

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année **2004** – Thèse n° 031

***ETUDE DES FACTEURS POTENTIELLEMENT
LIMITANT DE LA REPARTITION DES FENNECS,
FENNECUS ZERDA, DANS LE SUD-TUNISIEN***

THESE

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD – LYON I
(Médecine - Pharmacie)
et soutenue publiquement le 24 février 2005
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

INCORVAIA Gaël
Né le 17 décembre 1978
A Lyon 3 (Rhône)

Au Professeur Marc ARTOIS

Pathologie infectieuse, Département de Santé Publique Vétérinaire
De l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon,
Pour avoir encadré la réalisation de ce travail,
Un grand merci pour son aide précieuse

Au Professeur André MORIN

Anatomie
De la Faculté de Médecine Claude-Bernard de Lyon,
Pour avoir bien voulu étudier ce travail et présider le jury de soutenance
Hommages respectueux

Au Professeur Germaine EGRON-MORAND

Nutrition et Alimentation, Département des Productions Animales
De l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon,
Pour le jugement apporté sur mon travail, sa participation au jury de soutenance,
Pour son aide, sa gentillesse et sa disponibilité



Sahara
Marin des sables, j'ai goûté à ton esprit.
Mes souvenirs enrichissent mon attachement
Au plus grand désert du monde
Et à ceux qui l'habitent.

Remerciements

A mes collègues tunisiens,

Merci à Ali BROUISSE,

Merci à Brahim BROUISSE, et sa famille, à ses fils Mohammed, Hamar, Belgasem, Morade, Abdelsak, à ses filles Bhârat, Ourida, Raja, et à sa femme Marier,

Merci à Nasser SALAH,

Merci à Salem MABROUK,

Merci à Ali HAMAD, à l'Haït BROUISSE, à Heidi HOUITA,

Agents des services forestiers d'El Faouar, dont certains sont aussi des bergers et des anciens nomades au Sahara, pour leurs aides à El Faouar et dans son désert. Malgré les moments difficiles que j'ai pu passer seul parce que la discussion manquait faute de vocabulaires, j'ai vécu avec vous une grande expérience de vie dans un milieu splendide. Vous avez été mes formateurs sur le terrain. Merci pour votre leçon de générosité, merci de vos accueils chaleureux et de vos services. Merci pour vos poèmes adressés le soir au coin du feu. J'ai énormément appris, grâce à vous. Vous avez fait ce qu'il fallait pour m'aider. Je n'oublierais, je pense, vos sourires et votre chaleur. La vie vous est difficile et, pourtant, vous la vivez si simplement. Et, oui, Ali Brouisse, tu l'as dit : « Qu'est-ce que, moi, j'ai à faire de la complexité de votre monde, qu'est-ce que j'en fais de votre richesse, je préfère mille fois la simplicité du Sahara ».

Merci au Docteur Vétérinaire M. Khaled ZAHZAH, Médecin Vétérinaire Principal de la Direction Générale des Forêts à Tunis, il a accueilli avec grand plaisir ce projet, il s'intéresse beaucoup à la conservation de la faune sauvage et contribue à la réalisation de plusieurs projets allant dans ce sens.

Merci, à M. Karem SALEH FEKIH, Directeur de la Direction Générale des Forêts, et M. KAREM, Directeur de la Conservation de cette direction pour avoir donné leurs autorisations de recherches sur le Fennec avec la subdivision forestière d'El Faouar.

Merci, à M. Youssef TOUITI, Chef de l'arrondissement des forêts du gouvernorat de Kébili pour son aide.

Merci, à M. Ahmed CHABCHOUB, Professeur de pathologies des Equidés et des Carnivores à l'Ecole Nationale de Médecine Vétérinaire de Sidi-Thabet pour son aide sur ce projet.

Merci à Brahim, Belgasem, Abdelbasset, Azzedine, Abdallâh, Raïly, Dr. Sendy, Abd El Kader, Moktar, Dabdoub, famille Bouchaira, Abdelbaki, Fatima, Guamera, Asma, Soumaya, Armel, Yama, Mohammed, Osman, Saâd, Amen, Imen, Belgasem, Sghaïr Hajjam, Jamel Bechir, Moustafa Ben Amara, famille Guannoum, Brahim, Faouzi, Belgasem, Sami, Mohammed, Abdnouhessid, Fathi Lajdel, Dr. Ennifar, Ali Mounir, Hassib Abdallah...

A ma famille

Merci à mes parents et à mes frères pour leur soutien. Je vous aime. Je n'ai de soutien plus important qu'eux. C'est normal, vous me direz. Mais, bon, avec un enfant comme moi, ça ne doit pas être facile de tout comprendre. Il vous a fallu aussi supporter mes animaux à la maison. Ils vous causent comme à moi quelques soucis mais ils vous sont aussi d'adorables compagnons.

Merci à mes grand-parents, oncles et tantes, cousines et cousins, j'ai du plaisir à vous retrouver et à discuter avec vous.

Merci à Maïlys, le travail est dur, je sais. On préfèrerait monter un petit coup en montagne, n'est ce pas ! Ah, que c'est bon.

Merci à Nina, Sinne, Momo, Petit Gris et Capot, les animaux les plus formidables du monde. Normal, c'est les miens !

A mes amis

Merci à Agnès, Vincent, Nico, Cis, Nicos, Loïc, Fred, à ceux énormes que j'ai connu dans mon cursus scolaire, Solveig, Mélanie, Méa, Greg, les Bulots, Aurélien, Jacques, Jérémy, Jérôme, Gilles, Patou, à mes camarades de prépa Baba, Pat, Alliage, Jérôme, à mon partenaire des colles Jean-Luc, à Rodruigo, Etienne, Nicolas, Marie, Yseult, Antoine, Simon, Manu, Polak, Voisin, Chacha, Christine, Anne-Catherine, le groupe 6 énorme, exemple parfait de coopération type-top entre personnalités différentes et qui aiment la saucisse, Lolo, Romain, Delphine, Géraldine, Magali, Laura, Tchico, Eugénie.

A mes enseignants

Merci à Mmes Karine Chalvet-Monfray et Marie-Laure Delignette-Muller, Professeurs de biostatistiques à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, pour leurs leçons.

Merci à M. Didier Pin, Professeur de dermatologie à l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, pour son aide et le prêt de son microscope.

A mes partenaires

Merci à l'Office Nationale de la Chasse et de la Faune Sauvage,
Unité Sanitaire, le Docteur Gaillet
Coopération Internationale, le Docteur Lamarque
pour son aide matérielle et logistique.

Merci à Mme Sandrine Ruet, Direction des Etudes et de la Recherche au Centre national d'études et de recherche appliquée sur les Prédateurs et les animaux Déprédateurs, pour son aide dans la mise au point des protocoles.

Merci à Mme Géraldine Véron et M. Jacques Cuisin, Professeurs au Museum National d'Histoire Naturelle, Zoologie des Mammifères et des Oiseaux, qui m'ont permis d'effectuer des recherches au Museum et m'ont fourni les pièces nécessaires à la recherche des proies du Fennec.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	13
Partie I : Etude bibliographique.....	15
I. SYSTEMATIQUE.....	17
I.1. Le Fennec, un Canidé.....	17
I.2. Le Fennec, seule espèce de son groupe.....	17
I.3. Affinités écologiques avec les autres Canidés.....	19
II. REPARTITION ET STATUT	20
II.1. Distribution géographique et population.....	20
II.2. Statut.....	21
III. MORPHOLOGIE ET ANATOMIE	21
III.1. Caractéristiques physiques.....	21
III.2. Squelette.....	24
IV. PHYSIOLOGIE.....	28
IV.1. Adaptation du Fennec à son environnement thermique.....	28
IV.2. Equilibre hydrique.....	32
IV.3. Rythme cardiaque et respiratoire.....	33
IV.4. Paramètres sanguins.....	34
V. REPRODUCTION ET CROISSANCE DES JEUNES	35
V.1. Maturité sexuelle.....	35
V.2. Cycle oestral.....	35
V.3. Comportement sexuel.....	36
V.4. Gestation et mise-bas.....	36
V.5. Elevage des petits.....	37
VI. ECOLOGIE	38
VI.1. Caractéristiques du milieu saharien et habitat.....	38
VI.2. Régime et comportement alimentaire.....	39
VI.3. Utilisation de l'espace et rapports inter-individuels.....	40
VII. RAPPORT AVEC L'HOMME ET BESOIN DE CONSERVATION.....	43
VII.1. Comportement vis-à-vis de l'homme.....	43
VII.2. Menaces.....	43
VII.4. Importance.....	48
VII.5. Mesures de conservation.....	49

Partie II : Etude personnelle : Le Fennec dans son milieu naturel.....	49
I. INFLUENCE DE FACTEURS ECOLOGIQUES SUR LA PRESENCE DES FENNECS	57
I.1. Objectifs de l'étude.....	57
I.2. Zone d'étude.....	57
I.3. Matériel et méthode.....	64
I.4. Résultats	72
I.8. Interprétation statistique	73
I.9. Discussion.....	81
II. ECO-ETHOLOGIE DU FENNEC	82
II.1. Etude du spectre et du régime alimentaire du Fennec.....	82
II.2. Etude sur l'utilisation de l'espace par l'espèce Fennec pour installer son terrier	86
III. SYNTHESE ET DISCUSSION.....	88
III.1. Contexte.....	88
III.2. Objectifs	89
III.3. Méthode.....	89
III.4. Résultats	90
III.5. Discussion.....	90
CONCLUSION.....	91
BIBLIOGRAPHIE.....	93
TABLE DES MATIERES.....	103
Liste des figures.....	107
Liste des tableaux.....	109
Liste des abréviations.....	110
Liste des Annexes.....	111
Annexe I à IX.....	113

Introduction

Appelé « fanak » par les arabes, le Fennec est, selon la définition des éditions de l'« American Heritage® Dictionary of The English Language », un petit Renard nocturne, *Vulpes zerda*, anciennement *Fennecus zerda* (Zimmermann, 1780), des régions désertiques du Nord de l'Afrique, ayant un pelage fauve et de longues oreilles pointues. Appelé Zerda par les Maures, le nom de l'espèce viendrait du grec « xeros », qui signifie sec. Le Fennec se trouve référencé sous différents noms : en anglais, « Fennec fox » ou « Desert fox » ; en Allemand, « Fennek » et « Wüstenfuchs ».

Seules 38 références bibliographiques, toutes langues et toutes années (recherche en ligne sur internet par l'intermédiaire d'un serveur de base de données, CAB Abstract, ScienceDirect, Pubmed et Zoological Record), utilisant ces noms ont pu être trouvées. Sur ces 38 publications, 15 sont des articles sur les maladies des fennecs en captivité ; 14 sont des études et des conseils sur la reproduction et l'élevage des fennecs en captivité ; six sont des études sur les adaptations physiologiques du Fennec à son environnement et trois seules regroupent diverses informations de terrain sur l'écologie du Fennec. Les travaux de Gauthier-Pilters (1967) et de Dragesco-Joffe (1993) du Fennec dans son milieu naturel sont les plus importants. Il y a également d'autres auteurs plus généralistes qui consacrent des pages sur cet animal : les systématiciens, les spécialistes des Carnivores et des Canidés sauvages ; les comportementalistes et les écologistes.

Ainsi, les études en captivité ont apporté de nombreuses données sur sa morphologie, son anatomie, sa physiologie, sa reproduction et son élevage. Cependant, les informations sont succinctes concernant son statut et son étho-écologie en raison de la difficulté à étudier cette espèce dans son milieu naturel, le Fennec étant un animal farouche évoluant dans un milieu hostile à la présence humaine. Les études à l'état sauvage sont peu nombreuses et uniquement qualitatives. C'est peut-être Dragesco-Joffe (1993) qui, grâce à sa forte expérience du Sahara, fournit le plus de renseignements sur l'habitat et le comportement de cette espèce. Les informations sont aussi parfois contradictoires concernant sa répartition, son abondance et les menaces. Les carences actuelles dans la définition du statut de l'espèce sont évidentes.

C'est pourquoi il est proposé dans ce mémoire une analyse bibliographique de l'ensemble des données sur cette espèce : elle permet de relater les points connus et de relever les données insuffisantes sur son statut et son écologie. Ensuite, notre étude se propose d'analyser statistiquement l'influence de caractères du milieu de vie du Fennec sur sa présence. Cette étude de terrain, réalisée dans le Nefzaoua, région Ghrib, Sud-Tunisien, du 8 mars au 7 juin 2004, avait pour but d'étudier les facteurs potentiellement limitant de la présence du Fennec afin de pouvoir établir ultérieurement une carte de répartition, estimer les populations selon les divers habitats sahariens et établir son statut ; informations nécessaires à la gestion et à la conservation des populations de fennecs.

Partie I :

Etude bibliographique

I. SYSTEMATIQUE

I.1. Un Canidé

Tout comme les Renards et les Chiens, le Fennec appartient à l'ordre des Carnivores, Fissipèdes terrestres, à la super famille des *Cynoidea* ; à la famille des Canidés et à la sous-famille des *Caninae* (Grasse, 1955). L'annexe I regroupe les caractéristiques communes des *Caninae*.

Le Fennec est la plus petite espèce de la famille des Canidés (Grizmek, 1974 ; Sheldon, 1992).

I.2. Seule espèce de son groupe

Le Fennec est classé traditionnellement dans le groupe du genre *Fennecus*, dont il est l'unique représentant. Aucune autre sous-espèce n'est décrite dans ce groupe (Grizmek, 1974 ; Sheldon, 1992).

Cependant, sa place dans la classification a été longuement controversée et reste toujours incertaine.

Effectivement, si tous les taxinomistes s'accordent sur le nom spécifique *zerda*, une discordance subsiste encore sur le nom générique *Fennecus*.

C'est Zimmermann qui dénomme l'espèce, *Fennecus zerda*, en 1780 (Grizmek, 1974 ; Sheldon, 1992) ; Desmarest (Harrison, 1968 ; Rosevear, 1974 ; Coetze, 1977 ; Nowak et Paradiso, 1983 ; Dragesco-Joffe, 1993 ; Nowak, 1999), confirme, en 1804, le genre particulier, *Fennecus*, pour le Fennec, seul, de façon à le distinguer, dans la classification, des autres Renards du genre *Vulpes*. Les systématiciens estiment que le Fennec appartient à un rameau vulpin très particulier, à cause de ses caractéristiques morphologiques excentriques : crâne plus arrondi, dentition plus faible, oreilles plus longues, yeux à pupille ronde et non elliptique comme les autres Renards (Panouse, 1957 ; Clutton-Brock et coll., 1976 ; Ginsberg et Macdonald, 1990) ; et caryotypiques : un nombre supérieur de chromosomes, 64 contre 34 à 60, et un nombre de chromosomes métacentriques et submétacentriques plus petit, quatre contre 10 à 32, qui l'éloigne du genre *Vulpes* (Chiarelli, 1975).

D'autres rangent le Fennec dans le groupe des Renards : il devient pour eux *Vulpes zerda* (Haltenorth et Diller, 1977 ; Van Gelder, 1978 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004) considérant que le Fennec reste à la périphérie du groupe des Renards en raison de similitudes morphologiques (Corbett et Hill, 1986 ; Wozencraft, 1989 et 1993), moléculaires et biochimiques (Wayne et coll., 1987, 1997 ; Wayne et coll., 1989). L'analyse comparative des séquences d'un ADN codant pour une protéine mitochondriale (Fig.1) (Wayne et coll., 1997) montre que, parmi les familles des Carnivores, les Canidés apparaissent à la fin de l'Eocène, il y a environ 12 millions d'années. La divergence des Canidés de type Loup (groupe des Canini : « Wolf-like canids » et « South American foxes ») et de type Renard (groupe des Vulpini : « Red fox-like canids ») a eu lieu, il y a huit millions d'années à la fin du Miocène, le taxon des Renards comprenant les genres *Vulpes*, *Alopex* et *Fennecus*. Le Fennec est classé par cette étude moléculaire dans le groupe des Canidés apparentés aux Renards.

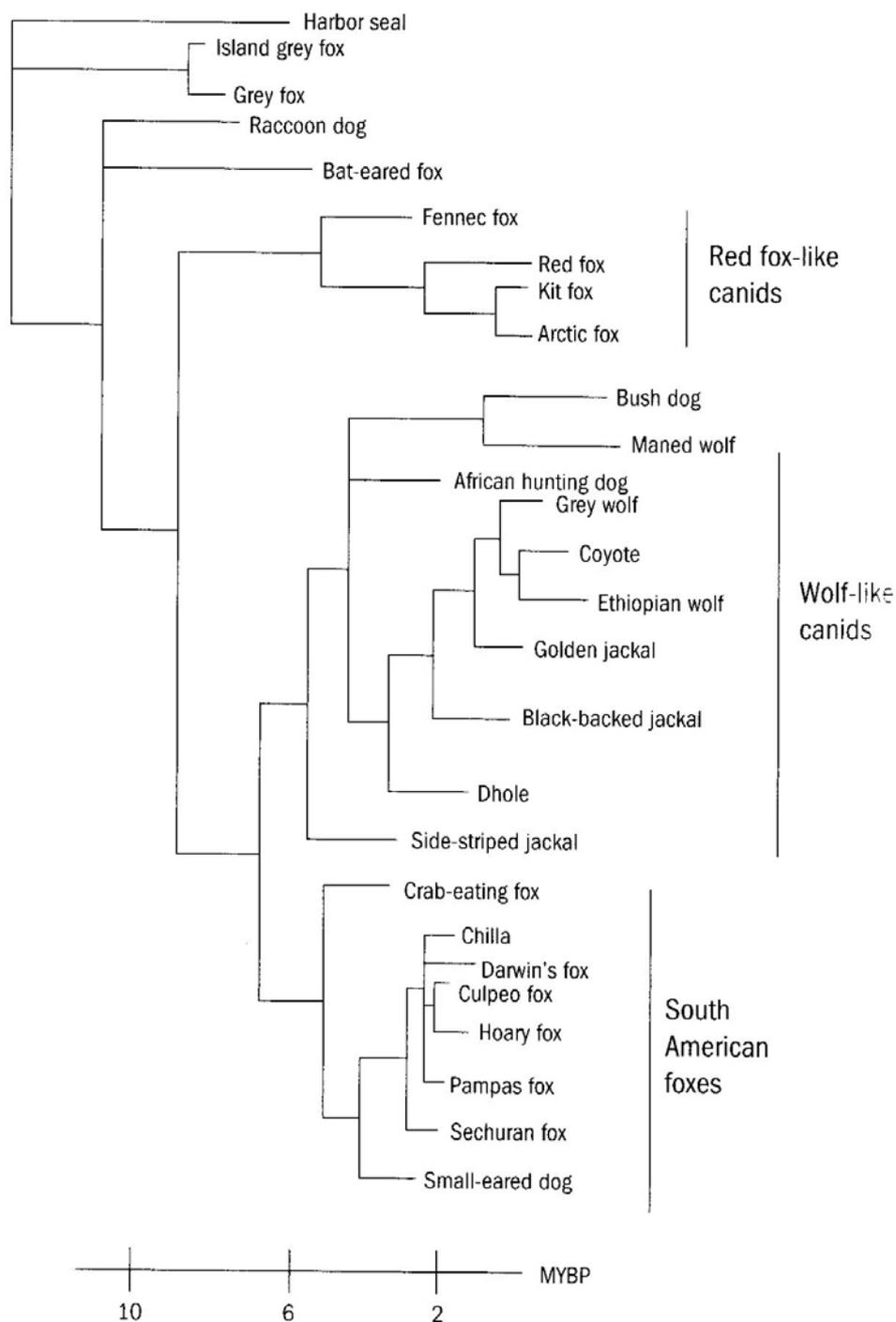


Figure 1 : Relation entre 26 espèces de Canidés basée sur l'analyse de 2001 paires de base d'une séquence d'ADN d'un gène codant pour une protéine mitochondriale (Wayne et coll., 1997)

Les études mitochondriales et cytoplasmiques (Fig.2) menées par Geffen et coll. (1992) montre même une affinité entre le Fennec (*Fennecus zerda*) et le Renard de Blanford (*Vulpes cana*) suggérant l'existence probable d'un ancêtre commun ayant divergé il y a 4-4,5 millions d'années en deux branches : l'une pour coloniser les déserts d'Afrique du Nord et l'autre les régions désertiques et semi-désertiques du Proche-Orient et du Moyen-Orient (Geffen et coll., 1992). Ces deux espèces seraient basales dans la classification au groupe des autres Renards.

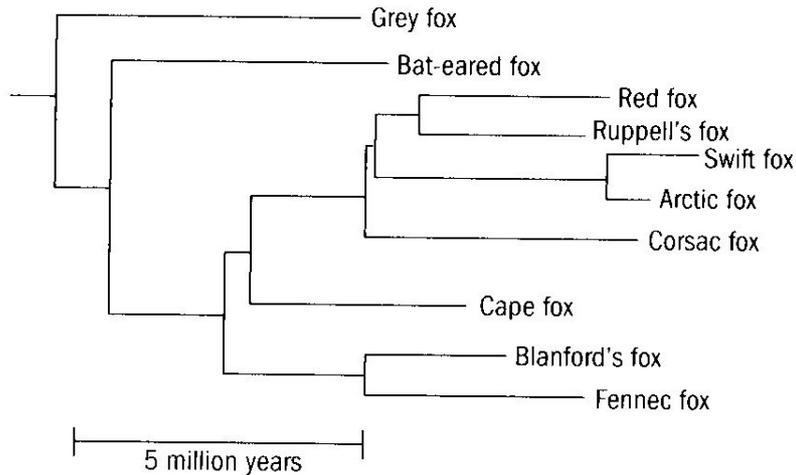


Figure 2 : Arbre phylogénétique établi d'après l'analyse d'une séquence d'ADN mitochondrial (Geffen et coll., 1992)

D'autres (Lataste, 1887 et Chudeau, 1921 cités par Kowalski, 1991) ont inclus le Fennec dans le genre *Canis* par sa formule chromosomique ($2n=64$) et sa pupille arrondie. La bande G du caryotype du Fennec semble aussi montrer plus de ressemblances avec celles des Canidés du type Loup (*Canis*, *Lycaon* et *Speothos*) (Wayne et coll., 1987, 1989) ce qui amènerait aussi à penser que le caryotype du Fennec est soit une forme primitive du caryotype *Vulpes*, soit que le Fennec n'est pas aussi proche de la lignée *Vulpes* que ne le montrent les études moléculaires et biochimiques.

Aujourd'hui, la tendance est à regrouper le Fennec avec les Renards (Dragesco-Joffé, 1993 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004), et bien que traditionnellement appelé *Fennecus zerda*, le Fennec se trouve aussi souvent dénommé en latin par nombreux auteurs *Vulpes zerda* (Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004).

1.3. Affinités écologiques avec les autres Canidés

Clutton-Brock et coll. (1976) considèrent qu'il existe des affinités écologiques entre cinq espèces distribuées géographiquement en arc de cercle allant du Renard du Cap (*Vulpes chama*) au Renard de Bengale (*Vulpes bengalensis*) en passant par le Renard pâle (*Vulpes pallida*), le Fennec et le Renard de Rüppel (*Vulpes rueppelli*), le Fennec étant la forme la plus adaptée au désert chaud.

D'autres (Dorst et Dandelot, 1970 ; Dragesco-Joffé, 1993) apparentent le Fennec avec les deux espèces présentes respectivement dans le Sahara et le Sahel : le Renard de Rüppel et le Renard pâle.

D'autres (Geffen et coll., 1992 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004) considèrent le Fennec plus proche du Renard de Blanford. Ce dernier est presque aussi petit que le Fennec, avec des individus adultes qui pèsent environ 1 kg. Ces petits Canidés sont aussi habituellement associés avec des habitats arides et pauvres dans lesquels il existe peu de biomasse disponible pour leurs survies. Le Renard pâle et le Renard de Rüppel sont 1,5 à 3 fois plus grands et ne survivent pas dans des habitats de qualité aussi pauvre, contrairement à ces deux petites espèces.

De leur côté, Golightly et Ohmart (1984) considèrent le Renard à grandes oreilles (*Vulpes macrotis*) comme l'espèce homologue du Fennec dans les déserts nord-américains.

II. REPARTITION ET STATUT

II.1. Distribution géographique et population

II.1.1. Répartition géographique

Les fennecs vivent dans les déserts de sable et dans les semi-déserts d'Afrique du Nord, de l'Atlantique jusqu'au Nord du Sinaï (Saleh et Basuony, 1998 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004). On les trouve dans le Sahara marocain, algérien, tunisien. Son habitat s'étend au sud jusqu'au 14^{ème} parallèle Nord : Nord de la Mauritanie, du Mali, du Niger, du Tchad, du Soudan ; et à l'est en Libye, jusqu'en Egypte (Fig.3) (Ginsberg et Macdonald, 1990).

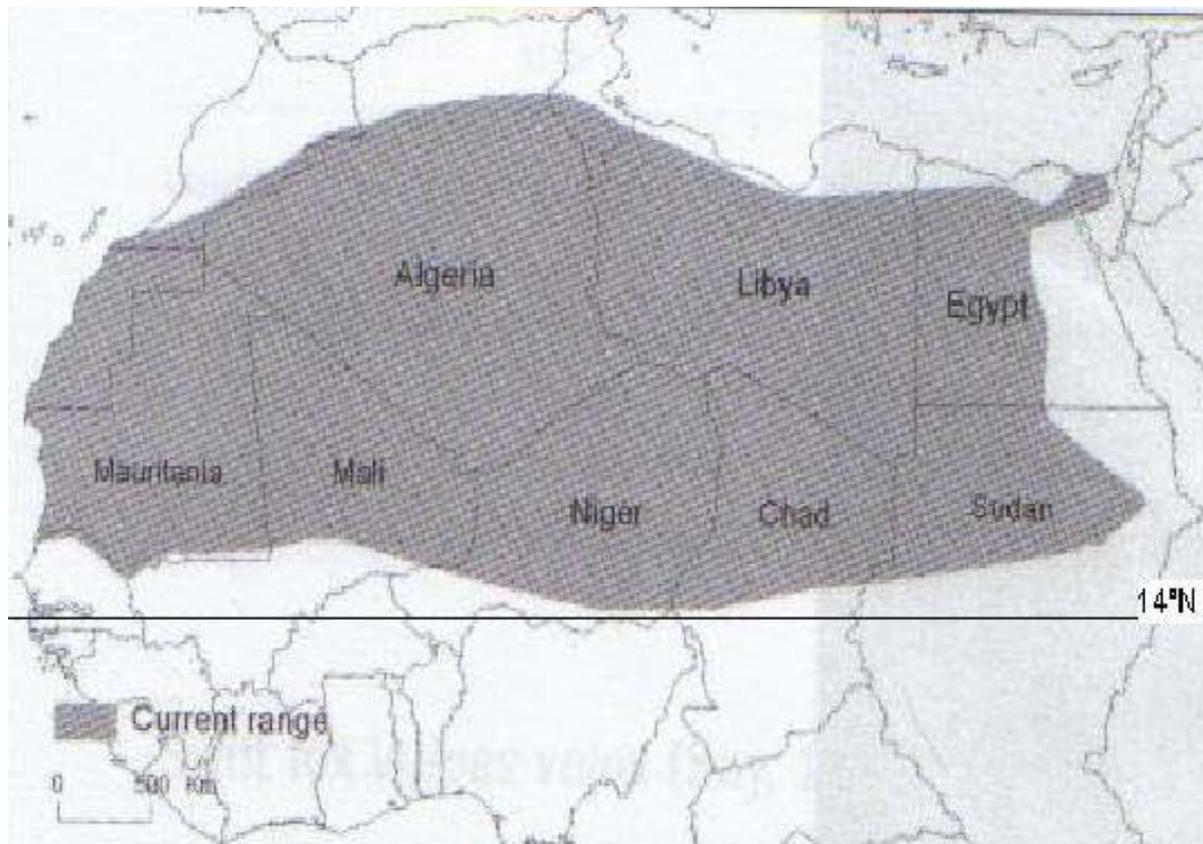


Figure 3 : Aire globale de répartition du Fennec, *Fennecus zerda*, d'après une estimation du Canid Specialist Group, UICN/SSC (2004)

Alain Dragesco-Joffe (1993) rapporte des observations au sud, au Nord-Ouest du lac Tchad, en plein Sahel, sur le 14° parallèle N.

Les fennecs sont rares hors de l'Afrique. Saleh et Basuony (1998), Osborn et coll. (1980) rapportent des observations dans la péninsule arabique au Nord du Sinaï. Une observation est notée aussi à l'extrême Sud-Est de cette péninsule, au Koweït (Harrison, 1968).

II.1.2. Population

Pour certains, les fennecs semblent être communs dans leur aire de répartition (Nowak, 1999 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004).

Pour d'autres, ils seraient devenus rares dans certaines parties du Nord-Ouest de l'Afrique (Grzimek, 1974). Leur population a décliné dans plusieurs parties du Nord-Ouest du Sahara (Sheldon, 1992 ; Dragesco-Joffe, 1993) car les populations natives du Nord du Sahara chassent intensément la faune sauvage de leurs milieux (Grzimek, 1974 ; Dragesco-Joffe, 1993). Les populations de Fennec ont aussi régressé au Maroc, depuis les années 1960, et les fennecs ont disparu de 4 localités sud-marocaine à cause de la perte des dunes de sable due à la construction de nouveaux habitats humains (Cuzin, 1996).

Par contre, les fennecs du Sud du Sahara ne seraient ni rares, ni menacés. Les nomades ne tentent pas encore de les capturer (Dragesco-Joffe, 1993). Le Fennec sont aussi largement répandu en Libye, notamment à 15-20 km à l'est de l'oasis de Giolo, au Sud de Syrta et à l'ouest de Samah (Hufnagl, 1972).

Cependant, aucune densité de population n'est connue. Elles sont, du coup, parfois contradictoires et incertaines concernant les limites de la répartition géographique des fennecs (présence de fennecs au Moyen-Orient) et l'importance des populations.

II.2. Statut

Il est classé sans menace urgente pour sa survie. Mais, les plans de sauvegarde des Canidés, « An Action Plan for the Conservation of Canids », UICN/SSC/CSG, de 1990 à 2004 indiquent que les données sont insuffisantes sur la distribution et l'abondance de l'espèce. Le Fennec est actuellement classé dans la liste rouge des espèces Canidés comme « insuffisamment connus » (Annexe II). Ces plans encouragent les actions pour en connaître davantage sur le statut de l'espèce.

III. MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Les caractères morphologiques et l'anatomie des fennecs ont été largement étudiées dans les années 1970. De nombreux auteurs présentent les caractéristiques physiques et anatomiques de l'espèce.

III.1. Caractéristiques physiques

III.1.1. Description générale

Avec un poids d'environ un kilogramme (maximum 1,15 kg et minimum 0,8 kg en nature) (Gauthier-Pilters, 1967 ; Fox, 1975 ; Nowak, 1999), le Fennec (Fig.4) est le plus léger et le plus petit de tous les Canidés. Il ne mesure en moyenne que 20 cm au garrot et 62 cm de longueur totale, queue comprise. La queue, particulièrement touffue, mesure à elle seule plus de 20cm, représentant ainsi presque la moitié de la longueur totale du corps (Dorst et Dandelot, 1970 ; Rosevear, 1974 ; Bekoff, 1975 ; Denève, 1978).



