditions. *Emirates Journal of Agricultural Science*, 15(1): 44– 45.

-Moghiseh, A.1; Niasari-Naslaji, A.; Nikjou, D.; Gerami, A.;Razavi, K. and Mostafaey, M. (2008) : The effect of LH and GnRH analogues on induction of ovulation in Bactrian camel (*Camelus bactrianus*) *Iranian Journal of Veterinary Research, Shiraz University, Vol. 9, No. 4, Ser. No. 25.*