Figure 4 : Un fennec (Dragesco-Joffe, 1993)

Le Fennec ne se singularise pas seulement par sa taille lilliputienne : il est aussi celui qui a, proportionnellement au reste du corps, les oreilles les plus grandes, presque aussi longues que la tête, et larges en proportion, possible adaptation pour faciliter la dissipation de la chaleur, localiser les insectes et les petits vertébrés. Ces grandes oreilles triangulaires peuvent mesurer 13 cm de longueur. Elles sont bordées de blanc sur tout le pourtour, et agrémentées à l'intérieur d'une frange de longs poils, de la même couleur, servant de protection à l'entrée du pavillon auriculaire. Ces oreilles sont un signe distinctif frappant (Fox, 1975 ; Halternorth et Diller, 1977 ; Dragesco-Joffe, 1993).

Il se caractérise également par de gros yeux aux pupilles rondes (à la différence des pupilles ovales des autres espèces de Renards) et aux iris bruns, un museau fin et pointu. Son museau noir, ses longues moustaches et ses grands yeux sombres ressortent fortement sur sa face presque entièrement blanchâtre. Il arbore aussi de discrètes taches brunes en avant des yeux (Fox, 1975 ; Halternorth et Diller, 1977 ; Dragesco-Joffe, 1993).

Les pattes sont minces, effilées, et les doigts sont pourvus de fortes griffes non rétractiles nécessaires au creusement du sol. Les soles plantaires sont recouvertes, tout comme chez le Chat des sables, *Felis margarita*, et le Zorille de Libye, *Poecilictis libyca* (Dragesco-Joffe, 1993), de longs poils clairs recouvrant les coussinets, et permettant une isolation thermique et un déplacement facile sur le sable meuble (Bekoff, 1975).

Les femelles possèdent six mamelles.

III.1.2. Pelage

III.1.2.1. Couleur

Comme presque toutes les espèces sahariennes, le Fennec est vêtu de la livrée du désert : la robe du Fennec est de couleur sable-isabelle, toujours plus sombre sur le dos et la face externe des oreilles, et plus claire sur les flancs. Ce pelage fauve pâle ou crème du fennec se fond à merveille avec le sable des dunes dans lesquelles ce petit carnivore se déplace.

Le poil présente un fin liseré noir. La couleur basique du pelage est un pâle crème ou jaune pâle, souvent associé avec un peu de brun, roux, ou gris (Sheldon, 1992). Le tour des yeux, le front, les joues sont crèmes. Le ventre, le côté interne des pattes et l'intérieur des

oreilles sont blanchâtres, pâles et crèmes. La couleur de la queue est particulière, de teinte plus roussâtre, avec à l'extrémité des poils noirs. Elle présente une tache plus foncée à sa base dorsale en regard de la glande à violette dont la fonction est mal connue (Gauthier-Pilters, 1966 ; Grizmek, 1974 ; Bekoff, 1975 ; Fox, 1975 ; Halternorth et Diller, 1977 ; Le Berre, 1990 ; Lévi, 1991). L'extrémité de la queue, noire, permet de distinguer *Fennecus zerda* de *Vulpes rueppelli* avec lequel il est parfois confondu, mais qui présente une extrémité caudale blanche (Harrison, 1968 ; Dragesco-Joffe, 1993).

La couleur des poils varie de teintes suivant les régions et les époques de l'année. Ainsi, les individus du nord de l'Afrique ont un pelage sable-roux sur le dos alors que les individus plus au sud ont un pelage plus proche du blanc dans cette même partie du corps (Sheldon, 1992). Alain Dragesco-Joffé (1993) note, qu'au Niger, le dessus du dos et la face externe des oreilles prennent des nuances roux cannelle à la saison des pluies (juillet-septembre) et des nuances grises en période de sécheresse (saisons chaude et froide, de novembre à mai). Les flancs restent toute l'année plus clairs.

En vieillissant, la robe du Fennec a globalement tendance à s'éclaircir (Halternorth et Diller, 1977).

III.1.2.2. Caractères du poil

Le Fennec porte une fourrure douce, longue et épaisse (Grizmek, 1974) qui lui sert de protection contre le froid des nuits d'hiver. Sa fourrure reste cependant bien fournie à longueur d'année, même à la saison chaude.

Son épaisseur moyenne est de 27 mm. Les poils les plus longs se situent en région dorsale, atteignant 35 mm sur la queue, et 28 mm sur le dos. Leur longueur diminue progressivement vers le museau et sur les membres, distalement sauf sur les coussinets. Le sous-poil est particulièrement dense.

III.1.3. Mesures

(Grizmek, 1974 ; Halternorth et Diller, 1977 ; Clutton-Brock et coll., 1976)

* Poids corporel : de 0,8 à 1,5 kg,

* Longueur tête + corps : 35 à 41 cm,

* Longueur de la queue : 17 à 25 cm,
Longueur queue / Longueur totale = 56 %,

* Hauteur au garrot : inférieure à 20 cm,

* Longueur de l'oreille : 8 à 15 cm,
Surface du pavillon auriculaire : en moyenne, 228 cm²,
Longueur oreilles / Longueur totale = 25 %,

* Pattes : pattes postérieures : 92 à 98 mm,
Longueur pattes postérieures / Longueur totale = 25 %,
Longueur pattes antérieures / Longueur totale = 20,5 %.

III.2. Squelette

III.2.1. Crâne

III.2.1.1. Description

Le crâne du Fennec (Fig. 5, 6 et 7) est caractérisé par sa petite taille et sa construction délicate par rapport aux autres Renards arabes. Ses proportions sont également très différentes : le rostre est fin, sa largeur derrière les canines restant considérablement inférieure à la moitié de la largeur de la boîte crânienne (Harrison, 1991). Cette dernière est très renflée, lisse, avec une crête sagittale effacée et des crêtes occipitales à peine marquées.

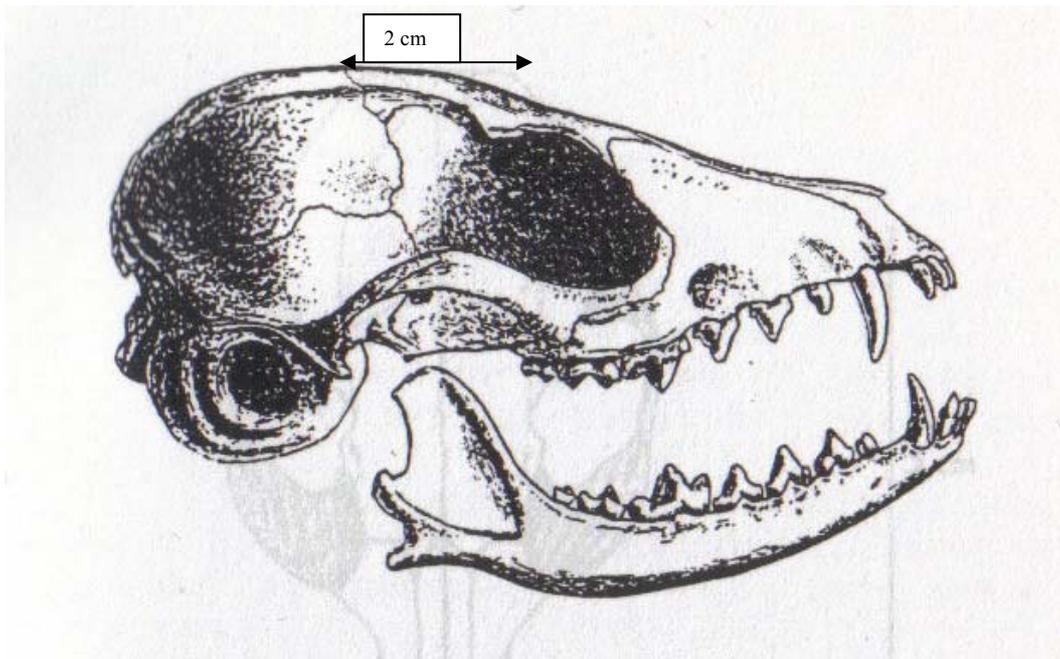


Figure 5 : Vue latérale droite d'un crâne de fennec. (Saint George Mivart, 1890)

Les bulles tympaniques sont exceptionnellement bien développées (Panouse, 1957 ; Harrison, 1968 ; Rosevear, 1974 ; Clutton-Brock et coll., 1976) : leurs dimensions sont un peu supérieures à celles de *Vulpes rüppelli* chez lequel le crâne est nettement plus gros. En vue latérale (Fig.5), les bulles tympaniques forment un très proéminent bombement sur le profil ventral. Rensch en 1950 a remarqué en pratiquant l'autopsie de son fennec que ce développement considérable des bulles tympaniques concerne également les os de l'oreille interne : ceux-ci sont à peine plus petits que ceux de *Vulpes vulpes* (avec un marteau de 7,8 mm de longueur et un étrier de 2,1 mm) pour un crâne deux fois plus petit.

Ces bulles tympaniques jouent le rôle de résonateurs acoustiques, elles augmentent la sensibilité auditive de l'animal. Leur développement remarquable, associé à celui du pavillon auriculaire et des os de l'oreille interne, facilite la localisation des proies, le contact entre des populations dispersées de fennecs, ainsi que la détection d'un éventuel prédateur.

Cependant, comme le Fennec, de nombreux animaux possèdent aussi des bulles développées et sans être désertiques, ce qui affaiblit la thèse d'une adaptation utilitaire des bulles. On peut même considérer que l'hypertrophie des bulles représente un danger pour l'animal dans la mesure où c'est une structure très fragile et peu protégée, puisqu'elle est uniquement recouverte par le tégument. On admet donc l'influence du milieu désertique sur le développement des bulles auditives, mais sans en comprendre vraiment la raison.

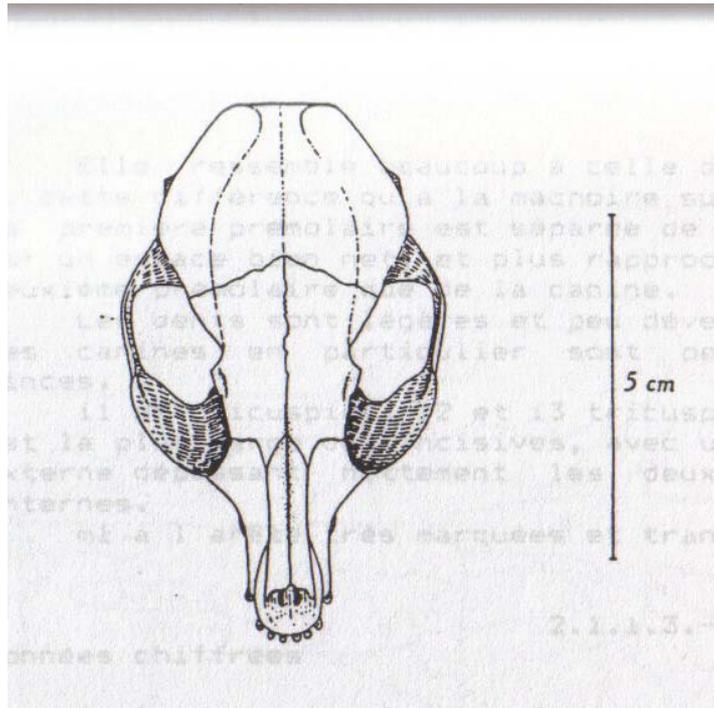


Figure 6 : Vue dorsale d'un crâne de fennec (Panouse, 1957)

Les orbites oculaires sont largement ouvertes en arrière (Fig.6 et 7). Leurs bords antérieurs sont séparés du trou occipital par moins de 5 mm (Panouse, 1957).

Les arcades zygomatiques sont notablement évasées antérieurement. En vue latérale, elles s'élèvent jusqu'à un point mousse incurvé vers l'intérieur, juste derrière le processus post-orbital, lequel est assez faiblement développé.

La mandibule a une apophyse angulaire en crochet très marquée.

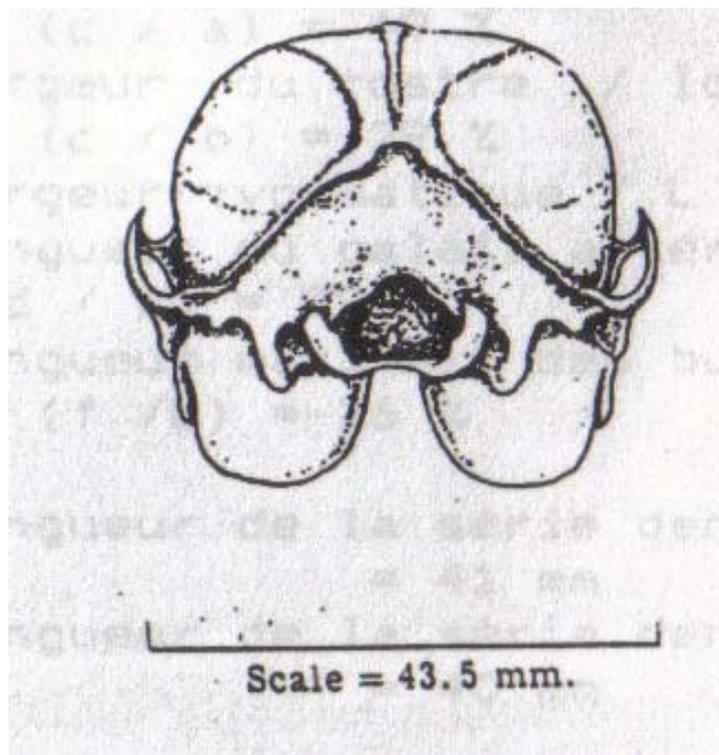


Figure 7 : Vue occipitale d'un crâne de Fennec. (Harrison, 1968)

III.2.1.2. Dentition

Le Fennec a comme tous les *Caninae* une dentition avec 42 dents.

La formule dentaire du Fennec est :

$$\text{Incisives } \frac{3-3}{3-3} \quad \text{Canines } \frac{1-1}{1-1} \quad \text{Prémolaires } \frac{4-4}{4-4} \quad \text{Molaires } \frac{2-2}{3-3}$$

Elle est identique à celle du Renard, à cette différence qu'à la mâchoire supérieure, la première prémolaire est séparée de la canine par un espace bien net, et est plus rapprochée de la deuxième prémolaire que de la canine (Fig.5).

La dentition est faible. Les dents sont légères et peu développées. Les canines en particulier sont petites et minces.

I1 est bicuspide, I2 et I3 tricuspides ; I3 est la plus large des incisives, avec une pointe externe dépassant nettement les deux pointes internes.

M1 possède une arête très marquée et tranchante.

Le Fennec possède une dentition de petits carnivores ayant un régime alimentaire varié et composé d'aliments de petites tailles. La nature nettement cuspidée des dents faciliterait probablement la mastication des Insectes (Rosevear, 1974).

III.2.1.3. Quelques données chiffrées

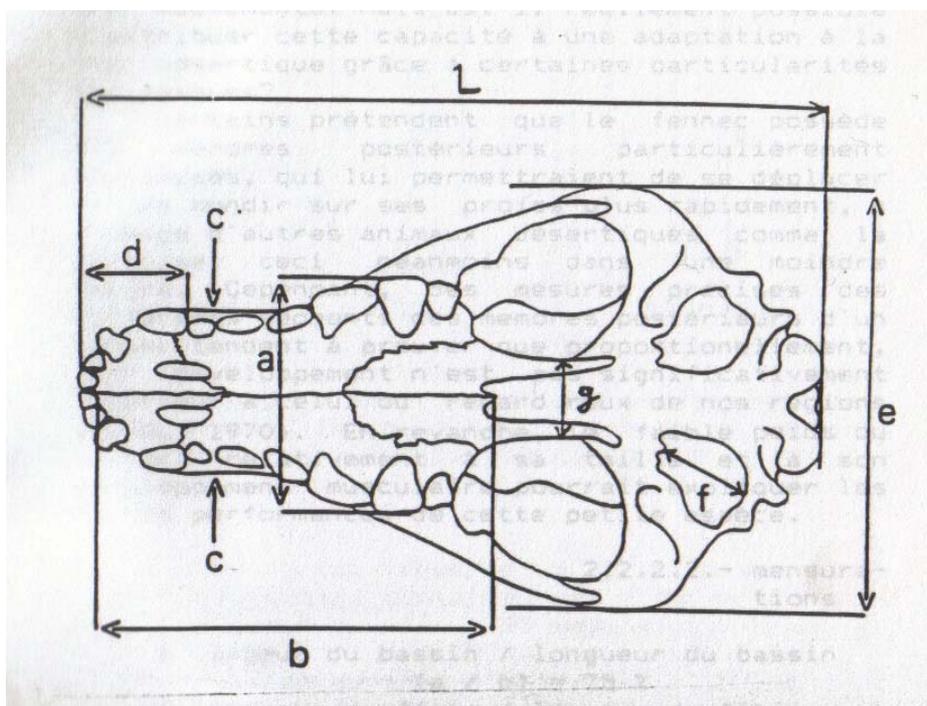


Figure 8 : Représentation schématique d'un crâne de Fennec en vue ventrale ; proportions des différents éléments (Panouse, 1957 ; Clutton-Brock et coll., 1976)

(Fig.8) (Clutton-Brock et coll., 1976)

* Longueur totale (L) = 82 mm,

* Largeur totale (e) = 48 mm,

* Largeur interorbitaire (g) = 18 mm,

- * Largeur maximale du palais/ Longueur totale (a/L) = 60 %,
- * Largeur du rostre / Largeur du palais (c/a) = 49 %,
- * Largeur du rostre / Longueur du palais (c/b) = 29 %,
- * Largeur zygomatique / Longueur totale (e/L) = 54 %,
- * Longueur du palais antérieur / Largeur du rostre (d/c) = 89 %,
- * Longueur maximale des bulles / Longueur totale (f/L) = 26 %,
- * Longueur de la série dentaire supérieure = 41 mm,
- * Longueur de la série dentaire inférieure = 40mm.

III.2.2. Membres

III.2.2.1. Généralités

Le Fennec est renommé pour ses performances tant en ce qui concerne le saut en hauteur départ arrêté, qu'en ce qui concerne la rapidité de fouissage dans le sable et, de manière générale, la vivacité de ses mouvements (Grizmek, 1974 ; Levi, 1991 ; Nowak, 1999). Il est capable d'effectuer à l'arrêt des bonds de 70 cm de hauteur, ou encore de 120 cm de longueur et d'atteindre la vitesse de 40 à 45 km/h (Rensch, 1950 ; Grizmek, 1974).

Certains prétendent que le Fennec possède des membres postérieurs particulièrement développés, qui lui permettraient de se déplacer et de bondir sur ses proies plus rapidement, à l'image d'autres animaux désertiques comme la Gerboise. Mais il n'est pas réellement possible d'attribuer cette capacité à une adaptation à la vie désertique grâce à ses caractères anatomiques. Effectivement, des mesures précises des segments des membres postérieurs d'un fennec tendent à prouver que proportionnellement, leur développement n'est pas significativement supérieur à celui du Renard roux de nos régions. En revanche, le faible poids du fennec par rapport à la taille et à son développement musculaire pourrait expliquer les hautes performances de cette petite espèce (Clutton-Brock et coll., 1976 ; Lévi, 1991).

III.2.2.2. Quelques chiffres

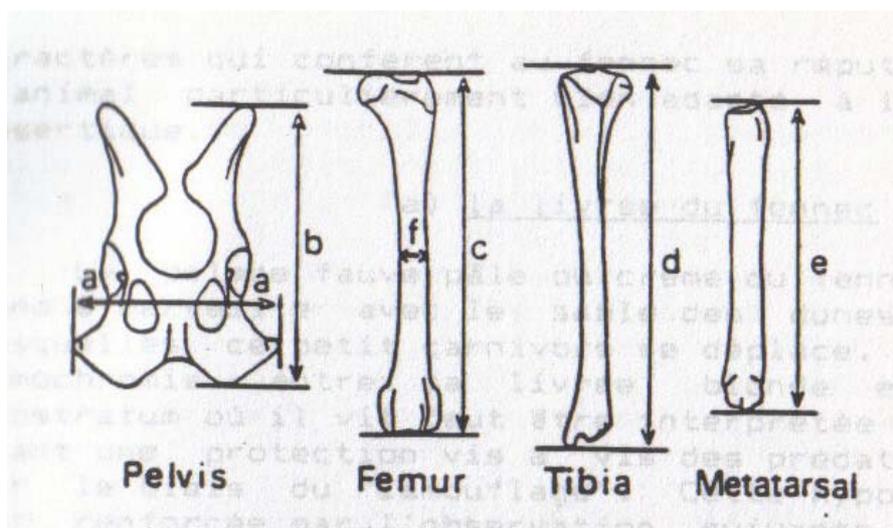


Figure 9 : Représentation schématique des os du bassin, fémur, tibia et métatarse. Mesure des proportions (Clutton-Brock et coll. 1976)

(Fig.9) (Clutton-Brock et coll., 1976)

- * Largeur du bassin / longueur du bassin (a/b) = 75 %
- * Longueur du fémur / longueur du tibia (c/d) = 80 %

- * Largeur minimale du fémur / longueur du fémur (f/c) = 8 %
- * Longueur du 3^{ème} métatarse / longueur du fémur (e/c) = 53 %

- * Longueur du fémur (c) = 79 à 81 mm
- * Longueur du tibia (d) = 93 à 98 mm
- * Longueur du pied = 93mm

- * Longueur du membre antérieur = 23 cm
- * Longueur du membre postérieur = 27 cm

IV. PHYSIOLOGIE

Le Fennec est l'unique Canidé du désert saharien que l'on trouve en des lieux aussi éloignés des oasis et des points d'eau. En effet, cet animal est connu pour sa capacité à survivre en milieu aride pendant des semaines entières sans boire.

Cette faculté surprenante a amené plusieurs scientifiques (Banholzer, 1976 ; Noll-Banholzer, 1979 ; Maloiy et coll., 1982) à étudier en laboratoire les mécanismes de régulation hydrique et thermique du Fennec, ainsi que son fonctionnement rénal et sa fréquence cardiaque ; ces études sont réalisées sur des groupes de quelques individus, soit nés en captivité, soit capturés dans leur milieu naturel, et maintenus dans des conditions proches des conditions naturelles : photopériode, sable, terriers.

IV.1. Adaptation à l'environnement thermique

IV.1.1. Règles générales de l'adaptation des homéothermes

La régulation de la température corporelle est régie par des thermorécepteurs de deux types :

- récepteurs périphériques cutanés
- récepteurs centraux au niveau de l'hypothalamus, du cerveau et de la moëlle épinière.

Les mécanismes de régulation de la température corporelle résultent de réponses nerveuses réflexes mises en jeu chez les homéothermes. Il existe en outre des modifications posturales, comportementales, métaboliques.

C'est l'hypothalamus qui centralise toutes les informations (Tab.I) :

*si la température augmente, il se produit immédiatement une dissipation de chaleur par transpiration et halètement, associée à un phénomène de vasodilatation périphérique.

*si au contraire la température diminue, on observe alors une baisse de la dissipation et une augmentation de la conservation de chaleur par une vasoconstriction périphérique et une pilo-érection. Il y a également augmentation de la production de chaleur par thermogenèse (Mount, 1979).

Tableau I : Récapitulatif des facteurs entrant en jeu dans l'équilibre thermique chez les homéothermes (Lévi, 1991)

Production de chaleur	Perte de chaleur	
	Diminuée	augmentée
métabolisme basal	Vasoconstriction périphérique	Vasodilatation périphérique
nourriture	Piloérection	transpiration
thermogenèse sans frissons avec frissons	graisse sous-cutanée	halètement
activité musculaire	posture compacte	posture étendue

Lorsque la température ambiante augmente de manière exagérée, la diminution de production de chaleur diminue mais seulement jusqu'à un certain stade qui correspond à l'énergie métabolique minimale. Dans ce cas, la température corporelle augmente, malgré le système de dissipation de chaleur, et si cet état persiste on aboutit à la mort de l'animal par hyperthermie (Merot, 1981).

La fourchette de température externe pour laquelle l'énergie métabolique est minimale, constante et indépendante de la température ambiante est appelée zone de neutralité thermique (Schmidt-Nielsen, 1964).

IV.1.2. Température corporelle

IV.1.2.1. Données physiologiques

La plage de neutralité thermique ambiante est comprise entre 25 et 35°C pour Maloiy et coll (1982), entre 22 et 33°C pour Banholzer (1976) et entre 23,4 et 35°C pour Noll-Banholzer (1979a). On peut dire, plus généralement, entre 20 et 35°C.

Dans la plage de neutralité thermique ambiante, la température moyenne générale au repos varie de $38,1 \pm 0,04^\circ\text{C}$ (Noll-Banholzer, 1979a) à $38,2 \pm 0,20^\circ\text{C}$ (Maloiy et coll., 1982). La température rectale suit (Noll-Banholzer, 1979a), un cycle circadien en phase avec la photopériode. La température rectale moyenne est de $38,5^\circ\text{C}$ ($37,4$ à $39,5^\circ\text{C}$) lors de la période nocturne d'activité et de $37,7^\circ\text{C}$ ($36,5$ à $38,7^\circ\text{C}$) lors de la période de repos (Banholzer, 1976 ; Noll-Banholzer 1979a).

La température rectale des nouveau-nés est inférieure de $6,3^\circ\text{C}$ à celle de l'adulte. La réponse métabolique au froid prouve que les fennecs sont capables de sentir la température ambiante dès les premiers jours de vie. Comme chez les chiots nouveau-nés, l'augmentation de production de chaleur lors d'exposition au froid n'est pas suffisante pendant les premiers jours pour maintenir la température corporelle à un niveau constant.

IV.1.2.2. Réactions posturales à la température ambiante

A des températures ambiantes (T^a) inférieures à 20°C , c'est-à-dire inférieures à la plage de neutralité thermique ambiante, le Fennec adopte une position assise, le dos arrondi avec la queue enroulée autour des pattes antérieures. A des températures de 10 - 20°C , il montre une pilo-érection (qualité d'isolation thermique de la fourrure) et des frissonnements et, enfin, entre 7 et 15°C , les vaisseaux des pavillons auriculaires se contractent.

En revanche, à des T^a d'environ 37°C , au-dessus de la neutralité thermique, l'animal s'étend sur le flanc en s'étirant le plus possible. A plus de 38°C , il commence à

halèter. Le Fennec halète la gueule ouverte, la langue tirée mais non pendante, avec l'extrémité de la langue recourbée vers le haut, et cela ne s'accompagne jamais de salivation, contrairement à ce que l'on connaît chez le Chien. Le halètement représente en fait un mécanisme d'urgence de refroidissement tout en lui permettant une conservation de son eau corporelle. L'hypersalivation n'a pas été observée chez cette espèce quelque soient les températures ambiantes testées (Maloiy et coll., 1982). On observe une dilatation des vaisseaux des pattes et des pavillons auriculaires. Les coussinets plantaires transpirent.

A de hautes températures, supérieures à 40°C, la température corporelle du Fennec dépasse 39,5°C. Un maximum de 40,9°C est atteint lorsque la température ambiante est de 45°C. Une température corporelle élevée dans le désert permettrait, à l'animal de conserver sa chaleur endogène (Maloiy et coll., 1982).

IV.1.2.3. Rôle des pavillons auriculaires dans les échanges thermiques

La température de la peau et des oreilles suit de près la température rectale à de fortes températures (Fig.10). Les températures moyennes des oreilles et de la peau du tronc varient de 39 à 39,4°C et de 39,5 à 39,8°C, respectivement, si la T^a est de 39 et 40°C. La température des pavillons auriculaires et de la peau reste inférieure à celle du rectum et du milieu. Maloiy et coll. (1982) confirment ainsi l'existence d'une voie de refroidissement à partir des larges surfaces auriculaires et de la peau du tronc du Fennec lors de l'élévation de la température ambiante et lors des exercices physiques.

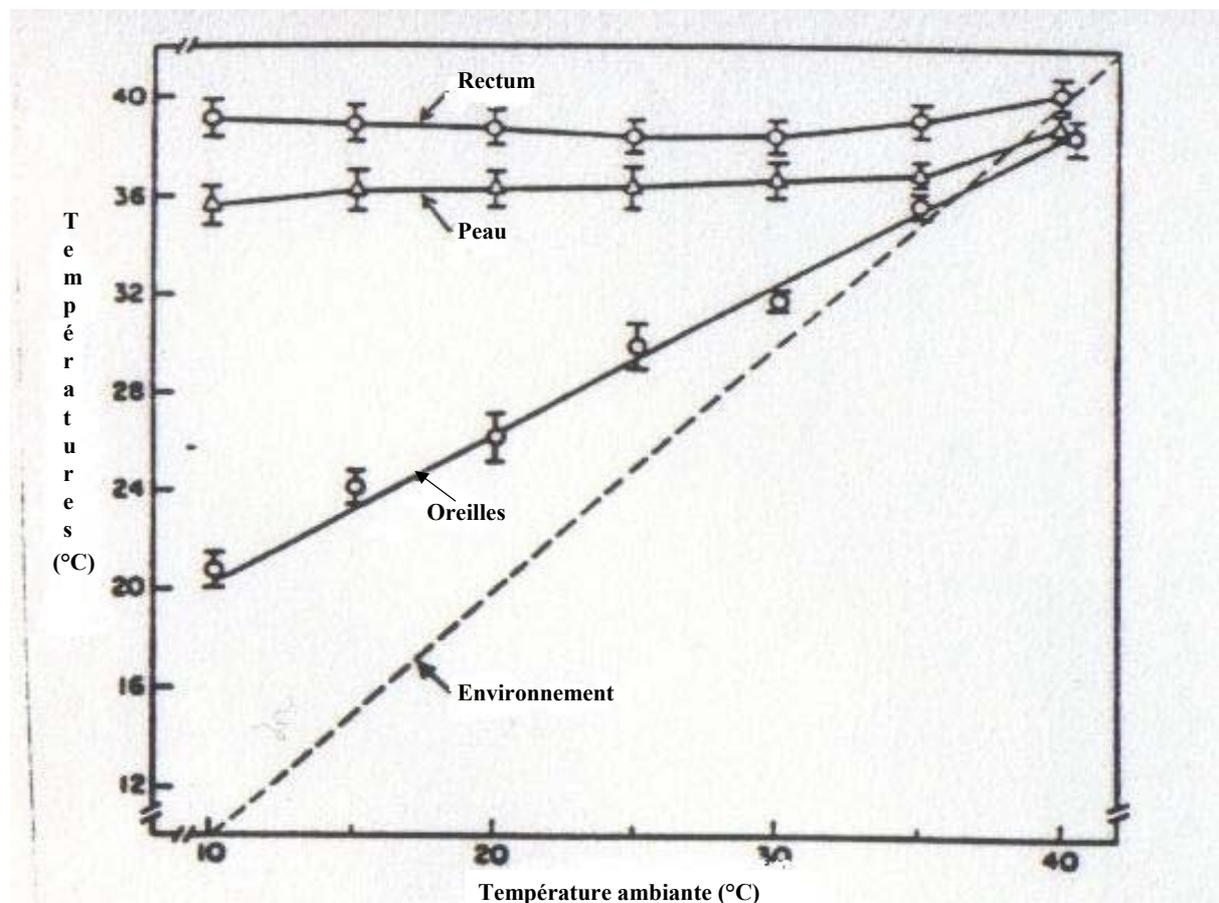


Figure 10 : Température rectale, température cutanée du tronc et des pavillons auriculaires, en fonction de la température ambiante. (Maloiy et coll., 1982)

IV.1.2.4. Conductivité thermique de la peau

Cela correspond au transfert de la chaleur endogène non évaporée vers l'environnement. Elle est en moyenne de 0,787 J/g.h.°C (0,77 ± 0,2 à 1,10 ± 0,2 J/g.h.°C) à une T°a de 10-35°C. Elle s'élève à 1,65 ± 0,3 J/g.h.°C à T°a de 35°C. Elle atteint 14,85 ± 0,4J/g.h.°C à une T°a de 40°C (Maloiy et coll., 1982).

La plage de conductivité thermique est large : faible diminuant les transferts de chaleur par la peau à des températures basses et augmente considérablement si les températures dépassent les 35°C pour dissiper la chaleur endogène par non-évaporation par la peau du corps.

IV.1.2.5. Métabolisme basal

Le métabolisme basal représente la production de chaleur corporelle calculée par le volume de consommation d'oxygène. Le volume de consommation d'oxygène varie de 0,384 (Noll-Banholzer, 1979a) à 0,484 ml d'O₂/g.h. (Maloiy et coll., 1982) à une T°a de 10 à 37°C en chambre expérimentale. Ces deux valeurs représentent respectivement 60 % et 75 % du volume de consommation d'oxygène estimé chez un mammifère de même masse corporelle d'après la formule théorique de Kleiber :

$$VO_2/m = 3,42m^{-0.25}$$

Avec VO₂ le volume en millilitres d'oxygène consommé en une heure et m la masse corporelle en grammes.

La production de chaleur métabolique est de 9,67 à 14,26 J./g.h. à une T°a de 30-40°C. Le métabolisme basal du Fennec est faible comparé à d'autres espèces de même masse corporelle.

Le stockage de la chaleur métabolique est de 0,36 à 5,10 J./g.h. à une T°a de 30-40°C (Maloiy et coll., 1982). La conservation de la chaleur métabolique est élevée. Elle permet au Fennec de réduire son métabolisme basal et de préserver 0,735 à 3,792 grammes d'eau.

Le métabolisme basal des Mammifères semble varier avec le climat : il a tendance à s'élever dans les climats froids et à diminuer dans les climats arides et désertiques. Les espèces utilisant des terriers devraient avoir un métabolisme basal 10 à 40 % inférieur au niveau estimé à partir de leurs masses corporelles. Le faible métabolisme basal associé à la conservation élevée de la chaleur métabolique des espèces strictement désertiques, comme le Fennec, serait une adaptation pour réduire la chaleur endogène évitant à l'animal de recourir aux mécanismes d'évaporation pour refroidir le corps (Noll-Banholzer, 1979a). Un tel caractère physiologique représente un moyen efficace pour la conservation de l'eau endogène dans un milieu désertique chaud, pauvre en sources hydriques.

La large plage de la conductivité thermique de la peau, la multiplication par deux ou trois de la production de chaleur endogène et les postures adoptées représentent les mécanismes permettant au Fennec de maintenir une température corporelle constante de 38°C lorsque les températures ambiantes sont basses comme 7°C (Maloiy et coll., 1982).

Lorsque les températures ambiantes sont élevées (plus de 35°C), le Fennec augmente sa température corporelle, mais jamais à plus de 40,9°C, et sa chaleur endogène ainsi que la conductivité thermique de la peau pour dissiper la chaleur endogène en excès sans faire appel aux mécanismes de refroidissement par évaporation (Maloiy et coll., 1982).

IV.2. Equilibre hydrique

IV.2.1. Le Fennec se passe facilement de boire

L'unique source d'eau disponible pour le Fennec dans son milieu naturel est l'eau contenue dans son alimentation. Banholzer, intrigué par la capacité de survie du Fennec dans des conditions aussi extrêmes, a montré, qu'après 100 jours passés sans distribution d'eau avec des régimes alimentaires (à base de souris et de bananes) R1, R2 et R3 contenant respectivement 74,6 ; 68 ; et 50,3 % d'eau ; les fennecs paraissent en pleine forme. Ils pourraient vivre ainsi apparemment indéfiniment. Le Fennec semble être capable de maintenir en captivité un poids corporel constant, et même de prendre du poids, à partir d'un régime alimentaire constitué de souris ou de viande fraîche sans apport en eau de boisson.

Il parviendrait donc dans le désert à couvrir ses besoins hydriques journaliers grâce à l'eau contenue dans les plantes succulentes et dans les insectes dont il se nourrit (Noll-Banholzer, 1979b).

IV.2.2. Cycle de l'eau

L'apport d'eau total correspond à l'eau alimentaire, à l'eau métabolique. L'apport hydrique journalier varie de 4,8 % à 6,4 % du poids corporel selon la teneur en eau du régime alimentaire (Banholzer, 1976).

Les pertes d'eau sont réparties en pertes urinaires (47 %), pertes fécales (8 %) et pertes évaporatives (45 %) (Banholzer, 1976).

IV.2.2.1. Pertes par évaporation

L'eau perdue par évaporation est à peu près constante pour les trois régimes. Entre 10 et 30°C, la perte totale par évaporation en eau s'élève de 0,65 à 0,91 mg H₂O/h. (Noll-Banholzer, 1979a). La perte totale d'eau par évaporation est en moyenne de 0,908 mg H₂O/h. à des températures ambiantes de 10 à 25°C (Maloiy et coll., 1982). Le Fennec se caractérise par un faible taux de perte totale d'eau par évaporation (PEE) par rapport à sa masse corporelle. Le taux calculé ne représente que 31 % de la valeur théorique à une température ambiante de 24°C selon la formule $PEE (g/h) = 2,58m^{0,826} (kg)$.

A des températures plus élevées, la perte hydrique par évaporation augmente. Elle est multipliée par 3,5 à 38°C et atteint 3,93 à 4,83 mg H₂O/h. si la température ambiante est de 40°C. A ce stade, 56 % en moyenne (75 % au maximum) de la chaleur métabolique peut être perdue par évaporation.

IV.2.2.2. Concentration urinaire

L'urine émise est en relation directe avec l'eau reçue : volume urine VR₃ = 40 % VR₁ et VR₃ = 50 % VR₂ (Banholzer, 1976). La conservation d'eau se fait donc aussi par diminution du volume des urines émises. La concentration urinaire reflète fidèlement les conditions alimentaires du Fennec.

La concentration urinaire est en moyenne de 2559 mOsm/L (581-4022) (Noll-Banholzer, 1979b). La concentration en urée est en moyenne de 1991 mM/L (944 à 2701). Ces valeurs sont supérieures à celle décrites chez le Chien et le Chat (Tab.II), mais sont comparables aux valeurs d'autres carnivores désertiques (Noll-Banholzer, 1979b).

Tableau II : Concentrations urinaires maximales chez quelques carnivores. (Noll-Banholzer, 1979)

	type de rein	concentration urinaire maximale (mOsm / l)
Chien	à crête	2608
Chat	à papille	3118
Fennec	à papille	4022

Malgré leur grande capacité de concentration, le rein du Fennec ne présente aucune originalité dans sa structure et son histologie. Il est de type primitif avec une couche médullaire divisée en une zone interne et une zone externe et forme une papille contrairement à celle du Renard roux qui forme une crête (Noll-Banholzer, 1979b).

La faible perte en eau par évaporation représente un avantage certain pour économiser l'eau corporelle à l'intérieur de la plage de neutralité thermique du Fennec. Elle peut être cependant défavorable à de hautes températures ambiantes, car l'animal ne parvient plus à éliminer par évaporation que 56 % (maximum 75 %) de la chaleur métabolique produite, ce qui provoque une élévation de la température corporelle. L'évaporation est le facteur limitant dans le maintien de l'équilibre thermique.

Cela a amené Noll-Banholzer (1979a, b) et Maloïy et coll. (1982) à conclure que le Fennec supporte mal les fortes températures externes. Son adaptation au désert chaud est donc plus comportementale (bien que son adaptation physiologique soit remarquable pour un petit canidé) en se terrant la journée et en s'activant la nuit. La présence de terrier serait donc un facteur limitant du Fennec dans le Sahara.

IV.3. Rythme cardiaque et respiratoire

IV.3.1. Rythme cardiaque

La courbe circadienne de la fréquence cardiaque correspond à celle de la température rectale et varie avec la température ambiante (Fig.11). Au repos, la fréquence est inversement proportionnelle à la température ambiante lorsqu'elle est comprise entre 10° et 24°C (Noll-Banholzer, 1979a).

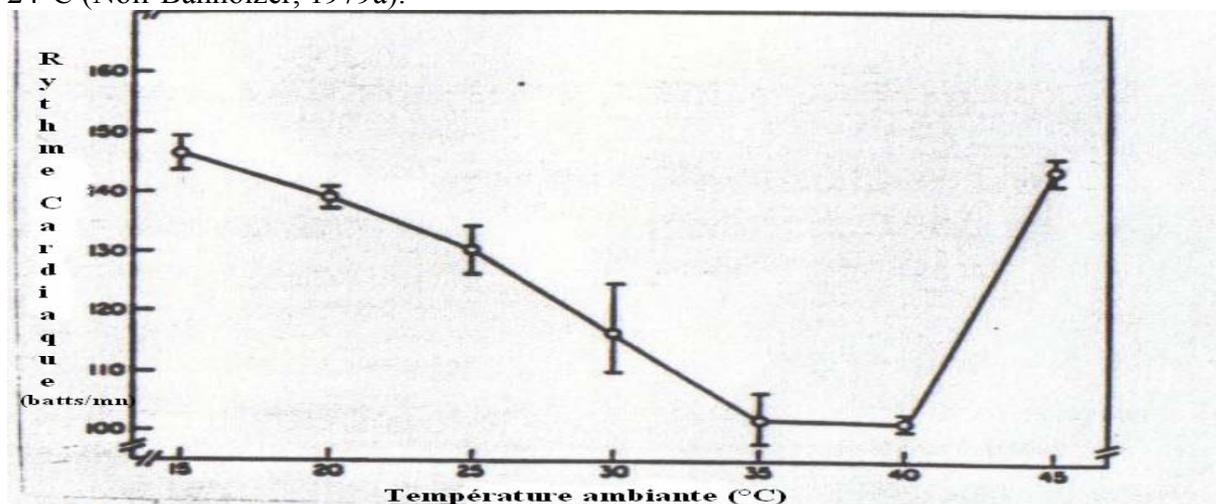


Figure 11: Rythme cardiaque du Fennec en fonction de la température ambiante. (Maloïy et coll., 1982)

La fréquence cardiaque moyenne est de 118 battements/mn chez des individus libres dans une loge, alors qu'elle est de 74,6 battements/mn en chambre expérimentale (Noll-Banolzer, 1979a). La fréquence moyenne au repos, (vers 10 heures) à des températures ambiantes de 25-35°C varie de 101 ± 1 à 102 ± 5 battements/mn (98 à 105 battements/mn) (Maloiy et coll., 1982). La moyenne maximale enregistrée lors de l'effort est de 154 battements/mn (Noll-Banholzer, 1979a) ; Ce pic est observé vers 5 heures du matin.

La fréquence cardiaque du Fennec est faible relativement à sa masse corporelle. Le rythme cardiaque au repos représente seulement 51 % de la valeur prévue selon la formule de Hudson, à températures neutres :

$$\text{RCR (mn-1)} = 816 * m^{-0.25} \text{ (g)}$$

Avec RCR le Rythme Cardiaque au Repos et m la masse corporelle du Fennec.

Ce rythme de base faible devrait lui permettre de maintenir un métabolisme basal réduit au repos et de plus grandes marges pour augmenter sa fréquence cardiaque pour répondre aux besoins augmentés en oxygène lors de conditions défavorables, par exemple, aux basses températures ambiantes, lui évitant ainsi de modifier son volume sanguin (Noll-Banholzer, 1979a ; Maloiy et coll., 1982).

IV.3.2. Rythme respiratoire

La fréquence respiratoire du Fennec varie peu dans des températures extérieures comprises entre 10 et 30°C. Dans ces conditions, elle oscille de 13 à 23 respirations/mn.

En revanche, dès que la température ambiante dépasse 35°C, la fréquence respiratoire augmente de manière très accusée, pour atteindre des valeurs de 600 battements par minute. Elle peut atteindre une valeur de 690 par minute, maximum observé, avec halètements gueule ouverte, si la T°a dépasse 35°C (Maloiy et coll., 1982).

IV.4. Paramètres sanguins

IV.4.1. pH, gaz sanguins et hématimétrie

Les données sont présentées pour différentes températures ambiantes (Tab.III) :

Tableau III : Valeurs moyennes (\pm écarts-types) des paramètres du sang artériel chez le Fennec mesurées à différentes températures ambiantes sur trois individus (Maloiy et coll., 1982)

Mesures	Températures ambiantes		
	30°C pas de halèment	40°C halèment	45°C halèment
pH	$7,47 \pm 0,21$	$7,44 \pm 0,02$	$7,51 \pm 0,02$
P CO2 (torr)	$29,20 \pm 1,08$	$25,20 \pm 1,65$	$16,23 \pm 1,12$
P O2 (torr)	$104,30 \pm 2,69$	$98,80 \pm 0,6$	$108,5 \pm 0,42$
Hb (mg %)	$14,50 \pm 0,14$	$16,70 \pm 0,83$	$13,90 \pm 0,15$
Hct (%)	$42,30 \pm 0,73$	$43,23 \pm 0,35$	$38,30 \pm 0,34$

Il semble que l'augmentation de la température ambiante n'entraîne que de faibles variations des valeurs du pH, de la pression artérielle en oxygène, des taux d'hématocrite et d'hémoglobine. En revanche, la pression artérielle en gaz carbonique chute sensiblement.

IV.4.2. Numération formule

Avargues et Goudeau (1961) ont dressé le tableau sanguin de l'espèce qui est le suivant :

- Numération : (par mm³)
Globules rouges = 9 millions (7,4 à 12,2 millions)
Globules blancs = 6000 (3900 à 11200)
- Formule :
Neutrophiles = 48,50 % (32 à 66 %)
Acidophiles = 1,90 % (0 à 4.50 %)
Basophiles = 2,90 % (0 à 10 %)
Lymphocytes = 40,80 % (23 à 53 %)
Monocytes = 5,90 % (0 à 11 %)
- Hématocrite : 47,60 % (40,50 à 56,60 %)
- Mensurations globulaire : 6,64 microns (4,70 à 7,50 microns)
- pH : 7,62 (7,42 à 7,78)
- Vitesse de sédimentation : 1,60 mm/h

Comparé à celui du Chien, le tableau sanguin du Fennec se distingue seulement par un nombre de globules rouges plus élevé (9 millions contre 6,5) et par un diamètre globulaire plus petit (6,6 micromètres contre 7,2). D'après les auteurs, on pourrait y voir une adaptation aux efforts prolongés tels que la course, en relation avec les mœurs du Fennec.

V. REPRODUCTION ET CROISSANCE DES JEUNES

Les descriptions sur les modalités de la reproduction des fennecs sont aussi issues principalement d'études en captivité. Elles sont conformes à celle des autres membres des Canidés (Fox, 1975).

V.1. Maturité sexuelle

Les jeunes atteignent leurs tailles adultes et deviennent sexuellement murs entre sept et 11 mois d'âge (Koenig, 1970 ; Bekoff, 1975). La taille définitive est obtenue à neuf mois, d'après Grizmek (1974).

V.2. Cycle oestral

La période oestrale est saisonnière et se déroule entre janvier et mars (Gauthier-Pilters, 1967 ; Gangloff, 1972 ; Grizmek, 1974 ; Fox, 1975).

Le rut aurait lieu entre janvier et mars en Afrique du Nord, et entre décembre et février dans le Sud du Sahara, d'après les dates où ont pu être observés les nouveaux nés dans ces régions (Dragesco-Joffe, 1993).

Il semble que cette période soit retardée de un à deux mois en captivité (en raison de la latitude et des conditions de captivité) avec un pic entre avril et juin (Petter, 1957 ; Gauthier-Pilters, 1962 ; Saint-Girons 1962 ; Gangloff, 1972 ; Lévi, 1991 ; Bauman, 2002).

L'œstrus de la femelle, qui n'est pas accompagné de pertes sanguines, ne dure qu'un ou deux jours (Bekoff, 1975 ; Le Berre, 1990). Le mono œstrus est cyclique et dure $9,9 \pm 1,2$ mois. Le pro œstrus, jugé par le gonflement de la vulve, est estimé à $6,5 \pm 0,7$ jours avant l'œstrus (Asa et Valdespino, 1998 ; Valdespino, 2002).

Les concentrations en progestérone et en œstradiol fécales et sérologiques durant le cycle œstral sont similaires à celles reportées sur les autres Canidés (Lévi, 1991).

Il semble que l'activité sexuelle des mâles et des femelles peut être provoquée en captivité par une augmentation de la durée de l'éclairage artificiel de 16 à 24 heures (Gangloff, 1972).

V.3. Comportement sexuel

La saison des amours se caractérise par des cris particuliers, exprimés par les femelles, à la recherche de leurs partenaires. Il s'agit d'une sorte de caquètement plaintif, tremblé, à tonalité grave et descendante.

Le mâle commence par sentir la femelle, puis la mord au cou, au dos ou à la base de la queue. Il gratte le sol, soit avec les postérieurs alternativement, soit avec les deux antérieurs simultanément, avance vers sa compagne le dos incurvé, de côté, puis s'en éloigne dans un manège incessant. Ce faisant, le mâle émet de fréquents jets d'urine et hérissé les poils de la base de la queue.

L'accouplement est typiquement canin avec un accrochage dos à dos par blocage pénien qui peut durer jusqu'à 75 minutes selon Gangloff (1972), deux heures et 45 minutes selon Valdespino (2000). La femelle adopte une attitude de soumission. Elle se renverse sur le dos en poussant un cri aigu, et présente sa vulve au mâle. Quand celui-ci s'approche, la femelle se remet sur le ventre et s'aplatit sur le sol, oreilles complètement rabattues en arrière. Son compagnon la couvre en grognant (Grizmek, 1974). Plusieurs saillies peuvent se succéder à deux ou trois heures d'intervalles (Gauthier-Pilters, 1967 ; Bekoff, 1975).

V.4. Gestation et mise-bas

La femelle donne naissance entre mars et mai, après une gestation de 50 jours, avec un intervalle de 49 à 52 jours, à une portée de 2 à 4 petits (5 au maximum) (Petter, 1957 ; Saint-Girons, 1962 ; Gauthier-Pilters, 1967 ; Koenig, 1970 ; Dorst et Dandelot, 1970 ; Meester et Setzer, 1971 ; Gangloff, 1972 ; Rosevear, 1974 ; Grizmek, 1974 ; Fox, 1975 ; Nowak, 1999).

Les mises bas ont lieu à partir de la mi-février dans le Nord de l'Afrique et déjà un mois plus tôt dans le Sud du Sahara (Dragesco-Joffe, 1993).

Elle se déroule à l'abri, dans le terrier ; le mâle défend la femelle avant et pendant la naissance, sans jamais entrer dans le box (Koenig, 1970 ; Dragesco-Joffe, 1993).

En général, il n'y a qu'une portée par an par individu, mais, en captivité, en cas de perte, la femelle peut avoir une portée de remplacement en août ou septembre, 2,5 à 3 mois après l'échec de la première portée (Gauthier-Pilters, 1967 ; Koenig, 1970 ; Brambell, 1974 ; Grizmek, 1974 ; Haltenorth et Diller, 1977).

Il n'est pas rare, note Dragesco-Joffe (1993), d'observer des jeunes au Sud du Sahara en automne. Dans le milieu naturel, les femelles fennecs auraient aussi la capacité de produire plus d'une portée dans une année.

V.5. Elevage des petits

Le mâle participe à l'élevage des petits en défendant le terrier et en rapportant de la nourriture à la femelle et aux petits, même avant la mise-bas. Le mâle n'entre cependant pas dans le terrier en raison de la forte agressivité de la femelle durant cette période (Koenig, 1970). De son côté, la femelle ne quitte pas le terrier pendant la première semaine qui suit la parturition pour éviter l'hypothermie des nouveau-nés. L'inter-agressivité des parents est manifeste pendant l'élevage des petits et ne diminue qu'à la fin de l'allaitement (4 jusqu'à 8 semaines d'âge) (Gauthier-Pilters, 1967 ; Gangloff, 1972).

Il semble que l'une des causes principales de la mortalité chez les petits, hormis les parasitoses, en captivité, soit liée à leur transport continu par la mère. La mère chercherait à soustraire ses petits du public mais ne trouvant pas de caches satisfaisantes dans la loge ; elle ne cesse de les transporter dans sa gueule provoquant la rupture des vertèbres cervicales. Gangloff (1972) liste les conditions nécessaires pour réussir l'élevage en captivité. Parmi celles-ci, la femelle doit avoir en permanence un contact visuel, auditif et olfactif avec ses congénères.

Les nouveau-nés, qui ont les yeux fermés, mesurent en moyenne six cm sans la queue (quatre cm), et ne pèsent que 42 à 45 grammes. La queue et les oreilles sont relativement courtes à la naissance, ces dernières ne commençant à se développer vraiment qu'après trois semaines d'âge. L'ouverture des yeux se produit en général à la deuxième semaine d'âge (Grizmek, 1974).

A la naissance, les jeunes présentent un duvet ras, couleur sable, avec une raie dorsale plus foncée s'étendant de la nuque au tiers basal de la queue ; ce pelage s'épaissit rapidement pour acquérir entre sept semaines et trois mois le même aspect que celui des adultes (Grizmek, 1974).

L'ingestion d'aliments solides débute vers la troisième (25^{ème} jour) semaine de vie et les jeunes sont sevrés à l'âge de 61-70 jours. Ils ont à ce moment presque l'aspect de l'adulte, avec toutefois des pattes proportionnellement plus grosses, des oreilles un peu plus courtes et un pelage plus roux. Le jeune fennec commence alors à sortir du terrier (Grizmek, 1974 ; Dragesco-Joffe, 1993).

Leur mère veille toujours lorsque les petits sortent. S'ils s'éloignent de trop, elle va les chercher et les ramène dans sa gueule en les tenant par le cou (Grizmek, 1974).

Des captures de jeunes individus de 1 an dans des terriers laissent penser que les petits restent avec leurs parents d'une portée à l'autre (Gauthier-Pilters, 1967 ; Grizmek, 1974). L'avantage de cet état de fait serait de former une unité coopérative pour l'élevage et pour la chasse, en relation avec la pauvreté en nourriture (Fox, 1975).

Par ailleurs, il semblerait que les couples demeurent unis plusieurs années, mais tout cela reste à vérifier (Dragesco-Joffe, 1993).

VI. ECOLOGIE

Il existe peu de données sur l'écologie et le comportement social de l'espèce dans son milieu naturel en raison des difficultés de l'observation sur le terrain. Quelques données et informations sur son habitat potentiel sont décrites notamment par Alain Dragesco-Joffe (1993). Les données acquises sur ses interactions avec son biotope (organisation sociale, comportement sociale, prédation) sont interprétées à partir d'études réalisées en captivité.

VI.1. Caractéristiques du milieu saharien et habitat

VI.1.1. Le milieu saharien

VI.1.1.1. Limite du Sahara et climat

Avec approximativement 9 000 000 km², le Sahara est le plus grand désert chaud de la planète. Il s'étend en Afrique sur plus de 5 000 km d'est en ouest et sur 2 000 km du nord au sud. Les limites géographiques du Sahara sont définies suivant des critères botaniques et climatiques. Du point de vue climatique, le Sahara sépare la région méditerranéenne à régime de pluie hivernal de la région sahélienne aux pluies tropicales d'été. Il est divisible en quatre zones distinctes : la bordure septentrionale, la bordure méridionale, la bande côtière atlantique, et la partie centrale, qui constitue le « vrai » Sahara (Dragesco-Joffe, 1993).

Le Sahara central présente les conditions (aridité, sécheresse, contrastes thermiques, vent) (Annexe IV) les plus hostiles au développement de la vie animale et végétale. Le climat est très rarement influencé par des dépressions atmosphériques en provenance du nord (octobre et février) ou surtout du sud (juillet à septembre). Comme tous les déserts, les précipitations annuelles sont faibles et inférieures à 100 mm en moyenne (Monod, 1973 ; Marmol et coll., 2000).

C'est cette absence de précipitations qui a transformé le Sahara en désert. Théodore Monod a illustré cette idée de l'origine climatique du grand Désert par l'une de ses fameuses boutades : « Transportez le Sahara sous la latitude de la France (...) et ses sables se couvriront, comme ceux des Landes, de forêts. »

Les sols sahariens ont effectivement la particularité d'être dépourvus de toute terre du fait de l'aridité et des vents, et de contenir une forte concentration de sels sodiques et magnésiens, ce qui représente un obstacle à la vie de nombreuses espèces botaniques, cela se répercutant secondairement sur les espèces animales (Dragesco-Joffe, 1993).

VI.1.1.2. Les milieux naturels sahariens

Mais, les paysages sont beaucoup plus variés au Sahara, qu'on ne le croit généralement, et à chacun d'entre eux, correspondent une flore et une faune originales.

Une description brève de la physionomie des principaux milieux naturels sahariens, en particulier la nature du sol, sa, plus ou moins, grande exposition aux agents atmosphériques (soleil et vent), et ses conditions écologiques sont présentées dans l'Annexe V. La classification commode est schématique ; dans la réalité, il existe souvent des zones de transition entre ces milieux.

VI.1.2. Habitat

L'habitat naturel du Fennec est peu connu (Gauthier-Pilters, 1967).

Les fennecs s'installent en terrain meuble, sur les dunes de sable des régions semi-désertiques, mais aussi dans des milieux assez diversifiés, depuis le désert absolu jusqu'en plein Sahel (Dragesco-Joffe, 1993). Bien adapté aux milieux arides, ils ont besoin d'un substrat meuble pour creuser leurs terriers et se trouvent principalement dans les régions sableuses. Les dunes et les plaines de sables leur fournissent un habitat idéal (Dorst et Dandelot, 1969 ; Meester et Setzer, 1971 ; Rosevear, 1974). Il évite toutefois les montagnes où la roche domine et les hautes dunes, comme dans l'est du massif de l'Air, où les dunes font 300 m de hauteur. Ils préfèrent s'installer en bordure des massifs dunaires (erg du Ténéré), en général, le long des oueds. Mais, ils sont rares à l'ouest du massif de l'Air. Ils n'aiment pas beaucoup les grands oueds qui descendent de la montagne, même là où ils s'ouvrent dans les vallées, probablement parce que le sable y est trop grossier et les broussailles trop abondantes (Dragesco-Joffe, 1993).

Dragesco-Joffe en 1993 signale que l'habitat typique de cette espèce est un terrain recouvert de sable fin, parsemé de petites dunes de 1 à 3 m de hauteur, avec de-ci, de-là de petits arbustes ; l'animal aime les utiliser pour se mettre à l'affût et s'abriter du soleil en fin d'après-midi, et aussi parfois en début de matinée.

La présence de zones caillouteuses sur 20 à 40 % du terrain ou de petites collines rocheuses à la périphérie du territoire habité ne sont pas un obstacle à l'installation de l'animal ; il s'en sert même de refuge lorsqu'il est surpris loin de son terrier. Cette description correspond aux contrées semi-arides et sahéliennes situées au sud et au sud-ouest d'Agadès (Dragesco-Joffe, 1993).

VI.2. Régime et comportement alimentaire

VI.2.1 Régime alimentaire en milieu naturel

Le Fennec est omnivore. Il se nourrit de petits Rongeurs tels que Gerbilles et gerboises, Mériones ; de petits Oiseaux, Alouettes et Gangas ; d'œufs, de Lézards, de Geckos, de Scinques, d'Insectes de toutes sortes tels que Scarabées et Criquets, de matériel végétal : plante grasse, succulente, et particulièrement les racines tubéreuses et bulbeuses, qui peuvent être une importante source d'eau, de baies et de fruits variés (Gauthier-Pilters, 1967 ; Dorst et Dandelot, 1970 ; Meester et Setzer, 1971 ; Rosevear, 1974 ; Grizmek, 1974 ; Fox, 1975 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004).

Des analyses réalisées sur des déjections de fennecs ramassées dans l'Ouest saharien révélèrent quelques fragments de Vertébrés, mais surtout de nombreux débris de Coléoptères, d'Orthoptères et de Fourmis (Monod, 1959). Les Insectes, principalement les Sauterelles, constitueraient les proies les plus fréquentes (Grizmek, 1974).

Les fruits des arbres et des arbustes suivants seraient réputés consommés par les fennecs sahéliens : *Balanites aegyptiaca*, *Boscia senegalensis*, *Grewia tenax*, *Cordia rothii* (Dragesco-Joffe, 1993).

Ses goûts sont éclectiques en captivité. Il est capable de manger des aliments très variés : cœur de chameau cru ou grillé, crabe en conserve, poisson, fromage, carottes, feuilles de pissenlits, pain, confiture, miel, noisettes, poires (Grizmek, 1974 ; Levi, 1991).

VI.2.2. Comportement alimentaire

Le Fennec chasse de nuit quand la faune du désert sort. Il part dès le coucher du soleil, là où il est tout à fait tranquille, et seulement après la tombée de la nuit dans les régions habitées. Alain Dragesco-Joffé (1993), qui a eu l'occasion de voir plusieurs fennecs dans leur milieu naturel au Niger, note qu'ils réintégraient le terrier le matin vers 6 à 8h, et même plus tard à la saison des pluies ou à la saison froide, pour en ressortir une heure environ avant le coucher du soleil vers 17-18h. Il errerait à la recherche de sa nourriture même par des conditions météorologiques détestables : vent soufflant en rafales, températures basse, visibilité faible (Dragesco-Joffé, 1993).

Il est relativement bien équipé pour la chasse. Il possède une vue, un odorat, et bien sûr une ouïe très développée ; il a la capacité à percevoir des sons ténus ; de plus, le Fennec est doué d'agilité et de vivacité. Toutes ces qualités font du Fennec un bon chasseur (Levi 1991 ; Dragesco-Joffé, 1993).

Les proies classiques se trouvent le plus souvent aux bas des petites dunes de sables qui se forment au pied de beaucoup de plantes du désert sous le sable ou dans des trous (Dragesco-Joffé, 1993). Il se glisse la nuit entre les dunes, prudemment et à pas mesurés, regardant de tous côtés, flairant, écoutant (Grizmek, 1974). Les Criquets du désert lui donnent abondamment à manger sans faire d'efforts quand c'est la période. Ils sont attrapés sur le sol ou happés au vol. Il trouve aussi à se nourrir en déterrants certaines proies grâce à ses griffes. La nourriture est obtenue par creusage, grattage et râtelage des habitats. Ainsi, on trouve souvent son territoire truffé de petits trous caractéristiques. Il y trouve Reptiles (Lézards acanthodactyles, Géckos, Sténodactyles) et Arthropodes (Scorpions, Pimélies et Prionothesques (deux groupes particulièrement abondants de Coléoptères ténébrionidés). L'animal s'appuie sur ses pattes postérieures et gratte le sable alternativement avec ses deux antérieurs, rejetant le sable derrière lui. Les oreilles s'étendent en arrière, les pavillons tournés vers l'extérieur et légèrement vers le bas. La queue est tenue dressée. Lorsqu'il s'agit d'un vertébré, la proie est capturée par un bond et tuée par morsure à la nuque. La mise à mort des gerboises a été observée en captivité. Il commence par la mordre au milieu du dos, puis la prend dans sa gueule et la secoue énergiquement avant de la laisser tomber sur le sol. Si elle remue toujours, il renouvelle l'opération. Quand elle cesse de bouger, il la saisit délicatement par le côté du cou et lui ouvre alors d'un coup sec l'arrière du crâne. Il commence ensuite son repas par la tête. Le dépeçage de sa proie est lent à cause de sa faible dentition. Il met 5 à 6 minutes alors que les chats des sables (*Felis margarita*) ne mettent que 15 à 20 secondes, et la mâchent assis, tournant le dos à un concurrent potentiel. L'action de mâcher s'effectue dans l'angle de la gueule, avec une alternance de côté. Dans la nature, il ferait comme en captivité des caches : la nourriture excédentaire n'est pas ramenée au terrier, mais enterrée sur le territoire (Dragesco-Joffé, 1993).

VI.3. Utilisation de l'espace et rapports inter-individuels

VI.3.1. Construction des terriers

Selon les nomades, il creuserait son terrier en mars et l'habiterait toute l'année sauf l'hiver (Gauthier-Pilters, 1967).

Il s'éloigne de la principale source de chaleur, la surface du sol, durant la journée : Avec une température extérieure de 45°C environ, en saison chaude, la surface du sol peut dépasser les 50°C et l'hygrométrie tomber à 20 %, mais à l'intérieur d'un terrier, à un mètre

sous terre, la température ambiante est voisine de 20-25°C ; elle ne dépasse pas 30°C avec une hygrométrie d'environ 50 %.

Le terrier est généralement assez étendu ; il se compose de galeries susceptibles d'atteindre une dizaine de mètres de longueur, à un mètre de profondeur. Plusieurs entrées peuvent être interconnectées et fermées (Burton, 1973). Le terrier est habituellement maintenu propre et tapissé de plantes, de poils et de plumes afin de préserver l'humidité et la fraîcheur intérieure (Levi, 1991 ; Dragesco-Joffe, 1993).

Alain Dragesco-Joffé (1993) décrit deux types de terriers selon la nature du terrain :

- En terrain sableux type saharien, le terrier est creusé dans de petites dunes au pied des végétations et arbustes (genêts et tamaris). Il est peu profond et de construction sommaire. Il comprend quelques entrées dont une principale au centre, des couloirs et une chambre d'habitation.

- En terrain rocailleux type sahélien, le terrier est de construction plus complexe pouvant s'étendre sur plus de cent mètres carrés. Il est profond et comprend plusieurs galeries ramifiées entre elles, de multiples entrées parfois éloignées de plus de quinze mètres les unes des autres avec une chambre d'habitation au bout des galeries. Le terrier peut couvrir jusqu'à une surface de 120 m² et quinze entrées différentes.

VI.3.2. Structure sociale et territorialité

Les détails sur l'étendue du territoire d'un fennec ou d'un groupe de fennecs sont inconnus (Ginsberg et Macdonald, 1990 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004). Les caractères du territoire restent sujets à des suppositions contradictoires.

Alain Dragesco-Joffé (1993) a croisé des individus solitaires, en couple et, plus rarement plus de deux. Leur organisation sociale serait semblable à celle du Renard roux, *Vulpes vulpes* (Lévi, 1991).

Ils vivraient en petits groupes d'une dizaine d'individus au maximum (Dorst et Dandelot, 1970 ; Grizmek, 1975 ; Ginsberg et Macdonald, 1990 ; Nowak, 1999) ; chacun installerait son terrier au centre d'un domaine vital. L'unité sociale basique serait le couple et leurs petits (Sheldon, 1992). Ils constitueraient des unités familiales sur le même territoire pendant plusieurs années, les petits restant relativement longtemps avec leurs parents. Le couple serait stable, sociable et s'occuperait ensemble de sa progéniture (Haltenorth et Diller, 1977 ; Dragesco-Joffé, 1993).

VI.3.3. Communications entre individus

VI.3.3.1. Marquage du territoire

Seul le mâle marquerait son territoire par des traces d'urine. Le Fennec augmenterait les fréquences de ses marquages urinaires pendant la saison de reproduction (Gauthier-Pilters, 1967 ; Bekoff, 1975 ; Haltenorth et Diller, 1977). Les dominants urinaient plus que les subordonnés.

En captivité, l'urine et les selles sont habituellement couverts de sable. En l'absence de volonté de marquage du territoire, les fennecs creuseraient un petit trou, y déposeraient ses excréments et les recouvriraient par des mouvements de museau (Gauthier-Pilters, 1967). Mâles et femelles auraient l'habitude de recouvrir leurs crottes et leurs urines avec du sable, à la manière des petits Félidés.

VI.3.3.2. Communications sonores

La communication entre les congénères dispersés pourrait être assurée par des sons quasi-inaudibles pour les autres animaux, grâce aux bulles auditives qui forment des caisses de résonance (Petter, 1957). Celles-ci permettraient également la détection de ses proies et d'éventuels prédateurs.

Le registre vocal du Fennec semble riche, fourni et varié (Rensch, 1950 ; Gauthier-Pilters, 1967). Fox (1975) voit là une adaptation à la vie crépusculaire, où les signaux visuels ne sont possibles qu'à faible distance entre les individus. Bien que ces sons soient difficilement descriptibles, on décrit des :

- gémissements de malaise (même chez les jeunes), grognements d'excitation (par exemple pendant l'accouplement),
- cris de contact ; c'est un hurlement plaintif et vibrant, tremblé, légèrement descendant, similaire à un « ke-ke-ke » (de 1 à 2 secondes) qui est souvent répété. Il est émis lors de la recherche du partenaire ou des jeunes et lorsque l'animal a faim ou froid,
- cris stridents d'excitation (salutation, chasse, fuite) et autres cris aigus quand il se jette sur le dos en signe de soumission,
- aboiements en tant que cris d'alarme,
- ronronnements similaires à ceux du Chat domestique,
- jappements d'intensités variées quand il se sent menacé ou avant une attaque.

C'est à la saison des amours que l'on entend le plus facilement leurs cris.

VI.4. Prédation naturelle

Elle n'aurait aucune conséquence sur les populations de Fennec. Le Fennec aurait peu de prédateurs (Dragesco-Joffe, 1993) ; et, seul, les petits fennecs seraient prélevés. Il ne voit qu'un seul prédateur éventuel pour les juvéniles, le Hibou ascalaphe (*Bubo ascalaphus*).

Les fennecs seraient les proies des chacals, des hyènes et des chiens domestiques (Gauthier-Pilters, 1967). Les nomades racontent que ces Carnivores n'attraperaient que les jeunes et nouveau-nés fennecs.

Aucune donnée sur la longévité du Fennec à l'état sauvage n'a été relatée. Les dangers sont peu connus en milieu naturel. En captivité, leur durée moyenne de vie est de 12 ans (Grizmek, 1974), variant de 11 à 14 ans. Un fennec a vécu 14 ans et 3 mois, et d'autres ont vécu jusqu'à 13 ans (Saint-Girons, 1971).

VII. RAPPORT AVEC L'HOMME ET BESOIN DE CONSERVATION

VII.1. Comportement vis-à-vis de l'homme

VII.1.1. En captivité

Il s'adapte relativement bien à la captivité (en cage ou en semi-liberté) et il y a d'ailleurs de nombreux rapports sur son développement et son comportement en captivité.

Le facteur limitant de sa conservation en captivité est son extrême timidité. Pour la même raison, il se reproduit mal en captivité (Leclerc-Cassan, 1973 ; Grizmek, 1974). Guittin en 1982 rappelle que les fennecs posent un problème délicat à de nombreux parcs zoologiques qui ont observé beaucoup de problèmes dans le domaine de la reproduction et de l'élevage des jeunes. Ces difficultés peuvent être attribuées en grande partie au caractère farouche de cet animal, qui exige un climat de sécurité pour élever ses petits. En effet, par un mécanisme peu connu, le stress peut conduire les parents à abandonner, tuer ou dévorer leur progéniture. La peur supprime l'instinct maternel et déclenche des réactions inhabituelles.

De nombreux auteurs décrivent les règles, issues de leurs expériences avec des fennecs captifs, pour réussir dans de bonnes conditions l'élevage de fennecs. Il faut ainsi se reporter à Gauthier-Pilters (1962 et 1966), Saint-Girons (1962), Naatgeboren (1968), Brambell (1970), Gutknecht (1970), Gangloff (1972), Leclerc-Cassan (1973, 1976 et 1986), Deneve (1978), Guittin (1982).

VII.1.2. En milieu naturel

Quand un homme s'approche en plein jour, à proximité de leurs trous, les fennecs se conduisent, suivant les cas, de deux manières différentes. S'ils possèdent un terrier profond dans lequel ils ont confiance, ils y disparaissent et on ne les voit en général pas. Si, par contre leur terrier est sommaire, ils l'abandonnent (Dragesco-Joffe, 1993).

La nuit, l'observation serait aisée dans les phares des véhicules ou bien à la torche autour du campement, au moment où ils s'adonnent à la chasse nocturne. Il fuit moins dans l'obscurité que le jour. Contrairement au Renard famélique, sa fuite est moins directe et l'on peut voir l'animal un moment avant sa disparition (Dragesco-Joffe, 1993).

Certains individus font même preuve d'une certaine confiance en l'Homme. Il arrive qu'ils s'approchent des campements (Dragesco-Joffe, 1993).

VII.2. Menaces

VII.2.1. Interventions humaines directes

Bien que l'on ait coutume de dire que les fennecs soient classés sans risques pour leur population, les fennecs seraient détruits sans raisons particulières (Grizmek, 1974 ; Ginsberg et Macdonald, 1990 ; Nowak, 1999). Ils pourraient être photographiés et/ou vendus pour leurs fourrures ou comme animal de compagnie (Ginsberg et Macdonald, 1990 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004).

Ils pourraient également être chassés parce qu'ils s'attaquent aux poulaillers (Dragesco-Joffe, 1993).

VII.2.2. Désertification de l'habitat

La surexploitation du milieu est leur principale menace (Ginsberg et Macdonald, 1990). Les fennecs sont victimes de la désertification qui s'accroît autour des villages, en raison de la perte de valeurs des milieux avoisinants les habitations (Cuzin, 1996).

VII.2.2.1. Evolution des comportements énergétiques dans le sud tunisien

La politique volontariste de création de périmètres irrigués et de sédentarisation des nomades a eu pour conséquence d'aggraver la désertification.

Chez les nomades, la femme pourvoyait la tente en combustible par prélèvement direct sur la végétation environnante, usant d'une connaissance intime des plantes et des ressources végétales au gré des saisons et des itinéraires de transhumance. Le comportement énergétique des nomades apparaissait d'une grande rusticité, adapté à la sobriété des habitudes alimentaires et étroitement dépendant de l'environnement saharien. Les espaces de prélèvements du bois étaient plus larges car les prélèvements s'effectuaient petit à petit sur les parcours saisonniers de transhumance réalisés du Nord au Sud du Nefzaoua. La pression de coupe réalisée sur ces zones était donc plus faible et saisonnière. Le four à pain était absent et la consommation de gaz et de pétrole était très faible, compte-tenu notamment des difficultés d'approvisionnement (Auclair et Zaafoui, 1996 ; Sahnoun, 1998).

Aujourd'hui, la quasi-totalité des familles disposent d'un réchaud ou d'une cuisinière moderne à gaz ; le bois n'est plus guère utilisé que pour la cuisson quotidienne des galettes de pain (ftaira, marfousa, metloua...), ainsi que pour la préparation hebdomadaire (le vendredi) du traditionnel khobs mella, le pain de sable cuit sous la braise. Et, si la consommation de bois apparaît relativement modeste (), il n'en est pas de même pour celle de charbon de bois - pour les ménages utilisateurs (55 % de l'ensemble), 350 kg par an. Le charbon est utilisé dans les braseros traditionnels pour la préparation quotidienne du thé et surtout pour le chauffage en hiver. La consommation d'El Faouar est de l'ordre de 250 tonnes de charbon par an, correspondant à l'exploitation annuelle d'un millier de tonnes de bois. Mais le plus étonnant est de constater qu'El Faouar et les oasis voisines « exportent » du charbon de bois en direction des localités du Nefzaoua, de Douz à Jemma, Kébili et Souk El Had. Le désert pourvoit le Nefzaoua en combustible. Il s'agit de filières clandestines car le charbonnage au Sahara est une activité illicite et sévèrement réprimée par le service forestier. La biomasse agricole et les palmes de dattier ne sont guère utilisées que pour l'allumage du feu. La quasi-totalité du bois de feu et du charbon consommés à El Faouar provient de la steppe désertique. Concernant l'approvisionnement, l'évolution des comportements est aussi notable. La récolte est désormais confiée aux hommes et aux jeunes garçons, évolution qui traduit la raréfaction du combustible et le surcroît de distance à parcourir. Le charbonnage constitue aussi toujours une activité saisonnière et rémunératrice des plus importantes pour la frange oasisienne la plus défavorisée. On coupe ça et là des brins vifs à l'aide de serpes ou de hachettes sans pratiquer de coupe à blanc sur la végétation (Auclair et Zaafouri, 1996).

VII.2.2.2. Conséquence, la désertification, évolution de l'écosystème saharien

La région d'étude, située dans le Sud de la Tunisie est sujette à une désertification intense, avec des conséquences sur le milieu physique et humain. Dès 1972, en effet, à l'occasion du séminaire de Gabès (LeFloch' et Floret, 1972), les études concernant ce phénomène dressent un constat alarmant, et Dregne (1977 cité par Talbi, 2004), dans sa carte de l'état de désertification dans le monde, considère la région aride tunisienne comme

souffrant d'une désertification sévère ; la seule zone en Afrique classée comme souffrant de désertification très sévère est située dans le Sud de la Tunisie.

Le charbonnage et l'approvisionnement domestique en bois de feu nécessitent l'exploitation annuelle de près de 4000 tonnes de combustible dans la steppe environnant El Faouar, quantité largement supérieure aux potentialités de production et incompatible avec la préservation de la végétation. Compte-tenu de la productivité moyenne en biomasse de l'étage supérieur (150kg/ha/an), les prélèvements de combustible de la population d'El Faouar nécessiteraient l'exploitation annuelle de 250 km² de steppe. Donc, depuis la sédentarisation des nomades, on assiste à la progression d'une auréole de désertification et à l'éradication des espèces sahariennes les plus utilisées pour le charbonnage (Auclair et Zaafouri, 1996).

La réalisation de transects (Auclair et Zaafouri, 1996) sur lesquels sont portées régulièrement les caractéristiques de la végétation a montré que certaines espèces arbustives telles *Calligonum azel* et *Calligonum comosum* ont disparu dans un rayon de 25 km autour d'El Faouar. Seuls quelques îlots d'*Ephedra alata* subsistent dans les zones les plus difficiles d'accès (barkhanes). *Limnoniastrum guyonianum*, caractérisé par une régénération naturelle importante, est l'espèce la plus abondante, mais le nombre de touffes ayant un brin de diamètre supérieur à 5cm est compris entre 10 et 20 %, ce qui montre une forte pression de coupe.

Le schéma global d'exploitation des arbustes à El Faouar est le suivant : à une distance inférieure à 4 km de l'oasis, la végétation ligneuse est relativement bien épargnée et les traces d'exploitation anciennes. La surveillance importante du service forestier dans cette zone en est probablement la cause. Entre 4 et 10 km, la coupe est fréquente et intense mais peu de souches sont entièrement détruites. Les arbustes sont exploités pour l'approvisionnement domestique en bois de feu, par coupe de brins à la hache. Entre 10 et 15 km, la coupe de brins diminue et la coupe à blanc-étoc des souches pour la carbonisation commence à apparaître. Au-delà de 15 km, le charbonnage est seul responsable de la destruction de la végétation (Auclair et Zaafouri, 1996).

Les espèces les plus utilisées (*Limnoniastrum guyonianum*, *Arthrophytum schmittianum*, *Retama raetam*) sont les plus abondantes ; alors que celles qui sont préférées comme combustible (*Calligonum azel*, *Calligonum comosum*, *Ephedra alata*) ont pratiquement disparu. L'abondance des espèces arbustives apparaît étroitement liée à leur qualité combustible et à l'usage sélectif des oasiens. On peut en déduire l'ordre décroissant d'éradication des principales espèces arbustives : *Calligonum ssp*, *Ephedra alata*, *Retama raetam*, *Limnoniastrum guyonianum*, *Arthrophytum ssp* et autres chaméphytes (Auclair et Zaafouri, 1996).

La disparition de la végétation arbustive compromet l'action du service forestier en matière de lutte contre la désertification à proximité de l'oasis : 540 km de dunes de protection (afreg) rehaussés, 12000 hectares mis en défens et 540 hectares reboisés dans la délégation. La régression de la végétation favorise en effet la formation de voiles éoliens par la remise en mouvement des dépôts locaux qui évoluent progressivement en barkhanes. Déflation et accumulation éoliennes constituent une menace permanente pour les infrastructures et les ressources (Auclair et Zaafouri, 1996).

VII.2.2.3. Autres évolutions défavorables à l'écosystème saharien

L'évolution récente du paysage par télédétection basée sur une analyse diachronique des images satellites (3 images MSS Landsat et 4 images VHR Images) sur une période de vingt ans (1972-1993) a permis de montrer la dynamique globale de paysage dont les principaux résultats sont que le Nefzaoua est constitué de 3 grands paysages : les oasis, les

sols sableux nus et les sebkhas, et la remarquable vitesse d'accroissement de la superficie des oasis (en 1993, elle est 5 fois plus importante qu'en 1972) (Sahnoun, 1998).

La mise en place de nouvelles oasis près des sebkhas entraînant la salinisation et l'hydromorphie des sols, le gaspillage d'eau (surexploitation des aquifères), l'exploitation croissante des sols (eau et ressources) pour le tourisme, potentiellement l'épandage excessif des pesticides, et le surpâturage conduisent à la raréfaction, voire même la disparition du couvert végétal (Sahnoun, 1998).

VII.2.2.4. Impacts potentiels de ces actions sur la faune de ces régions

Aucune estimation des dégâts occasionnés sur la population des fennecs par ces actions n'a été jusqu'alors effectuée. Cependant, aucune de ces actions n'est favorable à la population de fennecs dans ces régions.

VII.2.3. Maladies infectieuses

Elles sont peu étudiées. Seuls des cas sporadiques de fennecs gardés dans les parcs zoologiques ou chez les particuliers montrent que le Fennec peut être sensible à un certain nombre d'affections transmissibles entre Carnivores et/ou à l'Homme. Mais, il n'y a pas d'études spéciales sur les maladies infectieuses et l'épidémiologie de ces maladies dans le sud-tunisien n'est pas connue. On n'a donc vraiment peu de moyens pour savoir si les populations de Carnivores sauvages et notamment du Fennec sont menacées par des maladies infectieuses.

Le sud-tunisien présente des conditions peu favorables à la présence et à la dissémination d'agents pathogènes dans ou par l'environnement. Il est cependant important d'avoir des connaissances sur les agents qu'il est éventuellement possible de rencontrer parmi la population des Canidés sauvages et domestiques du sud tunisien, des informations sur leur prévalence pour exprimer et mesurer le risque présenté par les maladies infectieuses des Canidés. Les maladies étudiées maintenant le sont donc uniquement parce qu'elles pourraient présenter un intérêt dans l'étude des facteurs défavorables aux populations des fennecs. Mais, les données sont inexistantes sur la situation de ces maladies dans le sud-tunisien.

VII.2.3.1. La rage

La rage tire son importance principalement de sa gravité, puis de sa fréquence. C'est certainement la maladie la plus préoccupante dans ces régions parce que l'Homme est également sensible au virus rabique. La rage des Canidés domestiques dans le sud-tunisien peut aussi constituer un danger à la population des Canidés sauvages. Le risque de ce facteur n'est pas connu dans le Sahara.

Situation en Afrique du Nord

La rage est endémique en Afrique. Elle est plus sporadique que proprement contagieuse, déterminant rarement des enzooties et exceptionnellement des épizooties. Dans l'essentiel de l'Afrique, les chiens domestiques, espèces réservoirs, jouent un rôle déterminant dans le maintien et la transmission de la maladie (OMS, 1987 ; King 1992).

En Tunisie, cette maladie continue à sévir sous forme d'enzootie rabique. Elle occasionne au Gouvernement des pertes économiques considérables représentées par le nombre de décès humain (16 cas par an), par le nombre de cas de rage (265 cas par an dont 234 cas de rage canine) et par le nombre élevé de traitements instaurés chez les personnes mordues (OMS, 1990).

Géographiquement, aucune région de la Tunisie n'est indemne de rage. Celle-ci sévit dans la moitié Nord du Pays sans pour autant épargner le Sud. La majorité des prélèvements confirmés positifs se situent dans les régions du centre et du Nord du territoire. Ainsi, Tunis, Sousse, Nabeul, Bizerte, le Kef et Jendouba sont les régions les plus atteintes par rapport au reste du pays (OMS, 1990).

Analyse de cas chez le Fennec

Le Fennec est réceptif au virus rabique. Il est seulement noté que trois fennecs mordeurs ayant fait l'objet d'une recherche de virus rabique s'est révélée positive pour un (Rahal, 1970 ; Almi, 1972).

VII.2.3.2. La maladie de Carré

Le virus responsable de la maladie de Carré chez le Fennec est semblable à celui qui atteint le Chien domestique (Lévi, 1991). La prévalence de cette maladie et ses risques pour les Canidés sauvages, domestiques dans la zone de répartition du Fennec sont également peu connus.

Situation en Afrique du Nord

Le virus de la maladie de Carré est présent partout dans le monde. En Afrique du Nord, la maladie demeure une cause de mortalité importante notamment des chiots (Rey-Herme, 2004).

Analyse de cas chez le Fennec

Le Fennec est très sensible à cette infection (Lévi, 1991). La maladie de Carré peut atteindre rapidement tout un effectif en captivité. Elle se manifeste souvent par une forme aiguë ne permettant pas d'arriver jusqu'aux symptômes nerveux (Leclerc-Cassan, 1973).

Une épidémie de la maladie de Carré, en 1965, a détruit toute la collection de fennecs du parc zoologique de Vincennes. Vingt-sept fennecs sont morts. Le programme de vaccination était, à cette époque, inexistant au zoo. Les animaux ont commencé à périr deux-trois semaines après l'introduction d'un nouveau fennec dans le groupe. Celui-ci mourut le premier, puis en deux mois la totalité des animaux fut anéantie. Les signes cliniques observés étaient similaires à ceux que l'on connaît chez le chien (Lévi, 1991).

Un cas semblable s'est produit chez un particulier qui a élevé pendant longtemps des fennecs chez lui, jusqu'au jour où ses animaux entrèrent en contact avec un chien qui leur transmis le virus de Carré. Là encore, les fennecs n'étaient pas vaccinés, tous ont succombé (Vanderhaege, 1988).

La vaccination des fennecs avec un virus vivant atténué est inoffensive et efficace. Les trois fennecs ont un titre en anticorps supérieur de 1 :152 et constant pendant sept mois après une vaccination (Montali, 2003).

VII.2.3.3. Autres

Le Fennec est aussi décrit, en captivité, comme étant réceptif à la parvovirose canine et à l'hépatite infectieuse de Rubarth (Leclerc-Cassan, 1986), sans disposer de plus amples informations sur la question.

Il est également sensible à la tuberculose (Himes, 1980), la cryptococcose (Saez et coll., 1978), la toxoplasmose (Chauvier, 1959), l'otacariose (Gutknecht, 1970), la capillariose pulmonaire (Herceg et Witerhauser, 1969), la trichinellose (Tsis et coll., 1973).

VII.4. Importance

VII.4.1. Enjeu patrimonial

Si l'on compare toutes les données faunistiques existantes de 1908 à 1998, on mesure la disparition rapide de la faune sauvage dans les pays du Nord de l'Afrique. Le nombre d'espèces totalement éteintes ou émigrées du fait de la dégradation de l'habitat (forte urbanisation, épandage de pesticides, facteurs climatiques défavorables) ajoutée à la chasse incontrôlée ne fait que croître (Koen de Smet, 2003). Les mesures de gestion pour maintenir l'équilibre écologique dans ces régions sont inadaptées. Elles ne tiennent compte des contraintes économiques et des habitudes traditionnelles des villageois, anciennement nomades, qui restent, pour une partie, encore bien attachés à leurs relations avec leur « Sahara ». Du coup, malgré le manque d'autorisation, les actions sur l'environnement restent importantes, d'autant plus que la surveillance et la répression dans le désert sont très difficiles à mener. Ainsi, la sauvegarde des espaces naturels de ces régions passe par la prise de conscience du problème par les habitants, le développement économique (notamment, agricole et touristique) raisonné de ces régions, c'est-à-dire en veillant à une utilisation raisonnée des ressources du milieu (donner plus de moyens aux populations pour éviter les infractions législatives fréquentes) et des campagnes de sensibilisation importantes auprès de la population sur le terrain. Des études appropriées de la faune et de la flore contribueront à restaurer l'environnement des espèces sauvages sahariennes et à les protéger.

Dans le contexte actuel de conservation de la biodiversité, un programme « Antilopes Sahélo-Sahariennes » envisage des mesures pour la gestion et la conservation des antilopes sahariennes et de leurs habitats. Des efforts importants depuis plusieurs années sont entrepris avec notamment la création et le développement d'un important réseau d'aires protégées. Le Fennec et les autres Carnivores du Sahara ont aussi une place importante à tenir dans le contexte de préservation des écosystèmes dans ces pays.

Ceci est d'autant plus important que le Fennec est une espèce animale sauvage emblématique de la vie désertique. Il est l'animal saharien par excellence (Aulagnier, 1992). L'élégance de cet animal représente, à juste titre, pour le grand public comme pour les naturalistes avertis, une sorte d'archétype (Fig.12) parmi toutes les espèces qui peuplent le plus grand des déserts.



Fennec fox
(*Fennecus zerda*)
Algeria



Figure 12 : Représentation du Fennec, *Fennecus zerda*, symbolise des régions arides sur timbres (Wolves and other canids on postage stamps, 2004)

Evidemment, le manque de connaissance sur la répartition, l'abondance, et les menaces des individus fait qu'il est difficile d'être confiant sur l'état présent de conservation de l'espèce.

VII.4.2. Enjeu économique

Le Fennec et les autres petits prédateurs de ces milieux sahariens constituent une attraction pour l'écotourisme dans les aires protégées, où plusieurs agences de voyages organisent des tours. Le Fennec est une formidable carte postale. Le Sahara est associé à cette espèce et un contact visuel est demandé.

Le Fennec a donc aussi sa place dans un contexte de développement du secteur tertiaire et surtout du tourisme.

VII.4.3. Enjeu de santé publique

Les fennecs comme tous les Canidés peuvent être porteurs d'agents pathogènes transmissibles à l'Homme et responsables des zoonoses comme la rage, le sud tunisien étant une zone d'enzootie de la maladie.

Les informations sont encore pauvres et peu claires : spécificités régionales présentées par ces maladies, difficulté des investigations dans ces régions, et notamment dans le Sahara. Cependant, la notion de pression infectieuse constitue aujourd'hui une des préoccupations majeures des gestionnaires, non seulement en santé publique, mais aussi pour les gestionnaires d'aires protégées. Ces aires ne sont aussi jamais totalement isolées du monde qui les entoure ; elles subissent de plus en plus la pression des populations canines domestiquées et des populations humaines avoisinantes qui convoitent les ressources qu'elles hébergent. Les recherches doivent se multiplier car la gestion de la santé publique et la gestion des aires protégées passent inéluctablement par une meilleure compréhension des maladies pouvant affecter la faune sauvage, domestique et humaine dans ces aires.

VII.5. Mesures de conservation

Bien qu'encouragées, les plans de sauvegarde des Canidés admettent qu'aucune mesure spéciale de conservation de cette espèce n'est prise.

L'AZA (American Association of Zoos and Aquariums), association coordonnant les programmes d'élevage en captivité dans le monde, recommande aussi une gestion génétique et démographique de cette espèce (Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004).

Les règles en vigueur et adoptées par la majeure partie des pays découlent de la Convention de Washington (CITES).

VII.5.1. Gestion des échanges commerciaux : CITES

Signé en 1973 à Washington, le texte de la Convention sur le Commerce Internationale des Espèces sauvages en Danger (Convention on International Trade of Endangered Species of wild fauna and flora, CITES) est aujourd'hui en vigueur dans 164 pays. Elle a pour but de protéger les espèces animales et végétales menacées, en contrôlant les échanges internationaux des animaux vivants et de leurs produits. Elle distingue trois catégories d'espèces en fonction de leur degré de menace d'extinction : annexes I, II et III de la convention.

Le Fennec n'étant pas encore réellement en voie d'extinction, il a été classé dans l'appendice II des CITES (Annexe VI), ce qui signifie qu'il fait partie des espèces dont le commerce international est possible (à la différence des espèces appartenant à l'annexe I de la convention), à condition toutefois qu'un permis d'exportation ait été délivré par les autorités habilitées du pays d'origine, et qu'au vu de ce permis la Direction de Protection de la Nature (en France) ait délivré un permis d'importation.

VII.5.2. Lois en vigueur dans les pays exportateurs

Les pays concernés par la présence du Fennec ont signé cette Convention. La réglementation dans ces pays est donc stricte.

Ainsi, l'article 7 de l'arrêté du ministre de l'agriculture tunisien du 2 septembre 2003, relatif à l'organisation de la chasse pendant la saison 2003/2004, stipule que : « sont prohibés en tout temps, la chasse, la destruction, la capture, la vente, l'achat, le colportage et la détention du Fennec ». L'arrêté, paraissant chaque année, fixant les lieux et les périodes autorisées de chasse en Tunisie, et résultant de la délibération du Conseil Supérieur de la Chasse où sont représentées les associations de protection de la Nature (ATPNE : Association Tunisienne de Protection de la Nature et de l'Environnement et AAO : Association Amis des Oiseaux), garantit une protection totale de l'espèce Fennec.

L'exportation, l'importation et le transit de tout individu y compris leurs parties sous quelque forme que ce soit sont interdits sauf autorisation spéciale des autorités.

VII.5.3. Lois en vigueur dans les pays importateurs

En France, théoriquement, toute importation d'animaux vivants vertébrés est interdite (arrêté du 17 septembre 1974).

Cependant, il existe des dérogations générales pour les animaux domestiques accompagnant les voyageurs et des dérogations particulières accordées à certains établissements scientifiques. L'importation d'animaux d'espèces sauvages obéit alors à des mesures de protection sanitaire (un certificat sanitaire officiel du pays d'origine et une visite sanitaire effectuée à la frontière) et à des mesures de protection des espèces menacées ou en voie d'extinction. En effet, l'importation et la détention des fennecs ainsi que les diverses activités dont ils peuvent faire l'objet sont soumis à un certain nombre d'aspects réglementaires particuliers (Eloit, 1986). Ces réglementations découlent de la loi du 27 décembre 1977 (loi n°77-1423) autorisant l'approbation de la convention (CITES) sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction.

En raison des difficultés d'études du Fennec sur le terrain, les connaissances sur l'espèce dans son milieu naturel sont limitées ; restent inconnues l'écologie de base et le comportement en nature, et les données sur l'habitation, la présence, la répartition et la dynamique des populations sont floues (Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004).

Par contre, les critères anatomo-morphologiques, physiologiques et comportementaux caractéristiques de l'espèce sont déjà connus. Ainsi, il est connu que le Fennec est un animal particulièrement bien adapté aux conditions de vie du Sahara (Annexe IV). Le Fennec serait apparemment capable de vivre dans des conditions climatiques extrêmes (Gauthiers-Pilters, 1967 ; Grizmek, 1974). Il semble que la présence de sables, dunes de sables et de plus petites espèces animales (Insectes et Rongeurs) soit un facteur important de présence des fennecs (Dragesco-Joffe, 1993).

Le Fennec est aussi par ses caractères un animal d'importance au Sahara. Le risque existe de voir disparaître l'espèce dans certaines zones sahariennes, et notamment autour des nouvelles habitations humaines (Auclair et Zaafouri, 1996 ; Ginsberg et Macdonald, 1990). La question de sa présence est fondamentale. Des informations actualisées sur le statut de la population des fennecs, sa distribution (étude de sa présence) et ses menaces (études des facteurs potentiels de présence) sont nécessaires pour établir les stratégies de conservation.

Partie II :

Etude personnelle

Le Fennec dans son milieu naturel

Le manque de connaissances sur l'éco-éthologie de l'espèce, ajouté à une motivation personnelle m'a amené à réaliser cette étude difficile sur les facteurs potentiellement limitant de la présence des fennecs, *Fennecus zerda*, dans leur milieu naturel.

Ce projet est né, il y a déjà trois ans, sur une proposition du Professeur Marc Artois avec le soutien de M. F.Lamarque, Directeur des relations internationales de l'ONCFS (Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage).

Le but de cette étude était de contribuer à la connaissance de l'espèce Fennec dans son milieu naturel. A plus long terme, l'étude vise à définir plus exactement le statut de l'espèce dans son aire de répartition.

La Tunisie est forte d'une politique de conservation des espèces sauvages de son pays et d'un important réseau d'aires protégées. Elle encourage les actions sur son sol pour une meilleure connaissance et préservation des espèces sahariennes. Au Sahara, la Tunisie possède une aire protégée, le Parc National de J'Bil, situé à 50 km au sud de Douz. La création du Parc National de Senghar est actuellement en cours dans l'extrême sud de la Tunisie. Le développement de ses infrastructures est prévu pour amener à la réintroduction et à la conservation de sa faune sauvage (projet Antilopes Sahélo-Sahariennes, 2002).

Mr. Fékih Salem, Directeur Général, Mr. Karem, Directeur à la Conservation, Mr. Zahzah, Médecin Vétérinaire Principal, Mr Touiti, Chef d'Arrondissement des Forêts du gouvernorat de Kébili, Mr. Ezzedine, Ingénieur Adjoint à Douz et Mr. Brouise, Chef de la subdivision forestière d'El Faouar de la Direction Générale tunisienne des Forêts (sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture) ont donc fort bien accueilli et contribué à l'encadrement de cette étude sur le Fennec dans le sud-tunisien.

L'importance de la place du Fennec dans la politique de préservation de l'environnement en Tunisie est illustrée par la présence d'un fennec, nommé « Labib » (Fig.13), qui est statufié sur au moins une place de chaque ville ou village, et placardé sur de nombreuses poubelles publiques. Il est écrit au dessous « Labib lelbia Habib », ce qui signifie « Labib l'Amour de l'environnement ».



Figure 13 : Labib (2004)

Fort d'une première expérience en février 2003 (compte-rendu de mission, 2003) dans le sud-tunisien, je suis reparti donc pour une période de trois mois de mars à juin 2004 dans le sud-tunisien afin d'étudier, pour la réalisation de ma thèse, le statut de l'espèce, sa présence et les facteurs écologiques spécifiques.

En arrivant sur le sol tunisien au printemps 2004, les objectifs étaient alors :

- Une première approche de la répartition des fennecs en répertoriant sur une carte les indices de présence : observations directes, empreintes laissées sur le sable, terriers, fèces. Ce repérage devrait permettre de situer les zones de présence dans une région désertique du sud-tunisien.
- L'étude de la relation entre la présence du Fennec et certaines variables de son milieu afin de mieux typer les facteurs favorables et défavorables du milieu, pour pouvoir ensuite dresser une carte de potentialité de présence de l'espèce dans le Sahara tunisien.

Accessoirement :

- Le recueil d'informations et de données sur la vie sociale et les terriers du Fennec.
- La récolte de fèces (voir aussi de poils et de restes de corps) pour des analyses du régime alimentaire.
- La surveillance des maladies infectieuses des Canidés domestiques et sauvages, rage, maladie de Carré et parvovirose canine, en tant que facteurs limitants de la population des fennecs.

Le dernier objectif a fait finalement l'objet d'une autre recherche qui se réalisera au courant de la période 2004-2005 par le professeur Ahmed Chabchoub, professeur de Pathologie Médicale des Equidés et des Carnivores à l'Ecole Nationale de Médecine Vétérinaire de Sidi-Thabet (ENMV), et Sghaier Hajjam, étudiant ENMV en thèse. Il aura pour but d'étudier la séroprévalence de deux maladies infectieuses, la maladie de Carré et la parvovirose canine, dans les populations canines des gouvernorats du sud-tunisien.

I. INFLUENCE DE FACTEURS ECOLOGIQUES

I.1. Objectifs de l'étude

Ils étaient :

- Décrire, cataloguer et représenter les indices de présence de l'espèce, observés sur la zone d'étude.

- Formuler des hypothèses sur les facteurs favorables et défavorables du milieu (habitats, proies, prédateurs potentiels) influençant la présence des fennecs et chercher un effet « habitat » sur la répartition des fennecs. Etudier les facteurs écologiques afin de déterminer des indicateurs susceptibles de convenir au suivi des populations.

Les problématiques particulières de l'étude étaient :

- Etudier statistiquement l'existence (ou non) d'une relation entre la présence des fennecs et les variables : milieu (en particulier, étude selon la typologie et le couvert végétal du sol) ; présence humaine ; présence des petits rongeurs, animaux « proies » ; des renards et des Carnivores chacals et/ou chiens, potentiellement prédateurs des fennecs.

- Décrire et montrer, si possible, le type d'effet de ces variables sur la présence des fennecs.

I.2. Zone d'étude

Il a été choisi d'entreprendre l'étude, sur la subdivision forestière de la délégation et de la ville d'El Faouar (Gouvernorat de Kébili) (Fig. 14), dans une zone désertique au sud-ouest de ce village. Cette zone d'étude (Fig. 15) avait une surface rectangulaire de 332,8 km² ayant une longueur du Nord au Sud de 20,8 km et une largeur d'est en ouest de 16 km. Elle se situe de 10 à plus de 30 km au sud de ce « petit » village. Cette zone a été choisie de manière aléatoire. Elle présente des milieux dont les caractéristiques sont contrastées.

I.2.1. El Faouar, un oasis du Nefzaoua

La délégation d'El Faouar est une vaste région de 967 226 hectares dont 963 559 hectares de désert de sable, dunes, sebkhas ou chotts. Elle comprend sept localités : El Faouar (la plus grande, siège de la subdivision forestière de la délégation), Redjim Maatoug, Matrouha, El Dergine, Bechini, Ghidma et Es Sabria. Tous ces villages se situent au Nord-Est du Grand Erg Oriental. Ils sont situés à la limite méridionale du Nefzaoua, au contact des dépressions gypso-salées du chott El Jerid et des sables du Grand Erg Oriental.

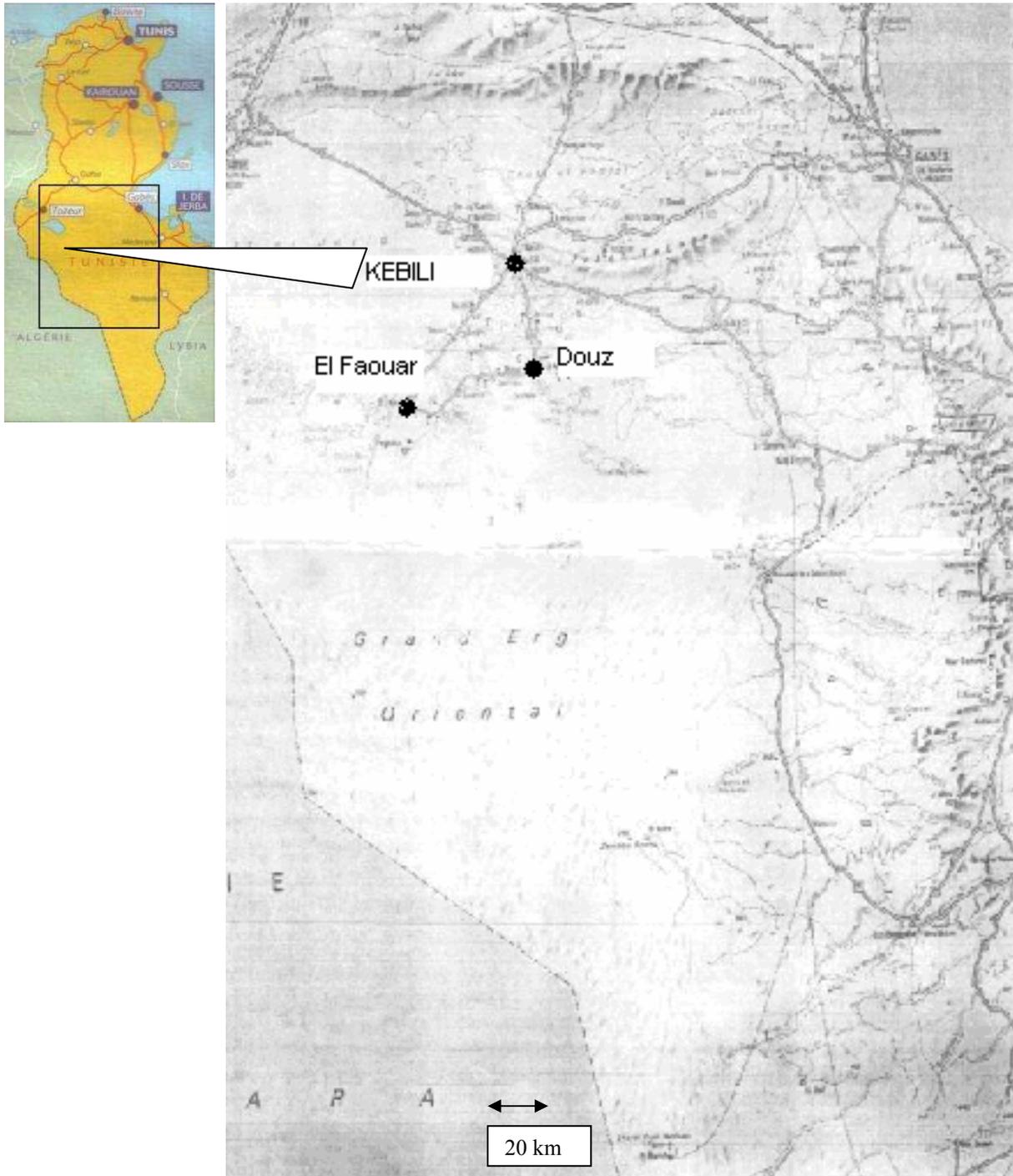


Figure14 : Cartes de la Tunisie – Situation géographique des localités sud de la Tunisie, partie Nord-Est du Grand Erg Oriental (Carte Michelin, 2001).

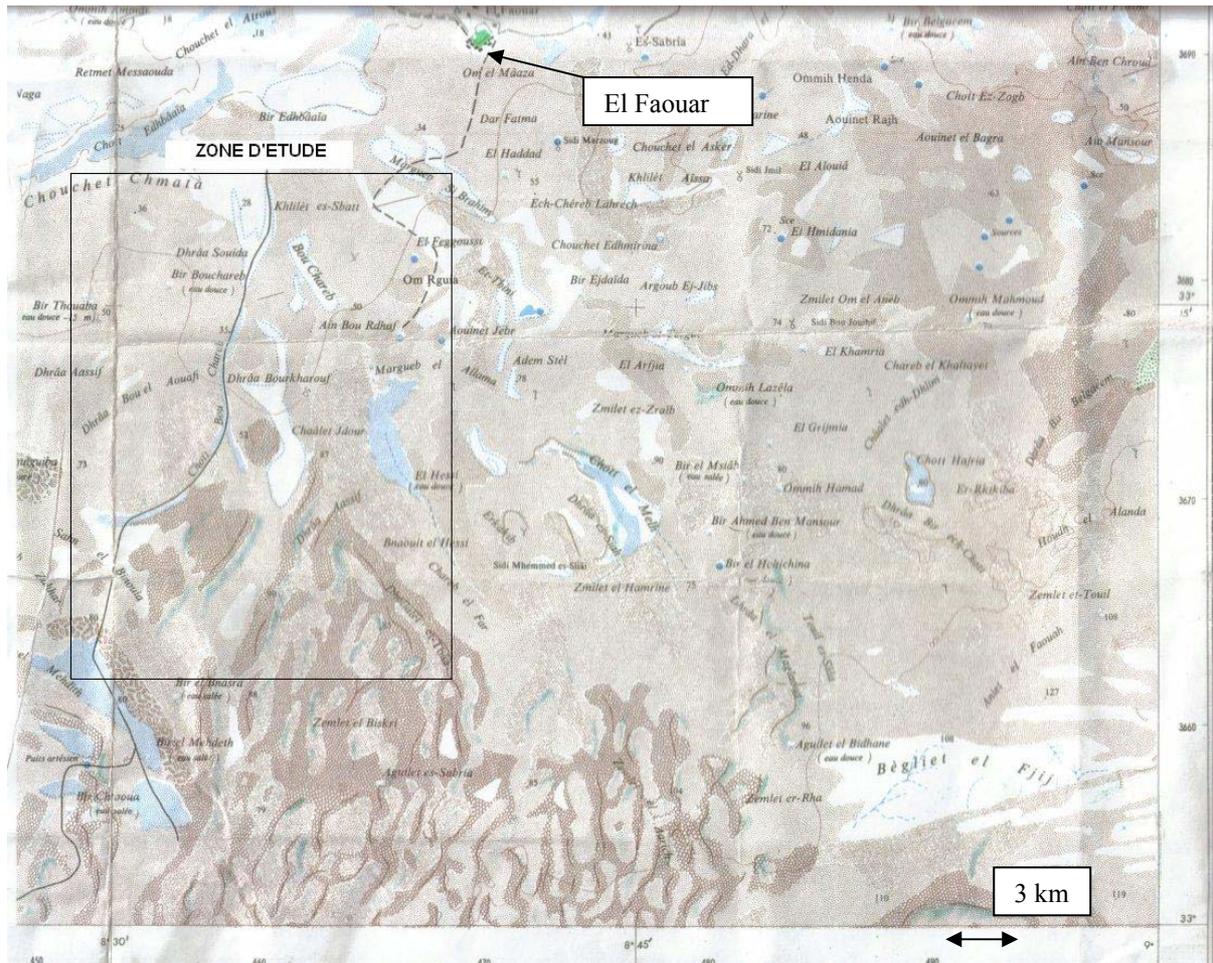


Figure 15 : Représentation de la zone d'étude et de points particuliers sur la carte El Faouar (Feuille Tozeur NI - 32 – IX, Office de la Topographie et de la Cartographie Tunis, 1988)

Rappel : le climat saharien est caractérisé par un déficit pluviométrique permanent avec des précipitations faibles et irrégulières (inférieure à 100 mm par an), de fortes amplitudes thermiques et la fréquence des vents du sud et de l'ouest. Le climat de cette région est aride et l'Homme vit ici, un perpétuel combat contre la nature : vents de sable, chaleur excessive en été, faunes nuisibles (venimeuses : scorpions, vipères et ravageuses des cultures : criquets migrateurs) - Pour plus d'informations, voir aussi Partie I.VI.1. Caractéristiques du milieu saharien et habitat ; et Annexes IV et V.

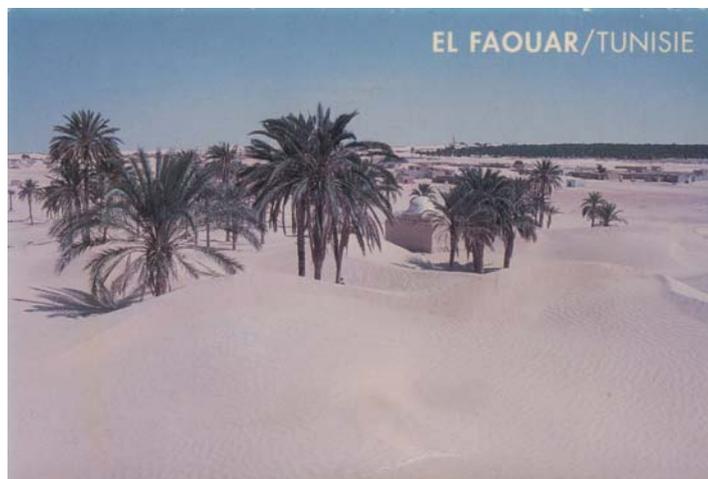


Figure 16 : Carte postale – Village et oasis d'El Faouar

El Faouar (Fig.16), ce qui signifie « le bouilli » en arabe rendant ainsi compte de son caractère, est un village de 6 000 habitants dont environ 2 300 agriculteurs, éleveurs. La vie est essentiellement basée sur l'agriculture (notamment de l'oasis, 300 hectares et de quelques serres (Fig.17), 8 hectares) et l'élevage familial d'ovins, de caprins et de camelins sur parcours. Ainsi, sur les 963 559 hectares de désert de la délégation, il est estimé que 120 000 hectares de parcours sont fréquentés par l'Homme, notamment pour l'élevage. Les troupeaux sont nombreux après les pluies dans le désert. Les éleveurs ont aussi l'habitude de faire pâturer leurs bêtes sur quelques aires au printemps de mars en mai. De même, les vacances en mars sont le bon moyen pour retrouver les habitudes traditionnelles et familiales de vie au Sahara. Il est à noter que les aires fréquentées chaque année par les familles sont identiques. Elles constituent aussi les aires les meilleures pour trouver l'herbe, les arbrisseaux (pour le cheptel), le bois et l'eau, sans ne jamais être trop éloigné du village (jusqu'à 40 km, généralement 10 à 20 km) pour permettre le retour en un à deux jours maximum.



Figure 17 : Entre le Sahara et le village, les cultures sous serres d'El Faouar (2004)

Les oasis d'El Faouar sont des palmeraies. Celles-ci constituent des milieux très privilégiés où les conditions écologiques sont infiniment plus propices à la vie animale et végétale que les biotopes environnants (ergs, sebkhas, oueds). L'élément principal (en dehors de l'eau), de ce milieu, est le Palmier-Dattier (*Phoenix dactylifera*), principal ressource par sa production de dattes ; un arbre de 10 à 30 m qui joue un rôle capital de protection contre les rayons destructeurs du soleil et contre les vents desséchants. Sous l'écran végétal supérieur des palmiers, on trouve un étage intermédiaire constitué d'arbres fruitiers (Citronnier, Figuier, Grenadier) et un étage inférieur, celui des céréales (Blé, Orge), des cultures maraîchères (Patate douce, Tomate, Oignon...) et fourragères. La petite faune se plaît dans les oasis. La nuit, le Chacal doré (*Canis aureus*) passe. Il m'a été conté que le Renard famélique (*Vulpes rueppelli*) pouvait également y venir chasser, mais pas le Fennec.

De plus, il y a, à El Faouar, plus isolé, contrairement à son voisin Douz (« porte du désert », à 42 km au nord-est), relativement peu de touristes : on estime à 5 100 le nombre de touristes qui passent par an, à El Faouar, dans le seul hôtel que compte le village. Le tourisme fluctue beaucoup en fonction des périodes. La haute saison est décembre, février, avril, juillet et août et la basse saison correspond aux autres mois. Ces saisons sont calquées sur les périodes de vacances et de travail des européens. En haute saison, on peut compter jusqu'à 50 personnes par jour à l'hôtel et 40 à 50 personnes par semaine dans les deux campements touristiques du désert d'El Faouar proposés par l'agence Dunes Voyages. Les touristes ne font que passer dans ces lieux et ne restent en général pas plus de trois jours.

Ainsi, les périodes les plus fréquentées sont les mois de décembre, février, juillet et août notamment par des passages brefs de touristes et les mois de mars, avril par le passage des

familles qui vivent traditionnellement encore avec le Sahara alors que les périodes calmes sont janvier, mai, et les mois d'automne (septembre, octobre et novembre).

I.2.2. Etude du désert d'El Faouar :

Soixante cinq pour cent de l'espace est constitué par des zones nues (voir aussi VII.2.2. désertification de l'habitat). Le désert d'El Faouar est essentiellement un désert de sables fins constitué de nombreuses dunes. Il est noté dans le désert au sud du village :

- 50 hectares privés d'oasis et terres cultivées. Ses terres sont réparties en plusieurs petites palmeraies jusqu'à 10 km au sud dans le Sahara d'El Faouar dont trois sur la piste d'El Fergoussi et Ain Bou Rdhaf et quatre sur la source de Bir Edhbâaïa à proximité de la piste du chott.

- des chotts (appelés milieu type M1 dans l'étude). Aussi, appelés sebkhas, les chotts sont des dépressions fermées en forme de cuvette, périodiquement inondées, dans lesquelles se produit une accumulation de sel (Annexe V). Le plus important dans la partie désertique sud d'El Faouar est le chott Bou Chareb (Fig.18). Il s'agit dans ce chott d'un simple argile salé. La végétation, peu nombreuse, en certains endroits, est halophile. On y compte notamment une Zygophyllaceae, *Zygophyllum album* (Bougriba), et, à la lisière, un arbuste *Limmoniastrum guyonianum* (Zeta).



Figure 18 : Chott Bou Chareb – Vue sur la source Ain Chott (milieu type M1)

- de nombreux ergs, massifs de dunes d'une certaine étendue. Le sable est très fin. On distingue deux grands types parmi ces ergs :

- Les ergs (milieu de type M3 dans l'étude), à ensablement moyen et à végétation arborée avec notamment des Légumineuseae, *Retama raetam* (Rhtam), *Limmoniastrum guyonianum* (Zeta), des Chaméphytes, *Arthrophyllum schimittianum* (Beguel). On note aussi que certaines autres plantes ligneuses arbustives telles *Calligonum azel* (Azal), *Calligonum comosum* (Artha), *Ephedra alata* (Alenda) sont présentes à plus de 25 km autour d'El Faouar. *Ephedra alata* est la plus représentée, parmi ces trois dernières espèces de buissons citées, dans les zones les plus dures d'accès (Fig.19 et 20). Les arbustes présents sont des arbrisseaux de un à trois mètres de hauteur, à longs rameaux radiformes et présentant de petites feuilles qui tombent au lieu de se flétrir durant les périodes de sécheresse. La végétation herbacée peut former de véritables tapis temporaires de plantes annuelles. Ce sont des plantes bulbeuses ou grasses. Les Graminées à rhizome long et ramifié, comme le Sbott ou Drinn en arabe, *Aristida pungens*, dominant.



Figure 19 (à gauche) : Bosquets de Zéta (M3)
Figure 20 (à droite) : Aire recouverte de nombreux Rhtam, Beguel (M3)

Les ergs (M4), à ensablement important, sans ou avec, peu de végétation arbustive, et sans herbes (Fig.21 et 22).



Figure 21 (à gauche) : Barkhanes formant des cordons dunaires presque parallèles (draa) (M4)
Figure 22 (à droite) : Champ immense de dunes de sables (aussi barkhanes) (M4)

- des plaines sablo-rocailleuses (M2) avec une végétation basse, dispersée (Fig.23).



Figure 23 : Plaines sablo-rocailleuses. Végétation faible (M2)

- des points d'eau, utilisés par hommes, animaux et végétaux : les puits (Khiliet es Sbatt, El Fergoussi, El Tbini, Ain Bou Rhaf, Chmata) et les sources d'eau naturelles (Ain Chott, Bir Edhbââïa).
- deux campements touristiques : Tbini et Mehdeth.
- des pistes automobiles fixes (chott Bou Chareb, El Fergoussi) et de nombreuses pistes chamelières qui sont variables. Ces pistes sont utilisées par la population, par les agents des forêts (4x4, mobylettes, charrettes, chèvres, brebis, dromadaires), par les agences touristiques (4x4, quads, dromadaires) et par les militaires.

Remarque : dans les ergs étudiés, les espèces végétales sont les suivantes : en lisière de chott, existence possible de bosquets de *Limmoniastrum guyonianum* ; à Khiliet es Sbatt, El Fergoussi, Ain Bou Rhaf, Dhrâa Bourkharouf, surtout *Retama raetam*, *Arthrophytum* et *Limmoniastrum guyonianum* ; à Chmata (à 25 km d'El Faouar), Drâa Aassif (à 30-35 km), s'ajoutent *Calligonum comosum* et *azel*, *Ephedra alata*. Toutes ces espèces sont des plantes arbustives ligneuses qui peuvent mesurer de un à trois mètres de hauteur. Après les pluies, de nombreuses plantes herbacées, riches en eau, plantes succulentes, dont les noms ne sont pas cités ici, du fait de la variabilité importante d'espèces de ces pousses, sont disponibles pour les animaux et, éventuellement pour l'homme. Ces plantes émergent du sol sableux dans les creux de dunes. La présence d'un erg recouvert d'arbustes signale la présence d'eau souterraine à cet endroit.

I.2.3. Conditions environnementales : climatiques et géographiques

Le sable du Sahara est très fin. Il est facilement transportable par le vent. Les traces laissées sur le sable sont amenées à disparaître. Toutes les observations dépendent du type de sol et des conditions météorologiques (vents et pluies).

La période du 14 mars au 25 mai correspond au printemps. C'est une période de transition entre l'hiver, caractérisée par des températures froides la nuit, et l'été, par des températures chaudes et un vent sec et chaud, appelé le Sirocco (ou Chihili, en arabe). La période du printemps est particulièrement venteuse. Le vent est imprévisible : il peut souffler (déplaçant le sable) la nuit à certaines heures quelques minutes ou toute une nuit pour s'estomper au matin ; une autre fois il souffle durant deux à six jours et disparaît les deux à trois jours, voire la semaine suivante. Il peut aussi se lever les jours calmes (à cause des variations thermiques) le matin vers neuf ou dix heures et le soir au coucher de soleil.

Au mois de mars 2004, il y eut aussi la pluie. La petite pluie arrose le sol de quelques gouttes et s'évapore rapidement tandis que la forte pluie arrose entièrement le sol, le sable forme une « terre » un peu plus compacte où les traces sont peu effacées par le vent suivant. Les traces peuvent alors rester sur le sol jusqu'à trois jours consécutifs, même en présence du vent.

Les zones de chott présentent une terre sableuse et salée compacte, en l'absence de pluie, et molle après la pluie. Les traces restent sur le sol mouillé. Seulement, il existe des zones où le sable et le sel forment une croûte dure où, ne s'imprime que les traces d'animaux ou véhicules lourds (dromadaires, chacals, chiens, chèvres, moutons, mobylettes, 4 x 4, charrettes...). Sur des zones plus souples, on observe des traces d'animaux plus légers (insectes, reptiles, rongeurs, fennecs, renards...).

Dans les zones sableuses, plus il y a de sables et plus les traces sont effacées par le vent.

Et il y a des petites zones rocailleuses où les traces ne sont pas marquées ; les traces des petits animaux sont seulement visibles sur les nebkas de ces milieux. Également, plus l'ensablement est important, plus l'assèchement est rapide et donc plus les traces s'effacent rapidement après la pluie.

L'étude s'est donc heurtée à ces problèmes géoclimatiques qui empêchent les signes de présence d'être observés dans des conditions comparables.

I.3. Matériel et méthode

I.3.1. Moyens d'étude

Nos moyens de locomotion étant limités, les études ont été réalisées, le plus souvent, à pieds ou en charrette (moyen de locomotion le plus utilisé par les habitants d'El Faouar, passe-partout du désert presque au même titre que le dromadaire pour avancer dans le sable et traverser les dunes). Quelques fois, un véhicule 4x4 tout terrain a pu être utilisé pour se déplacer plus rapidement.

A cause de ces limites matérielles, l'étude nécessitait de passer, à chaque fois, plusieurs jours, dans des campements provisoires pour se trouver sur place au petit matin. Du coup, un matériel de base nécessaire à la vie dans le Sahara était nécessaire (Fig.24). L'expérience du Sahara est importante. Les conditions de vie sont très différentes et il a fallu apprendre de nombreux éléments utiles à la vie dans ce milieu : gestion de l'utilisation de l'eau, gestion des journées chaudes (recherche et/ou fabrication sommaire d'un abri frais), gestion des vents de sables (minimisation de l'ingestion de sables, protection...), gestion du feu (recherche du bois, heures...), gestion des arthropodes et des serpents. Aussi, l'aide des habitants et des agents expérimentés de la subdivision forestière d'El Faouar a été bénéfique. Le matériel d'étude importé était constitué d'un GPS (Global Positioning System), d'une boussole, d'une carte, d'un anémomètre, d'une paire de jumelles, appareil photographique, réveil, gants et flacons de prélèvements, feuilles de note et stylos.



Figure 24 : Campement à El Fergoussi en compagnie de M. B.Guannoum, un de mes guides (2004)

I.3.2. Stratégie d'étude

I.3.2.1. Plan d'échantillonnage

Un échantillonnage en grappes a d'abord été effectué sur la zone d'étude. Sept zones ont été choisies (Fig.25 et 26) : zone 1, de Chmata à Khilet-es-Sbatt en passant par le Chott Bou Chareb ; zone 2, Dhrâa Souida ; zone 3, Chmata ; zone 4, El Fergoussi ; zone 5, Dhrâa Aassif ; zone 6, Chott Bou Chareb et Dhrâa Bourkharouf ; zone 7, Ain Bou Rdhaf.

Un tirage sur chacune des zones choisies a été effectué. Il s'agissait, cette fois, d'un tirage systématique. Les surfaces étudiées étaient divisées en parcelles de 400 m de côté. Des quadrats de surface 0,01 km² étaient espacés tous les p km à partir d'un point d'origine, dans une des parcelles de la zone étudiée. $p = \sqrt{(\text{surface étudiée } S_i / n_i)}$, n_i étant le nombre de points échantillonnés sur la surface étudiée S_i . La prospection de points était donc entreprise tous les 0,4 km.

La surface et le nombre de parcelles sont connus sur ces zones (Tab.IV) :

Tableau IV : Surface et nombre de parcelles de 0.16 km²

Zone	Surface S_i (km²)	Nombre de points échantillonnés n_i	p (km)
1	11.84	74	0.4
2	2.88	18	0.4
3	6.08	38	0.4
4	4.48	28	0.4
5	5.76	36	0.4
6	17.92	112	0.4
7	5.6	35	0.4
Total	54	341	0.4

La surface totale de la zone était de 332,8 km².

L'échantillon 1 était constitué de 341 unités (carrés de 0,16 km²) et avait une surface totale de 54 km².

L'échantillon 2, tiré dans l'échantillon 1, était constitué de 341 unités. Ainsi, la surface totale de l'échantillon était de 3,41 km² (soit un peu plus de 1 % de la surface totale).

En pratique, l'échantillonnage réalisé était de convenance ; il a été décidé de parcourir des quadrats de 100 m de côté tous les 400 m à partir d'un point d'origine. Les surfaces étudiées dépendaient, à chaque fois des conditions ainsi les zones avaient des surfaces inégales et des disparités spatiales.

I.3.2.2. Caractéristiques du plan d'échantillonnage par degrés

Le grand avantage de cette stratégie est qu'elle permet de réduire les déplacements et diminue les dérangements occasionnés. Les résultats peuvent aussi être obtenus à plusieurs niveaux d'unités selon les grappes sélectionnées. Il permet aussi de gérer les disproportions spatiales.

Mais plusieurs tests statistiques sont non applicables. La collecte des unités n'est pas indépendante, les erreurs ne sont donc pas forcément indépendantes. Les conditions de l'analyse de variance ne sont pas toujours respectées ; compte-tenu des difficultés d'accès et des faibles moyens dont nous disposons, cette stratégie nous a semblé le meilleur compromis entre un tirage aléatoire et une sélection arbitraire.

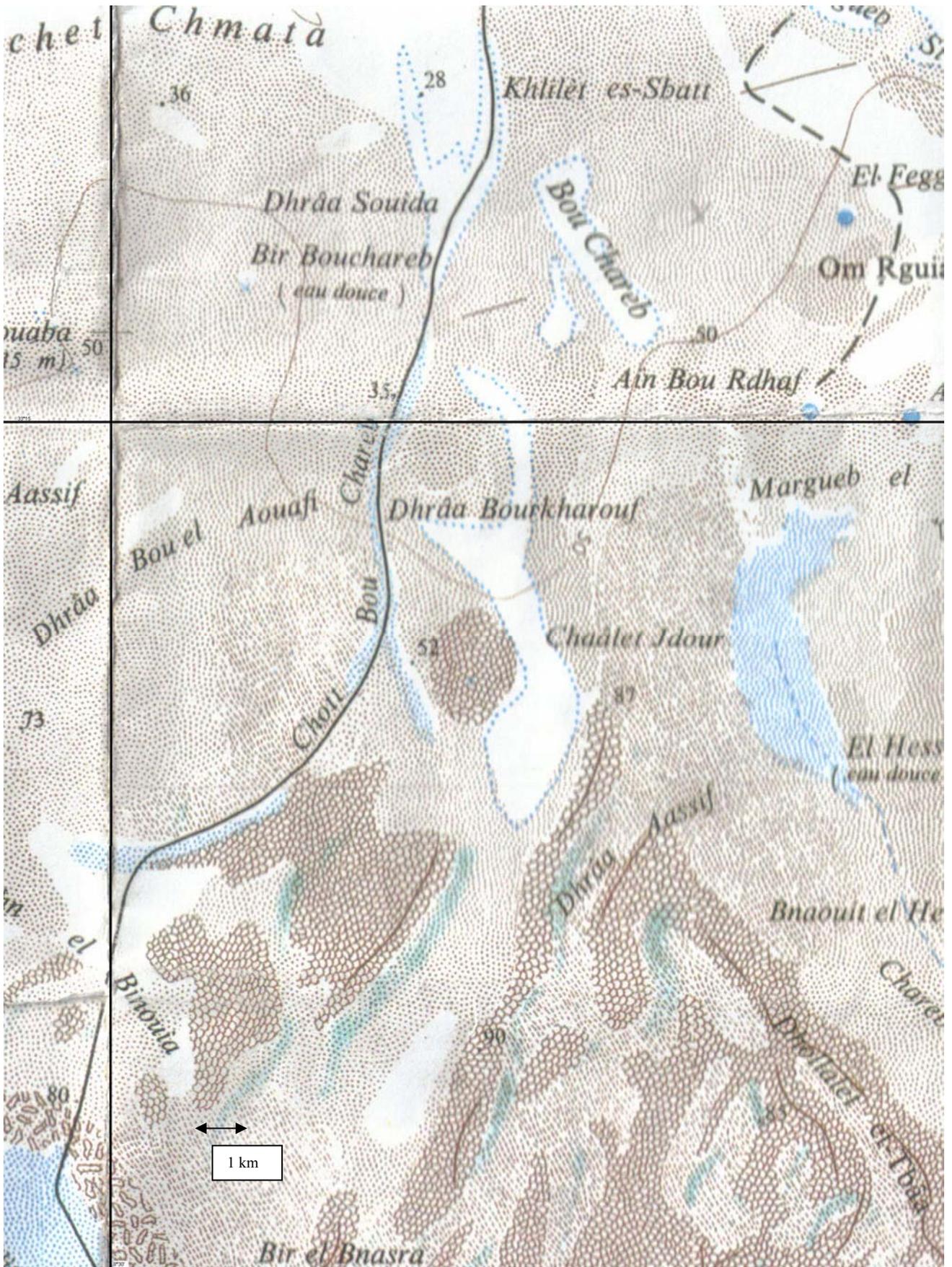


Figure 25 : Carte de la zone d'étude (Office de la Topographie et de la Cartographie, Tunis, 1988)

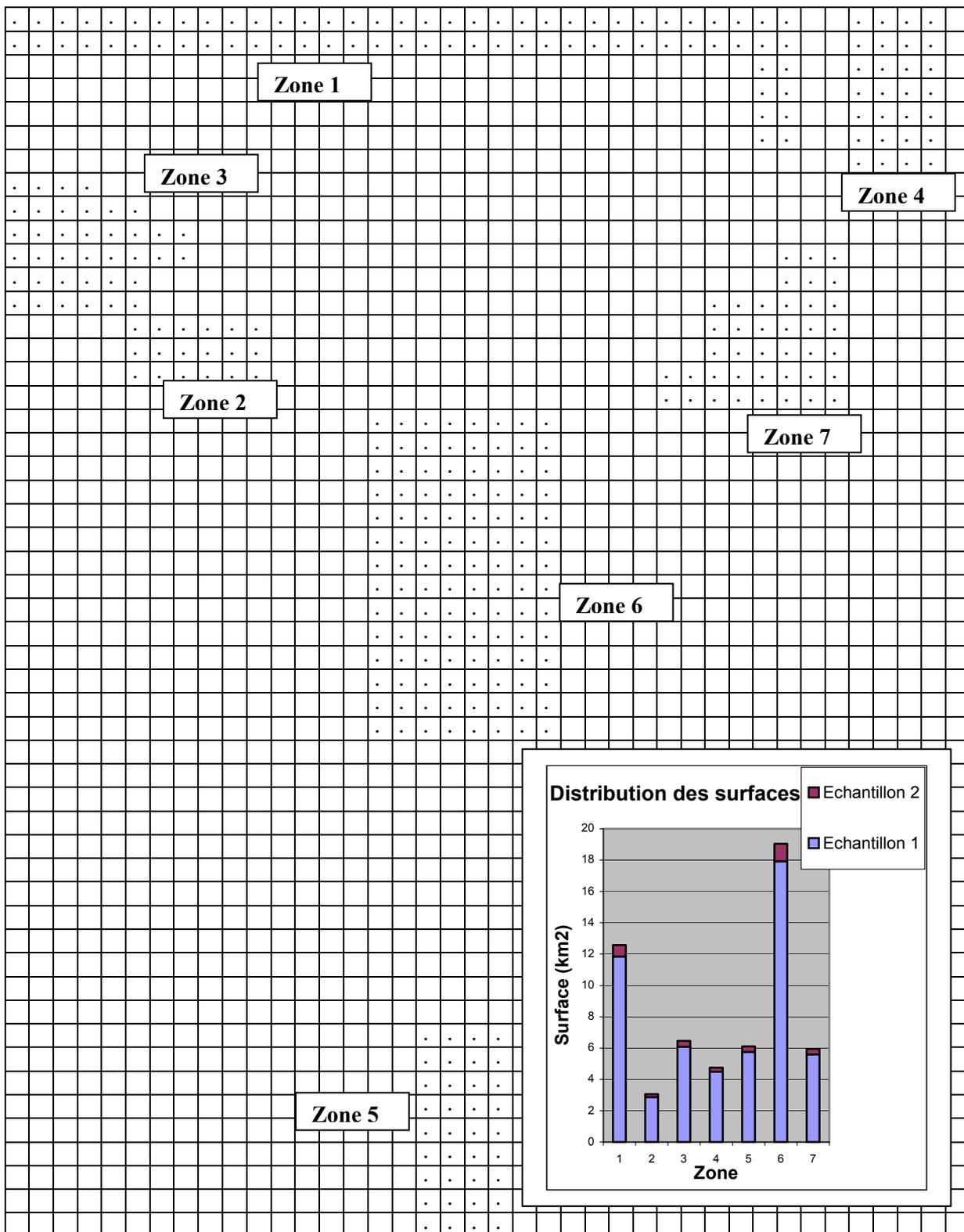


Figure 26 : Représentation schématique de l'échantillonnage. Echantillonnage à deux niveaux : 1- tirage des grappes à l'origine des zones, 2- échantillonnage systématique sur chacune des zones (Les points représentent des quadrats de 0,01 km² ; chaque carré de la grille a 400 m de côté)

I.3.3. Choix des variables d'étude

Les variables relevés sont toutes des variables qualitatives nominales :

I.3.3.1. Variable à expliquer

« F » : **Présence de fennec(s)** (sur le quadrat)

0 ; Absence de signes de présence de l'espèce.

1 ; Présence d'au moins un signe de présence de l'espèce.

Etude des indices de présence de l'espèce :

a) Observation directe : difficile. Elle peut se faire parfois au crépuscule. Sinon, les fennecs sont observables dans les phares de véhicules la nuit. Mais, les techniques de comptage des fennecs aux phares (méthodes « distance sampling ») sont limitées par la difficulté de progression dans les aires de dunes et la facilité des fennecs à entendre la progression, donc à fuir.

b) Empreintes :

Les empreintes des fennecs (Fig.27) sont comparables aux traces laissées par un petit chat dans un bac de sables. Elles ont la forme générale d'un losange. Comme tous les Carnivores, l'appui est réalisé sur les coussinets. Le sable est ainsi déplacé lors de l'appui pour laisser marquer les empreintes des quatre coussinets des doigts et du coussinet central. L'empreinte des deux griffes trois et quatre est souvent présente. Il est à noter que ses marques sont le plus souvent peu nettes ; le Fennec ne pèse effectivement pas plus de 1,5 kg, et le vent en soufflant efface ces faibles empreintes (Fig.28).

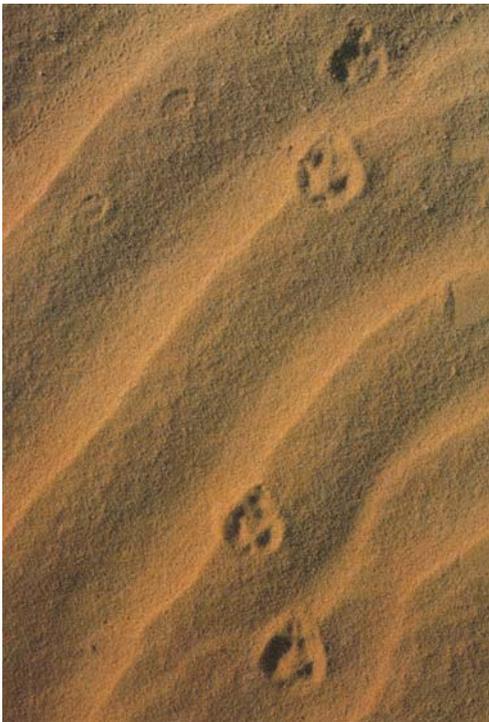


Figure 27 : Empreintes de fennecs
(Dragesco-Joffe, 1993)



Figure 28 : Effacement par le vent des empreintes
de fennecs (2004)

Il faut faire attention à ne pas confondre (Tab.V) :

Tableau V : Critères d'identification des empreintes

<i>Caractéristiques</i>	<i>Fennec</i>	<i>Renard Rüppell</i>	<i>Chien/Chacal</i>	<i>Lièvre du Cap</i>
Enfoncement des coussinets	+	++	+++	+
Forme	Losange	Ovale	Ovale	Losange
Mesures	L=5 cm ; l=3,5 cm	L=6cm ; l=5cm	L=7cm ; l=6cm	L=4,5cm ; l=3cm
Empreintes des poils plantaires	Oui	Non	Non	Oui
Enchaînement	En alternance	En alternance	En alternance	Postérieurs côte à côte
Effacement	+++	++	+	+++

Les empreintes de Fennec sont plus petites et moins nettes que celles du Renard. Elles s'en distinguent également par la présence des empreintes des poils qui dépassent des soles plantaires.

Les empreintes du Lièvre (Fig.29) ont la même forme et taille que celles de Fennec, mais leur disposition est différente.



Figure 29 : Empreintes du Lièvre du Cap (2004)

I.3.3.2. Variables explicatives

« **M** » : **Milieu Naturel** (voir les photos I.2.2. Etude du désert d'El Faouar)

M1 ; chott, bassin d'évaporation temporairement recouvert d'eau lors des pluies. Sol compact, dur. Peu d'espèces présentes. Voie aisée de passage humain hors pluies.

M2 ; plaines de sables parfois rocailleuses, à ensablement léger, faible. Végétation basse, peu importante et dispersée. Les végétaux bien représentés sur ces sols sont des Graminées. On a aussi des souches souvent mortes de *Limmoniastrum guyonianum*. On trouve en moyenne abondance les Arthropodes et les Reptiles.

M3 ; aires de dunes de sables avec présence d'une végétation arbustive relativement importante, arbustes (*Retama raetam*, *Arthrophytum schimittianum*, *Limmoniastrum*

guyonianum, *Calligonum azel*, *Calligonum comosum* et *Ephedra alata*) généralement de un à trois mètres de hauteur. Ces arbustes maintiennent le sable et l'humidité entre leurs racines et contribuent à fixer les dunes. Ensablement moyen. Milieu dans lequel il est noté la plus forte présence des Arthropodes, des Reptiles, des Oiseaux et des Micromammifères consommés par les Carnivores de la région.

M4 ; aires de dunes de sables présentant un ensablement important à très important. Quasi-absence de végétation, présence de quelques touffes de Graminées ou d'arbustes disséminés (*Retama raetam*, *Ephedra alata*). Sous ou autour des arbustes, il peut survivre quelques Arthropodes, Reptiles ou Oiseaux.

« R » : Présence de renard(s)

0 ; Absence de signes de présence de Renard de Rüppell (*Vulpes rueppelli*).

1 ; Présence d'au moins un signe de présence de l'espèce.

Indices de présence de l'espèce :

- L'observation directe du Renard de Rüppell : celle-ci est beaucoup plus difficile que celle du Fennec. Cet animal est beaucoup plus farouche : il est plus nocturne que le Fennec et fuit à l'approche très rapidement.

- L'observation indirecte des empreintes.

« C » : Présence de chacal(s) et/ou Chien(s) sauvage(s)

0 ; Absence de signes de présence de Chacal doré (*Canis aureus*) et/ou de Chien.

1 ; Présence d'au moins un signe de présence de ces espèces qu'on ne peut pas facilement différencier sur le terrain.

Indices de présence

- L'observation directe : elle est plus facile. On voit souvent le Chien domestique à proximité des familles et des troupeaux. On voit parfois un chien sauvage et un chacal à l'approche de troupeaux ou de mares et sources. Elle permet une différenciation spécifique.

- L'observation indirecte des restes de corps, des empreintes (Fig.30). Les empreintes et les crottes de ces espèces sont similaires. Elles sont bien différenciables de celles des autres espèces de Mammifères du Sahara.

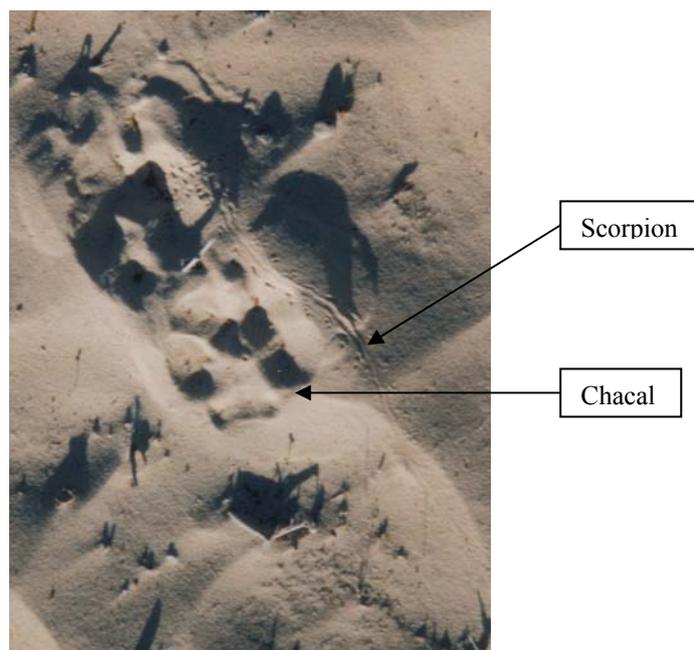


Figure 30 : Empreintes de Chacal et passage d'un scorpion (2004)

« H » : Présence humaine

H1 ; Absence de signe(s) de présence ou de passage humain.

H2 ; Présence de passages humains (traces de mobylette, de charrette, de 4x4, de chèvre, de brebis, campement(s), détritiques et restes de campement(s)) (les traces de dromadaires ne sont pas relevées car les dromadaires errent la plupart du temps en groupe et sans gardien), Campement(s) provisoire(s) peu dérangentant(s), Parcelles situées de 400 à 800 m de distance des gros campements.

H3 ; Campement(s) humain(s) réguliers et fréquents, Zones à proximité de ces campements, à moins de 400 mètres.

« P » : Présence de petit(s) rongeur(s) ou « Proies »

P0 ; Absence de signe(s) de présence de rongeur(s).

P1 ; Présence de signe(s) de présence de rongeur(s).

Le Sahara présente diverses espèces de petits Rongeurs : les Gerbilles, Gerboise, Mériones, Psammomys. Les traces sont peu différenciables. Seules les traces de la petite Gerboise du sable (*Jaculus jaculus*) (Fig.31) sont caractéristiques car elle se déplace par saltation. Les traces de Gerboises sont spécifiques mais on ne peut pas distinguer les autres espèces de petits Rongeurs. La classification est aussi faite suivant la présence d'indices de présence de ces Mammifères, qui sont en particulier les traces et les terriers. Leurs observations directes sont difficiles en raison de l'activité également nocturne de ces espèces. L'observation avec des lampes est possible furtivement car l'animal éclairé se sauve rapidement. On voit souvent leurs traces sur le sable au petit matin.

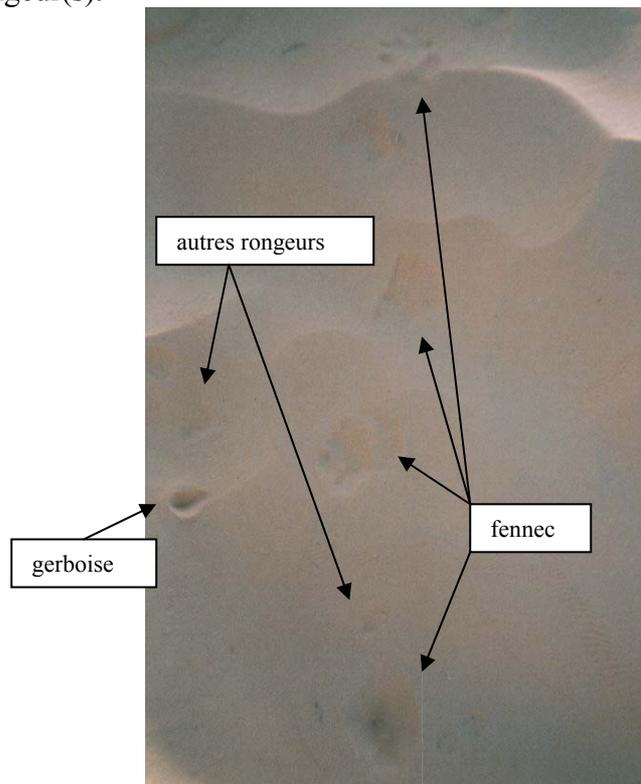


Figure 31 : Photographie des empreintes d'une gerboise et d'un autre petit rongeur ; A côté un fennec est passé (2004)

I.3.4. Récolte des données

A chaque parcelle examinée, les informations suivantes ont ainsi été relevées sur une feuille d'observation (Annexe VII) :

- N° Point,
- Coordonnées GPS du point,
- Date et heures d'observation,
- Conditions météorologiques (vitesse du vent, visibilité, température),
- Milieu, M1 M2 M3 M4
- Fennec, F0 F1
- Carnivores, C0 C1 ou R0 R1
- Souris, S0 S1
- Homme, H1 H2 H3.

I.3.5. Limitation des biais d'échantillonnage

En pratique, aucun indice de présence n'a été trouvé en l'absence d'empreintes des pattes. L'étude a été réalisée donc uniquement par le suivi de traces ; l'enquête proposée est une méthode simple. Elle est non invasive et permet d'obtenir les informations recherchées. Cependant, les biais sont nombreux car la variabilité est importante : variations dans la visibilité et la dégradation des empreintes. Ces variations surviennent selon la date et l'heure de comptage, la météorologie (vitesse du vent) et la nature physique du sol. La méthode est aussi limitée par l'utilisation de variables qualitatives sujettes à la subjectivité de l'observateur à l'origine de biais de classement. La limitation de ces biais a nécessité la standardisation des méthodes de mesures et leur répétition.

Les parcelles ont été explorées par la réalisation de parcours. Le parcours entrepris, à chaque parcelle, était le même. Le tour de la parcelle était effectuée, l'absence d'indices de présence de Carnivores était considérée comme absence de passages des Carnivores. Les observations duraient en moyenne 15 minutes par quadrat. Les parcours étaient répétés une deuxième fois dans les jours suivants.

Les observations se sont tenues seulement les jours sans vent, ou avec des vents très faibles (inférieure ou égale à 11 km/h (v) ou exprimé en unité Beaufort (d), inférieur ou égal à 2). Les observations ont toujours débuté, au petit matin, à cinq heures. Elles se terminaient à des heures différentes suivant les conditions météorologiques.

Vingt sept journées d'observation ont été possibles. Les jours sans vent ($v = 0$ km/h et $d = 0$), les observations se déroulaient de cinq heures à 14 heures. Il était alors possible d'examiner 28 parcelles. Les jours de très légère bise (v inférieur ou égal à 5 km/h et $d = 1$), 24 observations pouvaient être réalisées car les traces étaient effacées après midi. Les jours de légères bises (v entre 6 et 11 km/h et $d = 2$), la plupart des empreintes n'étaient plus visibles après dix heures du matin, 20 parcelles pouvaient être examinées dans ces conditions.

I.4. Résultats

Les résultats de l'examen répété de 341 points sont présentés sous la forme d'un tableau récapitulatif. Le tableau, saisi sur Excel, constitue la base de données pour l'utilisation des tests statistiques (Annexe VIII).

Des représentations graphiques sur calques ont été réalisées, où était notée la présence/absence des fennecs et la variable « habitat » étudiée (Fig.32 et 33).

Le tableau VI récapitule le nombre de chaque catégorie d'habitat visité en fonction de la zone étudiée et la proportion obtenue de chaque catégorie d'habitat dans l'échantillon et dans l'ensemble de la zone d'étude :

Tableau VI : Récapitulatif des proportions « milieu » / « habitat »
(* données obtenues par pesée des types d'habitat de la zone sur une balance de précision)

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Moyenne échantillon	Moyenne terrain*
M1	16	0	0	0	0	19	0	10 %	11,8 %
M2	20	10	14	8	7	47	10	34 %	29,4 %
M3	22	8	19	17	17	12	17	33 %	28,4 %
M4	16	0	5	3	12	34	8	23 %	28,4 %

Il s'avère ainsi que l'échantillon choisi (moyenne échantillon) n'est pas significativement différent de l'ensemble (moyenne terrain). L'échantillon étudié est donc bien représentatif de l'ensemble de la zone d'étude ($\text{Chi}^2_{\text{obs}} = 2,85$).

I.8. Interprétation statistique

I.8.1. L'estimateur

On peut estimer la présence de(s) fenec(s) soit par le nombre de parcelles où a été détecté le Fenec soit par la proportion de celles-ci ; c'est l'expression du risque de trouver une unité d'échantillonnage possédant le caractère « présence de(s) fenec(s) » ou, on peut dire aussi risque de présence de(s) fenec(s) (que nous appelons prévalence).

I.8.1.1. Calcul de la proportion du caractère « présence de(s) fenec(s) »

L'estimateur et son intervalle de confiance se calculent à plusieurs échelles.

I.8.1.1.1. A l'échelle des zones

L'estimateur sur chaque zone est calculé de façon identique (échantillonnage systématique) :

- p_i , proportion d'éléments possédant le caractère « présence de(s) fenec(s) » sur la zone (somme des unités échantillonnées « positives » sur le nombre, n_i , total d'unités échantillonnés dans la zone i).

- le calcul de l'intervalle de confiance à 95 % de cette proportion n'est possible que dans le cas où $n_i \geq 30$, et si sa distribution est normale. Il faut aussi vérifier que tous les $n_i * P_i$, $n_i * (1 - P_i)$, $n_i * P_s$, $n_i * (1 - P_s)$ sont ≥ 5 (P_i et P_s étant respectivement la borne inférieure et supérieure de l'intervalle de confiance, à 95 %, de p_i).

On a $P_i = p_i - 1.96 * \sqrt{(p_i * (1 - p_i)) / n_i}$ et $P_s = p_i + 1.96 * \sqrt{(p_i * (1 - p_i)) / n_i}$.

Dans les zones 2 et 4 ($n_2 = 18$, $n_4 = 28$), ce calcul n'est ainsi pas possible (NA).

Les résultats par zones sont donnés sur le tableau VII :

Tableau VII : Calcul, par zone, de la prévalence de présence de Fenec et de son intervalle de confiance, à 95 %

Zone	Prévalence (p_i) (en %)	Nombre d'unités échantillonnées (n_i)	Intervalle de confiance de p_i , 95 % : (en %)	
			P_i	P_s
1	5,4	74	0,8	10
2	0	18	NA	NA
3	0	38	0	0
4	3,6	28	NA	NA
5	72,2	36	57,6	86,9
6	25,9	112	25,8	34
7	25,7	35	11,2	40,2

I.8.1.1.2. A l'échelle du terrain d'étude

Le calcul de l'estimateur, P , sur l'ensemble de la zone d'étude est égale au nombre de quadrats positifs sur le nombre total de quadrats échantillonnés sur la zone ; d'où $P = 20,2$ %.

Le principe du calcul de l'intervalle de confiance, à 95 %, est identique, à précédemment. La somme de n_i est supérieure à 30 et P n'est ni trop proche de 0, ni trop proche de 1, donc on peut calculer l'intervalle de confiance à 95 %. Les valeurs de cet intervalle sont 16 et 24 %, autrement-dit sur l'ensemble du terrain étudié la présence du Fenec est vérifiable sur environ 20 (± 4 %) de la surface.

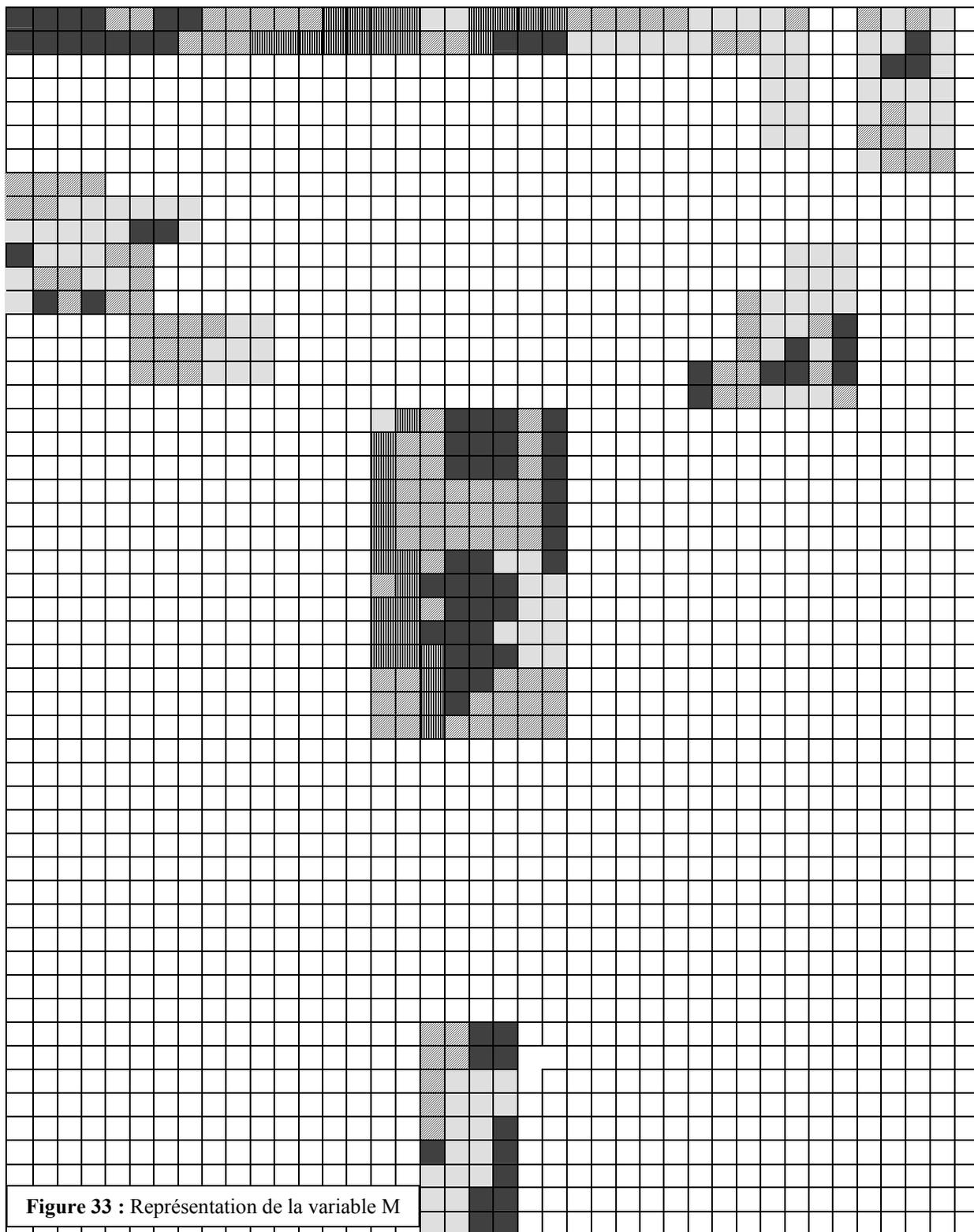


Figure 33 : Représentation de la variable M

- | | |
|---|---|
| <p>M1  Sebkhass, bassin d'évaporation temporairement recouvert d'eau lors des pluies, sol compact, dur; peu d'espèces; voie de passage humain</p> <p>M2  Plaines de sables avec ensablement léger, faible ; végétation basse peu importante</p> | <p>M3  Ensablement moyen, dunes de sables avec présence d'une végétation arbustive relativement importante</p> <p>M4  Ensablement important et très important, dunes de sables vierges, quasi-absence de végétation, présence de quelques touffes d'herbes et d'arbustes disséminés possibles</p> |
|---|---|

I.8.2. Indépendance des caractères

I.8.2.1. « présence de fenec(s) » et « milieu »

Dans un premier temps, le test du Khi-Deux a été utilisé pour vérifier les hypothèses de l'influence du milieu sur la présence de fenec(s). Nous vérifions donc qu'il y a une hétérogénéité.

Si l'on compare les effectifs observés des parcelles favorables aux effectifs théoriques que l'on aurait si ces parcelles avaient autant de chance d'appartenir à chacun des milieux ; χ^2 observé = 16,96 et χ^2 théorique = 7,81 (3 degrés de liberté). Il y a donc une différence significative entre ces deux modèles.

L'hypothèse d'homogénéité est écartée, au risque de 0,01 de se tromper. Les caractères « présence de fenec(s) » et « milieu » ne sont pas indépendants. Il existe une relation entre ces deux caractères.

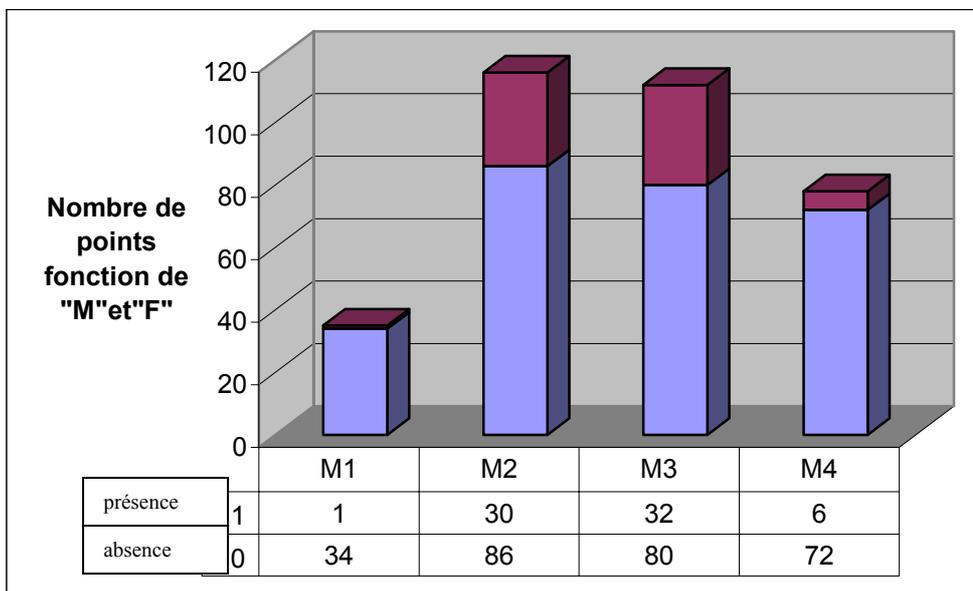


Figure 34 : Tableau de contingence et graphique en barres des résultats obtenus de l'enquête présence/absence de(s) fenec(s) en fonction de la variable « milieu » étudiée

Tableau VIII : Calculs des fréquences conditionnelles par milieu des points possédant le caractère « présence de(s) fenec(s) » (IC = intervalle de confiance)

Fréquences conditionnelles	Présence Fenec(s) %	Borne inférieure IC 95 %	Borne supérieure IC 95 %
M1	2,9	0	8,5
M2	25,9	17,9	33,9
M3	28,6	20,2	37
M4	7,7	1,8	13,6

Dans un deuxième temps, nous avons cherché à savoir si certains milieux étaient favorables.

Ainsi, (Fig.34 et Tab.VIII) dans les milieux M2 et M3, correspondant aux habitats les mieux végétalisés, la proportion de présence de fenec(s) dans la zone d'étude est supérieure à celle correspondant aux milieux M1 et M4, milieux pauvres. Les fenecs préfèrent utiliser les milieux à ensablement léger à moyen avec présence d'un couvert végétal.

En revanche, la différence de fréquentation des milieux M2 et M3, et des milieux M1 et M4 n'est pas significative, car les IC des prévalence dans ces milieux se recoupent fortement. Il semble qu'il y ait peu de différence de présence.

On peut également mesurer la force du lien entre l'exposition et la présence. Comme il s'agit d'une enquête descriptive transversale, cette mesure correspond approximativement au risque relatif. On peut donc calculer les risques relatifs et leurs intervalles de confiance de présence de fennec(s) d'un facteur par rapport à un autre (Tab.IX) :

Tableau IX : Risques relatifs, variances, écart-types, et intervalles de confiance calculés

Risques relatifs (RR) :		Variance (LnRR) :	IC RR 95% :	
M2 / M1	8,9	0,99	6,9	10,9
M3 / M1	9,9	0,99	7,9	11,9
M4 / M1	2,7	1,13	0,6	4,8
M3 / M2	1,1	0,05	0,7	1,5

On a respectivement 8,9 et 9,9 fois plus de risques que le Fennec soit présent sur un point si l'on se trouve dans le milieu 2 et 3 que dans le milieu 1. Les intervalles de confiance pour ces valeurs ne comprennent pas la valeur 1 ; on peut donc dire que le facteur « milieu » étudié est un facteur de risque de présence du fennec.

Remarque : Il est également important d'étudier l'effet de la zone. Le test d'indépendance montre l'existence d'une relation entre la zone et la présence des fennecs (χ^2 observé = 92,26 et χ^2 théorique = 12,59).

I.8.2.2. « présence de fennec(s) » et « présence de renard(s) »

Le test de Khi-Deux est également réalisé :

χ^2 observé = 1,87 et χ^2 théorique = 3,84 (1 degré de liberté). On ne peut donc pas écarter de façon significative l'hypothèse d'indépendance de ces caractères. Le renard ne semble pas influencer la présence du Fennec (Fig.35).

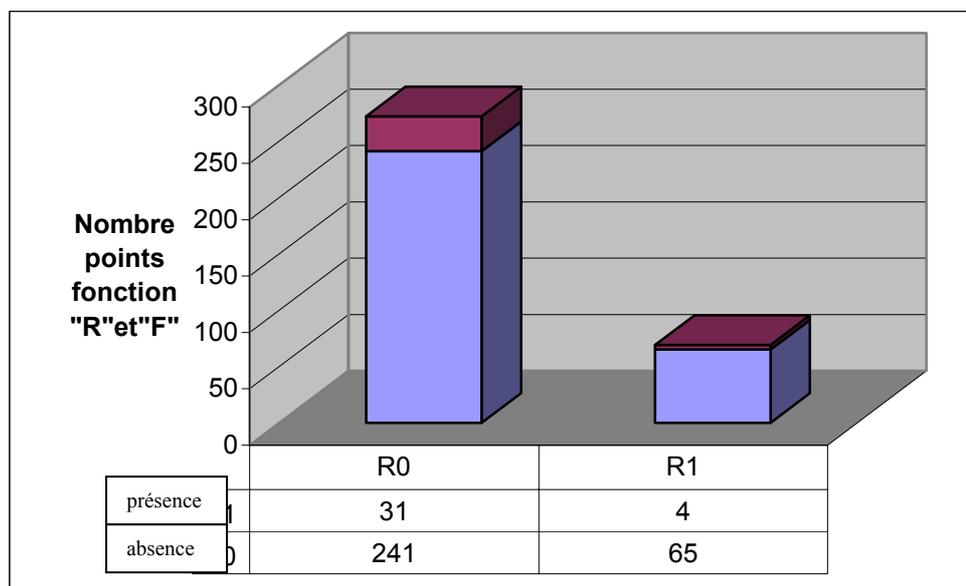


Figure 35 : Tableau de contingence et graphique en barres des résultats obtenus de l'enquête présence/absence de fennec(s) en fonction de la variable « présence de renard(s) » étudiée

I.8.2.3. « présence de fennec(s) » et « présence de chacal(s) et/ou chien(s) »

Le test n'est pas significatif : χ^2 observé = 3,03 et χ^2 théorique = 3,84 (1 degré de liberté). On ne peut aussi rien conclure sur la relation entre ces deux caractères (Fig.35).

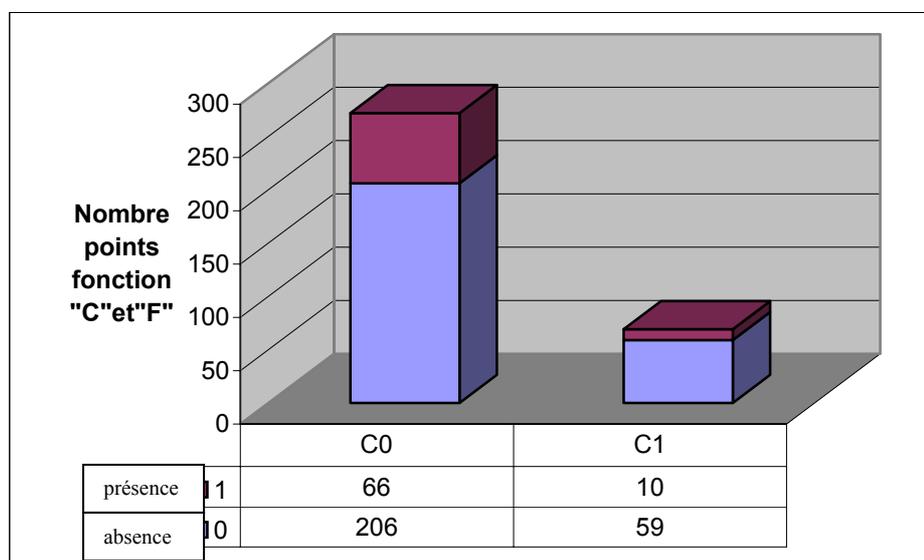


Figure 36 : Tableau de contingence et graphique en barres des résultats obtenus de l'enquête présence/absence de fennec(s) en fonction de la variable « présence de chacal(s) et/ou chien(s) » étudiée

I.8.2.4. « présence de fennec(s) » et « présence des petit(s) rongeur(s) »

χ^2 observé = 40,81 et χ^2 théorique = 3,84 (1 degré de liberté) (Fig.37). L'hypothèse est écartée au risque de 0.0001 de se tromper. Les caractères « présence de fennec(s) » et « présence de(s) petit(s) Rongeur(s) » ne sont pas indépendants.

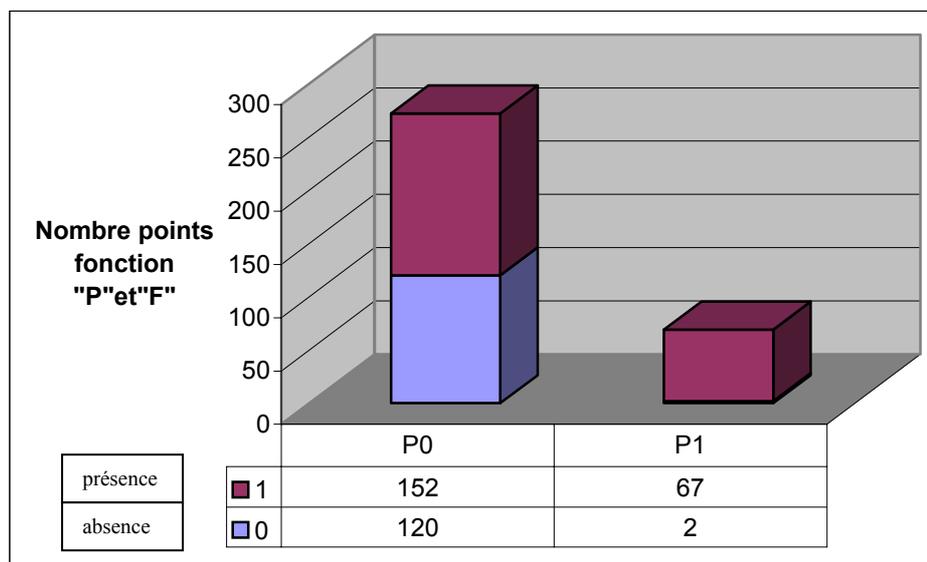


Figure 37 : Tableau de contingence et graphique en barres des résultats obtenus de l'enquête présence/absence de fennec(s) en fonction de la variable « présence de petit(s) rongeur(s) » étudiée

On a plus de risque que se trouve présent le Fennec en présence de petit(s) rongeur(s) (97,1 % avec IC 95 % de 93,1 à 100 %) qu'en leurs absences (55,9 % avec IC 95 % de 50 à 61,8 %).

Le risque relatif calculé est de 1,7 (IC 95 % de 1,6 à 1,8). On a donc 1,7 fois plus de risque de croiser des indices de présence du Fennec lorsque l'on trouve des traces de rongeurs que lorsque l'on n'en trouve pas. La variable « présence de petit(s) rongeur(s) » étudiée est donc un facteur de risque de présence du Fennec.

I.8.2.5. « présence de fennec(s) » et « présence humaine »

Aucune observation d'indices de présence de l'espèce Fennec n'a été faite dans les zones très fréquentées à proximité des campements humains (Fig.38). Le test du khi-deux n'est pas applicable avec un indice de présence humaine établi suivant la fréquentation des parcelles (1 : fréquentation nulle ; 2 : fréquentation passagère ; 3 : fréquentation importante).

Cependant, on peut réaliser le test avec une variable binaire, absence et présence humaine. Les classes 2 et 3 sont regroupées. On obtient alors : χ^2 observé = 9,13 et χ^2 théorique = 3,84. Les caractères « présence de fennec(s) » et « présence humaine » sont liés, au risque de 0,01 de se tromper.

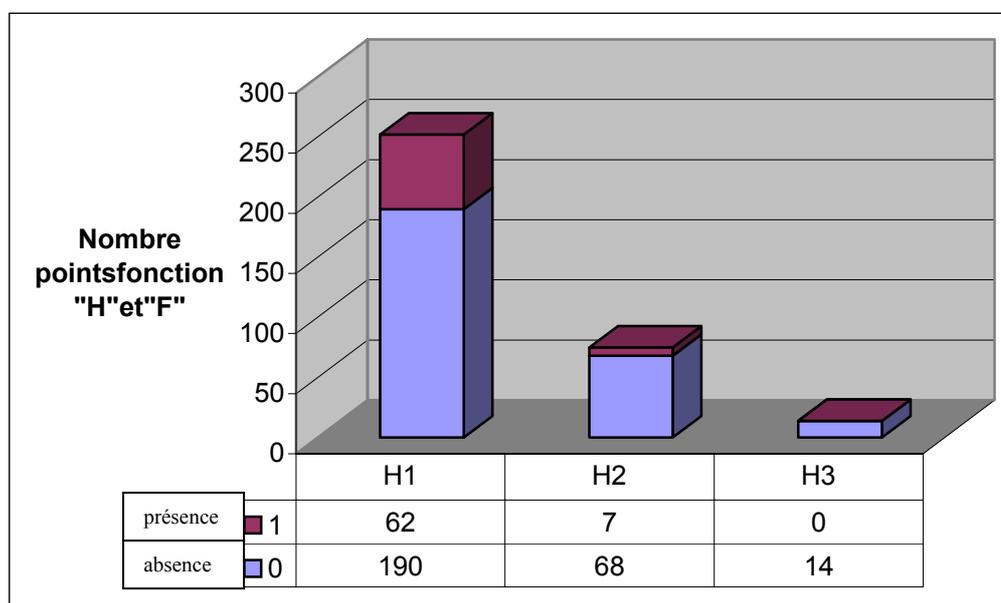


Figure 38 : Tableau de contingence et graphique en barres des résultats obtenus, après pondération, de l'enquête présence/absence de fennec(s) en fonction de la variable « présence humaine » étudiée

La présence de fennec(s) est meilleure, 32,6 % (IC 95 % de 26,8 à 38,4 %) lorsque le milieu n'est pas fréquenté par l'homme alors qu'elle est de 9,3 % (IC 95 % de 2,7 à 15,9) lorsqu'il est fréquenté passagèrement.

Les fennecs ne sont jamais présents aux abords des zones fréquentées par l'Homme (zone située à moins de 400 m de distance de places fréquentées par l'homme de façon soutenue). Les fennecs sont moins présents dans les milieux à présence humaine légère que dans les milieux sans présence (RR = 0,3 ; IC 95 % de 0 à 1). L'intervalle de confiance comprend la valeur 1. On peut tout de même dire que la variable « présence humaine » étudiée est un facteur de protection car le risque relatif de présence de fennec(s) avec H3 est égal à 0.

I.8.3. Bilan

Il existe donc un facteur milieu, un facteur zone, un facteur homme et un facteur présence de petits rongeurs qui agissent sur la présence des fennecs.

Les facteurs majoritaires de présence de(s) fennec(s) sont le milieu et la présence des petits rongeurs. L'Homme est un facteur d'absence de(s) fennec(s). Les relations entre la présence de chacal(s) et/ou chien(s) et la présence de fennec(s), et entre la présence de renard(s) et de fennec(s) ne sont pas connues.

Cependant, les variables sont liées et interagissent entre elles. Par exemple, la présence de renards, de chiens, d'hommes et de rongeurs dépend du milieu et de la zone. Une analyse multivariée a été entreprise pour définir les facteurs les plus prédictifs de la présence des fennecs.

I.8.4. Analyse multivariée

Différents modèles prédictifs, choisis selon la méthode ascendante de choix des variables, ont été analysés par régression logistique, à l'aide du logiciel R (version 1.3.0.)

C'est ainsi que l'on trouve que le meilleur modèle de prévision de la présence de fennec(s) est : F fonction de Z (la zone) + P (la présence des rongeurs).

Le tableau suivant (Tab.X) récapitule les Critères d'Akaike (AIC) obtenus et les valeurs de signification des tests du rapport de la Vraisemblance (a), vérifiant si le modèle est significativement différent du modèle plus simple :

Tableau X : Critères d'Akaike (AIC) et Vraisemblance (a) par modèle (* significatif : risque = 0.05 %)
 Les éléments en gras représentent les modèles choisis (test significatif et AIC le plus petit)

Modèle (démarche ascendante) :	AIC :	a :
M	326	1,233 ^c -5*
R	345,4	0,15
P	294,1	2,798 ^c -13*
C	344,2	0,07
H	333,7	0,00038*
Z	264,3	6,7e-18*
Z + M	221,7	1,6e-10*
Z + R	266,3	0,799
Z + C	266,2	0,745
Z + P	190,3	2,8e-18*
Z + H	263,3	0,083
Z ^ M	214	6e-11*
Z ^ R	269,3	0,563
Z ^ C	273,2	0,797
Z ^ P	195,8	2,8e-15*
Z ^ H	268,2	0,096
Z + P + M	193,5	0,417
Z + P + R	190,1	0,14
Z + P + C	191,3	0,324
Z + P + H	190,6	0,159
Z + P ^ M	195,2	0,314
Z + P ^ R	190,1	0,14
Z + P ^ C	192,9	0,488
Z + P ^ H	193,5	0,311

La régression logistique donne l'équation prédictive suivante :

$$F = (-7,327) Z2 + (-7,179) Z3 + (-0,899) Z4 + (3,810) Z5 + (2,688) Z6 + (1,65) Z7 + 4,206 P.$$

Elle révèle donc que les zones 5, 6, 7 et la présence de petit(s) rongeur(s) sont favorables à la présence du Fennec alors que les zones 1, 2, 3, 4 limitent sa présence.

Les facteurs de cette équation les plus favorables sont la zone Z5 et la présence de petit(s) rongeur(s) (coefficients les plus élevés).

I.9. Discussion

L'étude ne donne aucune information sur l'abondance (objectifs nécessaires pour surveiller la statut de l'espèce), vu l'impossibilité de relier l'indice de présence des traces de Fennec obtenu à un indice d'abondance. L'étude ne donne donc qu'une information qualitative sur la fréquentation du milieu.

Compte-tenu des conditions géophysiques, matérielles et climatiques, les quadrats se trouvent plus étudiés au nord de la zone qu'au sud, le sud de la zone d'étude étant plus difficile et plus long d'accès. Cependant, l'échantillon pris est bien représentatif du terrain d'étude. Dans chaque zone, une présence identique du Fennec a la même probabilité d'être détectée.

L'étude confirme les informations données par Dragesco-Joffe (1993) sur l'écologie du Fennec : les fennecs se trouvent préférentiellement dans les dunes ou les plaines sablo-rocailleuses qui sont couvertes de végétaux. Ces habitats sont les milieux qui offrent les meilleures possibilités de survies aux espèces d'invertébrés et de vertébrés.

La végétation constitue l'élément principal de la vie de la faune sauvage dans le désert. L'eau nécessaire à la vie est retenue aux pieds des arbustes. Dans les ergs, les buttes de sables qui entourent les arbustes sont humides et compactes. Les racines du végétal retiennent l'eau et l'humidité du sable, ce qui est à l'origine de la concentration de la vie autour des végétaux du Sahara : la faune phytophage, puis la faune prédatrice des phytophages se retrouve aux pieds et aux alentours du végétal (Monod, 1959). C'est ainsi que les zones les plus riches en végétation sont les zones les plus propices au développement de la majorité des espèces animales sahariennes. Il est donc logique que notre étude montre une répartition importante des traces de fennecs dans des zones de présence de végétation et donc d'alimentation : Rongeurs, Insectes, Reptiles. Ceci est confirmé par le fait qu'on relève des empreintes de micromammifères et des petites dépressions creusées, signes que le Fennec cherche à attraper les espèces « proies » qui se cachent sous le sable, Insectes et Reptiles.

Dans les chotts (salés) et dans les aires de dunes exclusivement constituées de sable, les conditions géomorphologiques du sol (salé ou absence d'eau) ne permettent le développement et la survie que de peu d'espèces. Ces milieux sont apparus comme peu fréquentés. Il semble qu'ils soient simplement des lieux de passages.

Plus précisément, l'analyse multivariée suggère que la plus forte relation existe entre la présence des petits rongeurs et la présence des fennecs.

La présence de l'homme dépend, elle aussi, des conditions géomorphologiques du sol. Effectivement, l'homme fréquente les milieux les plus productifs autour du village. Les campements humains peuvent être nombreux au début du printemps. Ils sont défavorables à la présence des fennecs car le bruit, l'agitation et la chasse pratiquée autour des campements sont

importants. L'homme reste « un prédateur » du Fennec (Grizmek, 1974 ; Nowak, 1999 ; Ginsberg et Macdonald, 1990 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004).

La relation entre la présence des fennecs et celle des autres carnivores potentiellement super-prédateurs n'est pas vérifiée. C'est certainement dû au fait que ces espèces se déplacent sur les mêmes zones, riches en petites espèces, pour trouver leurs nourritures.

En revanche, il n'a jamais été observée la présence de traces de fennecs et de renards, au même jour, sur un même point. L'occupation des sols par les renards et les fennecs, quoique non vérifiée par l'analyse statistique, paraît être différente. Il a notamment déjà été dit (Dragesco-Joffe, 1993) que le Fennec et le Renard possèdent des territoires bien séparés spatialement mais qui peuvent éventuellement se juxtaposer. Les milieux utilisés par ces deux espèces semblent être aussi similaires.

Les traces de Chacal et/ou Chien sont dispersées. Ils fréquentent également les aires où la petite et moyenne faune est présente. Mais, ils errent beaucoup et partout. On trouve des passages sur les sebkhas et les milieux à ensablement important. C'est l'espèce carnivore que j'ai le plus observé dans ces milieux. On peut observer le cadavre de ses proies sur ses trajets (comme par exemple, un traquet attrapé dans un arbuste au milieu d'une grande étendue de dunes de sables). Leurs présences semblent être aussi dépendantes de l'homme, approchant les campements, les points d'eau et les oasis.

La présence du Fennec correspond donc aux aires de dunes et de sables avec végétation et petits rongeurs, à l'écart des habitations ou campements humains.

II. ECO-ETHOLOGIE

Des observations concernant l'éco-éthologie du Fennec, durant le déroulement de l'étude, ont été réalisées. Ces observations portaient sur le régime alimentaire et sur la répartition des terriers.

II.1. Etude du régime alimentaire

II.1.1. Méthode

Il a été décidé de choisir les échantillons de crottes qui semblaient les plus spécifiques et de les analyser au laboratoire d'alimentation de l'E.N.V.L. afin de décrire le spectre alimentaire du Fennec.

On a retenu vingt et une fèces (Fig.39) dont l'appartenance à l'espèce Fennec ne faisait pas de doute afin d'en examiner le contenu, selon un protocole d'analyse précis (Annexe IX et X).



Figure 39 : Photographie d'une crotte d'un fennec (2004)

La longueur des crottes de fennecs est comprise souvent entre trois et cinq centimètres. Elles ont une forme de fuseau étiré de quelques millimètres de diamètre ou de cylindre presque parfait. Elles sont souvent retrouvées très sèches et friables. Leur récolte nécessite du soin. Elles sont marrons souvent noires, et composées de nombreux fragments alimentaires, issus notamment de la digestion des insectes. La distinction spécifique (Fig.40 et 41) n'est pas toujours évidente.

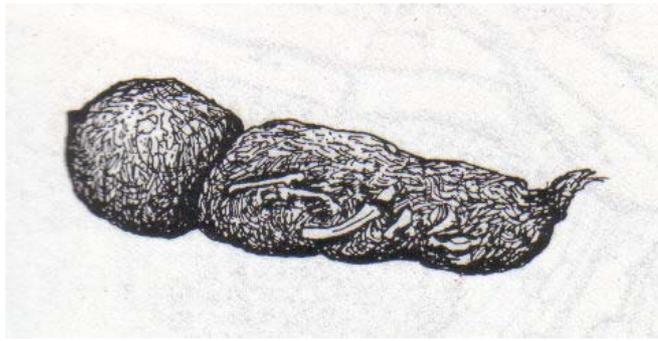


Figure 40 : Dessin d'une crotte de Renard roux (Stahl, 1982)



Figure 41 : Photographie de crottes de renards à gauche, et de chacal à droite (2004)

II.1.2. Résultats

L'annexe XI présente les valeurs mesurées pour chaque échantillon des poids secs totaux, des poids secs lavés et des poids des différents items alimentaires.

On a ainsi pu en tirer la part des différents items par rapport à la matière sèche lavée (Fig.42 et 43) :

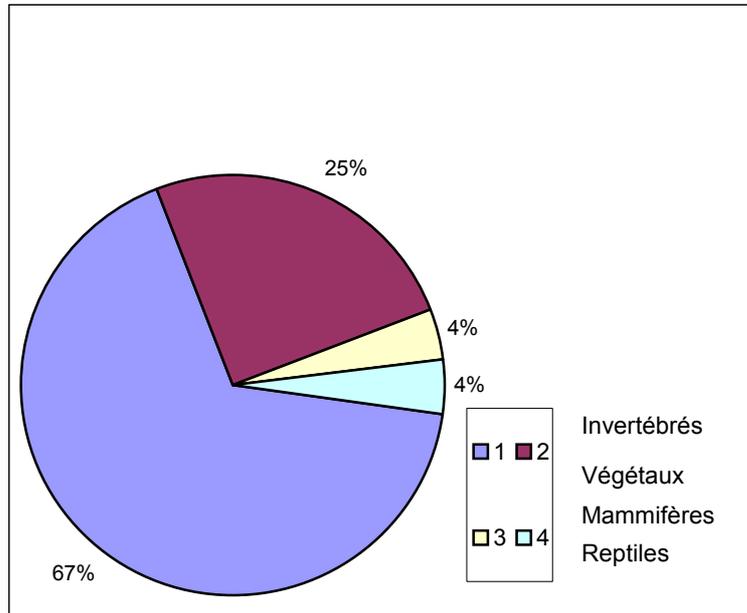


Figure 42 : Composition du régime alimentaire du Fennec – résultats exprimés en pourcentage des occurrences

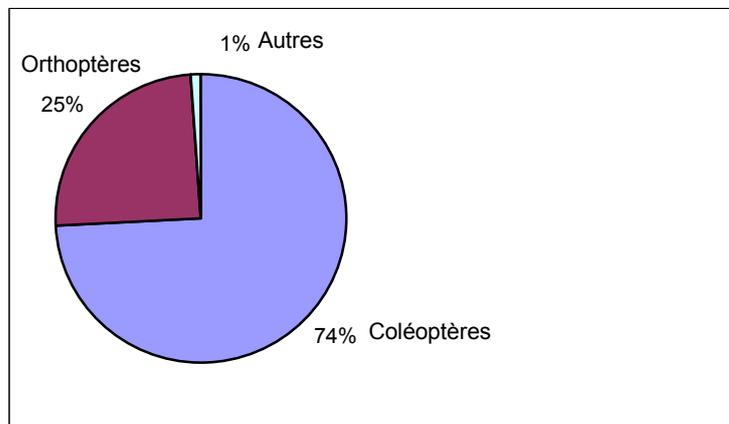


Figure 43 : Distribution des Arthropodes dans le spectre alimentaire du Fennec – résultats en pourcentage des occurrences d'Arthropodes

Les coefficients de digestibilité des différentes catégories alimentaires trouvées ne sont pas connus car ils n'ont jamais encore été établis chez le Fennec ; Il est impossible de présenter le pourcentage de biomasse ingérée de chaque catégorie. Ces résultats ne reflètent pas les quantités ingérées.

Les espèces, facilement identifiables sont les Criquets (17 % des fèces), les Solifuges (0,67 %) et les Scorpionidés (quelques restes). On trouve aussi de nombreux restes de cuticules, de pattes et de têtes de différentes espèces de Coléoptères (50 %). Au total, la part des Arthropodes retrouvés dans les fèces est importante, 67 % des fèces.

On trouve aussi des ongles, des dents et des restes de mandibules de petits rongeurs dans 4 % des fèces. Une détermination plus fine est envisagée par l'examen des caractéristiques principales des poils retrouvés dans les fèces. L'absence actuelle de données bibliographiques sur les caractéristiques principales des poils des micromammifères du sud-tunisien a amené à réaliser l'analyse de poils de 12 espèces sahariennes sud-tunisiennes, pour constituer une collection de référence (avec l'aide des Unités d'Alimentation et de Dermatologie de l'ENVL et de l'Unité de Zoologie des Mammifères du MNHN) (Annexe XII). Cette analyse a été effectuée pour comparer les caractéristiques des poils échantillons à celles des poils de références. Les poils retrouvés dans les fèces étaient de deux types. Ils présentent une moelle multisériée avec des écailles pavimenteuses ou ont une moelle bisériée et des écailles aussi pavimenteuses. Les espèces présentant ces caractéristiques parmi les 12 comparées sont : les Gerbilles, *Gerbillus henley* et *Gerbillus nanus* ; les Gerboises, *Jaculus jaculus* et *Jaculus orientalis*, et les Mérions, *Meriones shawi* et *Meriones libycus*. La détermination est peu fine, car les caractéristiques des poils de ces espèces sont peu différenciables. On ne peut pas en tirer de conclusions plus détaillées sur le spectre alimentaire mammalien du Fennec. Il semble cependant que les fennecs peuvent se nourrir de plusieurs espèces de micromammifères sahariens, étant donné la présence de poils dans les fèces de caractéristiques variées.

Les végétaux représentent 25 % des fèces sèches. Les végétaux retrouvés sont non énergétiques. Il s'agit de brins d'herbes, de racines et de petits tubercules.

La part prise par les Arthropodes dans les crottes de fennecs est importante, ce qui laisse penser que le Fennec avait (au moment de cette étude) un régime alimentaire principalement insectivore. Les Rongeurs ne seraient consommés qu'occasionnellement. Les fennecs semblent être aussi friands des petits Reptiles : Lézards (4 % des fèces). Ces résultats viennent confirmer les écrits de la plupart des auteurs (Monod, 1959 ; Gauthier-Pilters, 1967 ; Dorst et Dandelot, 1970 ; Grizmek, 1974 ; Dragesco-Joffe, 1993 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004).

II.1.3. Discussion

Il est intéressant de discuter la diversité du régime insectivore en fonction de la disponibilité en proies en comparaison du Renard.

Nos échantillons ont été récoltés après le passage des Criquets migrateurs dans la région (première moitié du mois d'avril) ; ils présentent presque exclusivement des restes de ces insectes. Le Fennec semble être capable d'avoir un régime alimentaire opportuniste, ce qui lui permettrait de trouver des proies dans des habitats différents.

Le régime du Renard serait majoritairement composé de rongeurs (Dragesco-Joffe, 1993 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004). Aussi, dans la mesure où les rongeurs sont surtout présents dans des zones arbustives, il semble que le Renard soit beaucoup plus dépendant de cette végétation. Le Renard chercherait, plus que le Fennec, à préserver son territoire dans des zones à bosquets. Le Renard de Rüppell présenterait des exigences en matière d'aliments et d'abreuvements que n'a pas le Fennec (Banholzer, 1976 ; Dragesco-Joffe, 1993). Le Fennec serait donc capable de survivre et de construire son terrier dans des zones plus arides. Ayant une moindre capacité de compétition directe face au Renard (différence de rapport de force), il se réfugierait dans ces secteurs sous la pression du Renard. Toutefois cette hypothèse mériterait d'être mieux étudiée puisque la variabilité « Renard » n'a pas été trouvée influencer significativement la présence du Fennec.

II.2. Choix de l'espace pour installer un terrier

II.2.1. Descriptions extérieures des terriers observés

Au total, cinq terriers de Fennec (et trois de Renard) ont été relevés et quatre terriers n'ont pas été reconnus spécifiquement en raison de l'absence de traces.

L'ensemble des observations sur les terriers est récapitulé dans les tableaux suivants (Tab.XI et XII). La reconnaissance spécifique est aussi difficile.

Note : Il m'a souvent été raconté par les agents de la subdivision forestière d'El Faouar que la profondeur des terriers des fennecs variait selon la saison. Les terriers seraient plus profonds l'hiver que l'été. L'hiver, le Fennec accentuerait la pente des entrées pour se loger plus bas et plus au chaud dans le sol.

Tableau XI : Description des principales caractéristiques des terriers observés
(F = Fennec ; R = Renard de Rüppell ; ? = non spécifique)

N°	Milieu (1.2.3.4)	Sous un arbuste (Oui, Non)	Nombre d'entrées	Position des entrées	Orientation par rapport au vent dominant	Forme et dimensions des entrées
1F	3	Oui, important <i>Arthrophytum schimittianum</i>	4	Sud	Absence de vent	Ovale, Hauteur 15 à 20 cm ; Largeur base 20 à 35 cm
				Est		
				Nord		
				Ouest		
2F	2	Oui, <i>Arthrophytum schimittianum</i>	1	Nord	Absence	Ovale
3F	3	Oui, petit <i>Arthrophytum schimittianum</i>	1	Sud	Face	Ovale, Hauteur 15 cm ; Largeur 25 cm
4F	2	Oui, <i>Retama retam</i>	1	Sud-Ouest	Face	½ recouverte par le sable, Ovale
5F	3	Oui, important <i>Arthrophytum schimittianum</i> et <i>Retama retam</i>	2	Sud	Sud-Ouest	Ovales
				Nord		
1R	3	Oui, <i>Retama retam</i>	1	Nord	Sud-Ouest	Rectangulaire, Hauteur 34 cm ; Largeur 18 cm
2R	3	Oui, <i>Retama retam</i>	1	Est	De côté	Rectangulaire, Hauteur 28 cm ; Largeur 17 cm
3R	3	Oui, <i>Retama retam</i>	1	Sud-Ouest	Face	Ovale, Hauteur : 21 cm ; Largeur à la base : 32 cm
1?	3	Oui, <i>Retama retam</i>	1	Nord	Face	Rectangulaire

2 ?	3	Oui, <i>Retama retam</i>	1	Ouest	Face	Rectangulaire
3?	3	Oui, <i>Retama retam</i>	1	Nord	Face	Rectangulaire
4?	3	Oui, <i>Retama retam</i> et <i>Arthrophytum schimittianum</i>	5	Sud	Sud-Ouest	2 Ovales, 1 Rectangulaire Est et 2 Ovales fermées sable
				Nord		
				2 Est		
				Ouest		

Ce tableau révèle que tous les terriers observés sont construits à la base d'une dune couronnée par des arbustes, *Retama retam* et/ou *Arthrophytum schimittianum* dans les plaines et les « petites et moyennes » dunes de sables. Ces terriers observés correspondent aux terriers décrits par Dragesco-Joffé (1993) sur sol sableux : Ils sont peu étendus, sont construits sous au moins un arbuste et, souvent, le nombre d'entrées est de une seule. Cela ne veut pour autant dire que tous les terriers sont obligatoirement construits sous un arbuste, dans la mesure où le nombre de terriers de fennecs observés est faible et que l'observation d'un terrier d'un fennec dans la même zone, en février 2003, avait été faite sur un sol sablo-rocailleux en absence de végétal.

Le nombre d'entrée des terriers de renards (au Sahara) est toujours de un. Chez le Fennec, il semble varier et notamment en fonction de la dimension du terrier (Dragesco-Joffé, 1993). Les entrées semblent rectangulaires (plus hautes que larges) chez le Renard alors qu'elles seraient ovales chez le Fennec. Il semble que l'attitude utilisée pour déplacer le sable avec les membres antérieurs chez ces deux espèces soit différente. D'après la forme et aussi les empreintes des griffes laissées qui servent à creuser le sol, il semble que le Renard creuse avec des mouvements des membres antérieurs qui restent « parallèles » au plan sagittal alors que le Fennec chasserait le sable par des mouvements latéraux des antérieurs. Ceci viendrait du fait que le Fennec est moins puissant que son voisin, le Renard de Rüppell. L'observation, des gros trous creusés par le Renard, pour aller déterrer leurs proies, comparée aux légères dépressions que laisse le Fennec, renforce cette idée.

II.2.2. Occupation et répartition des terriers observés

Tableau XII : Résultats localisation, occupations, défécations et présence humaine autour des terriers
(0 = Non ; 1 = Oui ; 1/0 observation spontanée de la présence)

N° du terrier	Occupation	Présence de crottes des Carnivores à l'entrée	Présence humaine
1F	1/0	4 Chacal/Chien, 1 Renard, 3 Fennec	Oui
2F	1	1 Fennec	Non
3F	1 avec petits / 0	Non	Non
4F	1/0	Non	Non
5F	1	2 Fennec	Non
1R	1/0	Non	Oui
2R	1/0	Non	Non
3R	1/0	Non	Oui
1 ?	0	Non	Oui
2 ?	0	Non	Oui
3 ?	0	Non	Oui
4 ?	0	1 Chacal/Chien, 5 Renard, 4 Fennec	Non

Il est fort possible que les individus soient capables de changer fréquemment leur zone de repos en fonction de certains facteurs (dérangement, météo, habitats sommaires). Les terriers pourraient également être occupés par plusieurs espèces différentes, à des moments différents. En effet, le terrier 4 ? présente plusieurs entrées avec des formes et des dimensions bien différentes laissant penser que ce terrier a été occupé par le Fennec et le Renard. Les autres Carnivores que le Fennec semblent fréquemment venir autour des terriers des fennecs. On retrouve souvent leurs marques par défécations devant les entrées et les sorties de ces terriers.

Il est difficile de tirer des conclusions sur la répartition des terriers en raison du faible nombre d'observations.

III. SYNTHÈSE ET DISCUSSION

Le Fennec, *Fennecus zerda* (en réalité *Vulpes zerda*), est le plus petit Canidé sauvage au monde (Grizmek, 1974 ; Sheldon, 1992). Présent au Sahara, cet animal est particulièrement bien adapté aux conditions arides du désert le plus chaud du globe (Banholzer, 1976 et 1979 ; Maloïy et coll., 1982). Nous avons cherché à approfondir les connaissances de sa biologie pour les raisons et avec les moyens que nous rappelons ci-dessous.

III.1. Contexte d'étude

III.1.1. Un statut méconnu

Les informations actuelles relatives au Fennec sont succinctes (cf Partie I). La plus grande partie des connaissances sur le Fennec est tirée de son étude en captivité notamment, en parcs zoologiques. C'est ainsi que l'on a pu déterminer les aspects morphologiques, anatomiques, physiologiques, hématologiques, comportementaux et les règles générales de l'adaptation de l'animal à son environnement thermique et hydrique. De l'observation dans son milieu naturel, seules sont répertoriées, et de façon rapide, quelques descriptions sur sa reproduction (Gauthier-Pilters, 1967), son comportement social (Gauthier-Pilters, 1967 ; Dragesco-Joffe, 1993), son régime alimentaire (Monod, 1959 ; Gauthier-Pilters, 1967 ; Dragesco-Joffe, 1993) et son habitat (Dragesco-Joffe, 1993). Ainsi, le statut de cette espèce reste méconnu. Les plans d'action pour la sauvegarde des Canidés (Ginsberg et Macdonald, 1990 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004) notent que le Fennec est aussi classé sans menace urgente pour sa survie mais les données sont notées insuffisantes sur la répartition, les populations et les menaces éventuelles pour sa conservation ; et, aucune densité de population de cette espèce n'a jamais été déterminée.

III.1.2. Une espèce emblématique

Le Fennec est une espèce emblématique de la vie désertique. Dans le contexte actuel mené pour la préservation de la biodiversité des espaces naturels notamment en Tunisie, le Fennec tient une place importante.

Symbole de l'environnement naturel en Tunisie, cette espèce est aussi emblématique pour les touristes européens qui associent les milieux sahariens à ces petits prédateurs et recherchent leur contact visuel.

III.1.3. Des institutions motivées

Le gouvernement tunisien consent des efforts importants depuis plusieurs années pour la conservation de la biodiversité et la préservation des écosystèmes des zones arides et désertiques. Ce pays dispose d'un important réseau d'aires protégées (dans sa partie saharienne, Parc National J'Bil opérationnel et Parc National de Senghar en cours de création). De plus, des projets dans la zone d'intervention ont été acceptés : Un projet Antilopes Sahélo-Sahariennes de gestion, conservation des antilopes sahélo-sahariennes et de leurs habitats est en vue.

Notre premier travail (compte-rendu de mission, 2003) a bénéficié de cet intérêt : encadré et soutenu par la Direction Générale des Forêts en Tunisie et l'Office Nationale de la Chasse et de la Faune Sauvage français, il consistait en la prise de connaissance des problèmes posés, des structures, des moyens et des contacts. Grâce au soutien qu'a donné la Direction Générale des Forêts, nous avons pu observer le Fennec et trouvé, au Nord-Est du Grand Erg Oriental, gouvernorat de Kébili, les premiers éléments nécessaires à son étude biologique et écologique.

III.2. Objectifs

Dans ce contexte et avec le soutien renouvelé à la suite de l'étude préparatoire du printemps 2003, une étude a été entreprise de nouveau, du 8 mars au 7 juin 2004, dans la région de Douz-El Faouar.

L'objectif principal en était l'étude de la relation entre la présence du Fennec et certaines variables de son milieu. Il s'agissait d'essayer de mieux typer les effets sur la répartition des fennecs, de certains facteurs écologiques du milieu. Grâce à ce type de données, on peut espérer à plus long terme prévoir les risques de disparition pour l'espèce et décrire une carte de potentialité de présence de l'espèce dans la région d'étude. L'analyse du spectre alimentaire du Fennec a aussi été réalisée avec les fèces récoltées sur le terrain.

III.3. Méthode

Il a été choisi d'étudier une zone de 332,8 km², située à 10 km au sud du village d'El Faouar, et dont les dimensions sont (d'est en ouest) de 16 km par (du nord au sud), 20,8 km. Cette surface est constituée de plusieurs paysages naturels sahariens caractéristiques : les chotts (étendues plates et salées), les plaines sablo-rocailleuses, les ergs avec présence de végétaux et les ergs dépourvus d'arbustes. On notait aussi la présence d'une source naturelle d'eau au centre du chott Bou Chareb et de quelques puits.

Un échantillonnage à deux niveaux de la zone a été réalisé. La zone a d'abord été divisée en 2080 quadrats carrés de 400 m de côté. Il a alors été choisi sept zones de surfaces inégales, mais obtenues selon un tirage représentatif à probabilité de sélection des zones proportionnelle à la surface. Puis, chacune de ces zones a été étudiée, selon un échantillonnage systématique, par la prospection de plus petits quadrats de 0,01 km² de surface, tous les 400 m.

L'examen des quadrats s'effectuait essentiellement par le relevé des empreintes de l'espèce Fennec (Fig.44) et d'autres espèces reconnaissables telles l'Homme, les Rongeurs, les Insectes, les Oiseaux, les autres Renards, Chacals et/ou Chiens. Le milieu naturel était décrit à l'aide d'indicateurs détaillés page 71.

Le suivi se faisant principalement par l'utilisation des traces, les observations devaient toujours se tenir au petit matin (au levé du soleil) et dans de bonnes conditions de lisibilité des

traces, c'est-à-dire sans vent ou avec des vents très faibles ne dépassant 11 km/h. Les observations ont été répétées au moins deux fois.

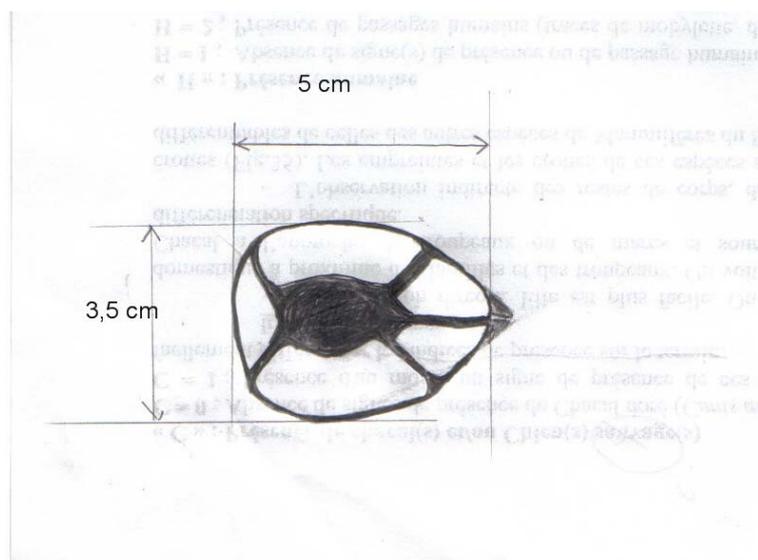


Figure 44 : Schéma d'une trace type de Fennec

La présence de traces a ensuite été confrontée aux variables descriptives de l'habitat afin de déterminer les variables corrélées positivement ou négativement avec cet indice de présence.

L'analyse du régime alimentaire a permis d'éclairer les résultats.

III.4. Résultats

Trois cent quarante et un quadrats ont ainsi été examinés (soit un peu plus de 1% de la surface totale de la zone). La « prévalence » de présence du Fennec (fréquence de quadrats dans lesquels au moins un signe de présence a été relevé) variait beaucoup suivant la zone, de 0 à 0,8. La prévalence rencontrée sur l'ensemble est de 0,20 variant de 0,16 à 0,24 (intervalle de confiance à 95 %).

Une analyse statistique simple (calculs des χ^2 et des risques relatifs) a montré que les milieux sablo-rocaillieux et les ergs recouverts de végétation, ainsi que la présence des rongeurs sont des facteurs favorables à la présence des fennecs, alors que la présence humaine est un facteur de rareté des fennecs. En revanche, le rôle joué par les autres Canidés de la région sur la répartition des fennecs n'influence pas significativement leur présence.

Les zones favorables sont donc caractérisées par la présence de rongeurs, la présence d'arbustes (*Retama raetam* (Rhtam), *Arthrophytum schimittianum* (Beguel), *Limnoniastrum guyonianum* (Zéta), éventuellement, *Calligonum azel* (Azal) ou *comosum* (Artha) et *Ephedra alata* (Alenda) et de Graminées (*Aristida pungens* (Sbott)) et l'absence de l'homme.

III.5. Discussion

Certains aspects favorables des milieux utilisés par le Fennec peuvent s'expliquer par le spectre alimentaire et la nécessité de creuser des terriers : effectivement, le sable constitue un sol meuble facile à creuser et offrant une bonne protection thermique ; les espèces consommées

par le Fennec, qui a un régime alimentaire très varié (Arthropodes, Rongeurs, Végétaux, Reptiles) (Fig.43 et 44 page 86), se trouvent principalement aux alentours des arbustes.

Nos résultats sont encourageant pour la possibilité d'un suivi plus approfondi de l'espèce dans cette région. Ils vérifient les publications antérieures d'A. Dragesco-Joffe (1993), à savoir que l'habitat type est constitué de plaines sablo-rocailleuses et de dunes de sables recouvertes d'arbustes et de graminées. Effectivement, ces milieux sont révélateurs de la présence d'eau dans le sol. Ces milieux possèdent donc les éléments nécessaires à la vie animale (Monod, 1959 ; Gauthier-Pilters, 1967). Dans cet écosystème, les fennecs sont des consommateurs d'Arthropodes, de Rongeurs et de Reptiles (Gauthier-Pilters, 1967 ; Grizmek, 1974 ; Lévi, 1991 ; Dragesco-Joffe, 1993). La présence humaine est confirmée comme facteur défavorable à la présence des fennecs (Ginsberg et Macdonald, 1990 ; Macdonald et Sillero-Zubiri, 2004).

Les risques directement liés à l'homme sont liés aux déprédations : destructions des terriers, piégeages et captures des fennecs.

La sédentarisation des hommes dans la région a augmenté les prélèvements de bois et le pâturage des graminées autour du village, entraînant la désertification du milieu (Auclair et Zaofowi, 1996). La dégradation de l'habitat naturel favorable à la faune sauvage dans la zone d'étude et, de façon générale, dans les zones où l'on cherche à fixer les populations (Aulagnier, 1992) est un sujet de préoccupation pour la conservation de ces milieux naturels.

Les relations entre le Fennec et les autres Canidés restent floues. Les fennecs sont sensibles à de nombreuses maladies infectieuses, mais le milieu n'est pas favorable à leur transmission directe. Toutefois, l'augmentation de la pression humaine peut augmenter les risques de transmission de la rage ou de la maladie de Carré ou de parvoviroses par les Chiens.

CONCLUSION

Après une étude bibliographique, une étude personnelle a été réalisée par le suivi des traces et l'analyse de fèces récoltées, de l'espèce *Fennecus zerda*, sur une période de trois mois, dans le sud tunisien, au sud d'El Faouar (Gouvernorat de Kébili), région Nord-Est du Grand Erg Oriental.

L'étude permet de confirmer la relation étroite entre la présence des fennecs et les conditions des milieux qu'ils sont susceptibles de fréquenter. La présence des fennecs dépend effectivement des caractéristiques géomorphologiques et végétales de l'habitat, et de la présence des Insectes et petits Rongeurs. Un sol meuble, pour creuser un abris, et ainsi se protéger des conditions climatiques extérieures difficiles, et la présence de végétaux (arbustes ou touffes de graminées), facteur essentiel de présence des espèces proies, sont nécessaires à la présence de l'espèce.

La menace la plus sérieuse pour les populations de fennecs est la désertification du milieu aggravée par l'augmentation de la pression humaine dans la région d'étude. Les populations de fennecs du Nord du Grand Erg Oriental sont potentiellement menacées par ce phénomène.

Cette étude était préliminaire et préparatoire. Elle montre la faisabilité d'un suivi longitudinal de la démographie du fennec dans le sud-tunisien. Les points favorables à la mise en place d'un suivi de l'espèce dans cette région sont l'intérêt des autorités, le soutien local, la synergie avec les projets de conservation des Antilopes Sahélo-Saharienne. Cependant, le suivi de cette espèce nécessite du temps et des besoins logistiques, matériel et véhicule, et donc des partenaires financiers. Elle nécessite aussi des connaissances sur les habitats sahariens et donc des collaborations avec des institutions de recherche. Malgré ces difficultés, le suivi de cette espèce est un sujet d'avenir par l'intérêt théorique et fondamental qu'il présente pour la gestion du patrimoine, de l'environnement et du tourisme dans le Sahara tunisien.

**Le Professeur responsable
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon**

**Vu : Le Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon**

Le Président de la thèse

Vu et permis d'imprimer

Lyon, le

**Pour le Président de l'Université,
Le Président du Comité de Coordination des Etudes Médicales,
Professeur D. VITAL-DURAND**

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques :

- 1- Albergel J., Casenave A., Ribstein P. et Valentin C. 1992. Aridité climatique, aridité édaphique : étude des conditions de l'infiltrabilité en Afrique tropicale sèche in : *L'aridité, une contrainte au développement : caractérisation, réponses biologiques, stratégie des sociétés*, Le Floch E., Granzis M., Cornet A., Bille J.C. (Ed.), Institut de Recherche pour le Développement, Orstom, Paris, pp 123-130.
- 2- Almi A. 1972. Contribution à l'étude de la rage en Tunisie, sur un projet d'éradication de la maladie. *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Lyon, 80 p.
- 3- Asa C.S. et Valdespino C. 1998. Canid reproductive biology : integration of proximate mechanisms and ultimate causes. *American Zool.*, 38 : 251-253.
- 4- Auclair L., Sgahier Zaofowi M. 1996. La sédentarisation des nomades dans le sud-tunisien : comportements énergétiques et désertification in : *Cahiers « Sécheresse »*, Institut de Recherche pour le Développement, Orstom, Tunis, 7(1) : 17-24.
- 5- Aulagnier S. 1992. Zoogéographie des Mammifères du Maroc [microfaune] : de l'analyse spécifique à la typologie du peuplement à l'échelle régionale. *Thèse de Doctorat Universitaire*, Montpellier, 236 p.
- 6- Averages M. et Goudeau H. 1961. Données hématimétriques sur le Fennec (*Fennecus zerda* Zimm.). *C.R. Seances Soc. Biol. Fil.*, 155 : 1266-1267.
- 7- Averages M. et Goudeau H. 1962. Nyctohemeral variations in the temperature in the Fennec (*Fennecus zerda* Zimm.). *C.R. Seances Soc. Biol. Fil.*, 156 : 290-292.
- 8- Balduccini F. 2002. « Bases de statistiques ». *Cours DEA Ecologie*, Grenoble, 72 p.
- 9- Banholzer U. 1976. Water balance, metabolism and heart rate in the Fennec. *Naturwissenschaften*, 63(4) : 202-203.
- 10- Bauman K.L. 2002. Fennec fox (*Vulpes zerda*). *North American Regional Studbook*, 2nd Edition. Saint-Louis Zoological Park, Saint-Louis, pp210-219.
- 11- Bekoff M. 1975. Social behavior and ecology of the african canidea : a review pp. 123-124 in : *The wild canids*, M.W. Fox (Ed.) Van Nostrand Reinhold, New-York, 508p.
- 12- Bertschinger H.J., Asa C.S., Calle P.P., Long J.A., Bauman K., DeMatteo K. Jochle W., Trigg T.E., Human A. 2001. Control of reproduction and sex related behaviour in exotic wild carnivores with the GnRH analogue deslorelin : preliminary observations. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, 57 : 275-283.
- 13- Brambell M.R. 1974. Breeding Fennec foxes. *International Zoo Yearbook*, 14 : 117-118.
- 14- Burton M. et Burton R. 1973. Encyclopédie universelle des animaux. *Edito-Service S.A.*, Genève, 9 : 1734-1736.
- 15- Catalissano A. et Massa B. 1985. Le désert saharien. Collection « Faune et flore du monde ». Editions *Larousse*, Paris, 127 p.
- 16- Chauvier G., 1960. Réceptivité du Fennec au toxoplasme. *Mammalia*, 24 : 156.
- 17- Chiarelli A.B. 1975. The chromosome of the Canidae in : *The wild canids*, N.W. Fox (Ed.) Van Nostrand Reinhold, New-York, 508 p.
- 18- Chouk N. 2004. Douz, Porte du désert. Editions *Mirage*.
- 19- Clutton Brock J., Corbet G.B. et Hills M. 1976. A review of the family Canidae with a classification by numerical methods. *Bull. British Museum (Nat. His.), Zool.*, 29 : 117-199.
- 20- Cochu M. 1983. Protection de la faune en Tunisie. *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Alfort, 57p.
- 21- Coetze G.C. 1977. Oder Carnivora, 8 : 1-42 In *The Mammals of Africa. An identification manual*, Meester J.(ed.) et Setzer H.W. (ed.), Smithsonian Institution Press, Washington DC.

- 22- Conroy J.D., Levine N.D. et Small E.1970. Viscéral leishmaniosis in a Fennec-fox. *Pathologia Veterinaria*, 7(2) : 163-170.
- 23- Corbet G.B. et Hill J.E. 1986. A world list of mammalian species. 2nd édition, *British Museum (Natural History)*, New-York, 254 p..
- 24- Cuzin F. 1996. Répartition actuelle et statut des grands mammifères sauvages du Maroc (Primates, Carnivores, Artiodactyles). *Mammalia*, 60 : 101-124.
- 25- Cuzin F. 2003. Les grands mammifères du Maroc méridional (Haut-Atlas, Anti-Atlas, et Sahara) : distribution, écologie et conservation. *Thèse de Doctorat Universitaire*, Montpellier, 350 p.
- 26- Debrot S. 1982. Atlas des Poils de Mammifères d'Europe. *Institut Zoologique de l'Université de Neufchâtel*, Neufchâtel, 208 p.
- 27- Dekeyser P.L. 1955. Les Mammifères de l'Afrique Noire Française. 2nd édition, *IFAN*, Dakar, 426 p.
- 28- Deneve E.R. 1978. Les canidés sauvages zoologie et maintien en captivité. *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Alfort, 159 p.
- 29- De Smet K. 2003. Mammifères du désert et espèces protégées du Sahara algérien. Ministère belge, Département Environnement Communautaire et Infrastructure. www.Djazair2003.org. Site consulté le 17 septembre 2004.
- 30- Dillberger J.E. et Citino S.B. 1987. A malignant nephroblastoma in an aged fox (*Fennecus zerda*). *J. Comp. Pathology*, 97(1) : 101-106.
- 31- Dittrich P. 1983. Biologie der Sahara. Ein Führer durch die Tier und Pflanzenwelt der Sahara mit Bestimmungstabellen und 170 Abb. Gesamtherstellung : *UNI-Druck*, München, 213 p.
- 32- Dorst J. et Dandelot P. 1970. Traduction française par Favarger S. 1972. Guide des grands mammifères d'Afrique. Collection « Guides du naturaliste », *Delachaux et Niestlé*, 286 p.
- 33- Dragesco-Joffé A. 1993. La vie sauvage au Sahara. *Delachaux et Niestlé*, Lausanne, Paris, 240 p.
- 34- Eloit M. 1986. Les animaux « familiers » d'espèces sauvages : législation et protection des espèces. *Rec. Med. Vét.*, 162 : 433-442.
- 35- Emerson K.C. et Price R.D. 1981. A new species of Suricatoecus (Mallophage : Trichodectidae) from the Fennec fox (*Fennecus zerda*) from Egypt, with a key to the recognized species. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 54(4) : 673-677.
- 36- Ewer R.F. 1973. The Carnivores. *Weidenfeld and Nicolson*, London, 494 p.
- 37- Frontier S. 1983. Stratégies d'échantillonnage en écologie. *Masson*, Collection d'écologie, Laval, Paris, Québec, 494p.
- 38- Gangloff L. 1972. Breeding Fennec foxes, *Fennecus zerda*, at Strasbourg Zoo. *International Zoo Yearbook*, 12 : 115-116.
- 39- Gauthier-Pilters. H. 1962. Beobachtungen en Fenneks (*Fennecus zerda* Zimm.). *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 19 : 440-464.
- 40- Gauthier-Pilters H. 1966. Einige Beobachtungen über das Spielverhalten beim Fenek. *Zeitschrift für Säugetierkunden*, 31 : 337-350.
- 41- Gauthier-Pilters H. 1967. The Fennec. *African Wildlife*, 21 : 117-125.
- 42- Geffen E., Mercure A., Girman D.J., Macdonald D.W. et Wayne R.K. 1992. Phylogeny of the fox-like canids : analysis of mtDNA restriction fragment, site, and cytochrome b sequence data. *Journal of Zoology London*, 228 : 27-39.
- 43- Gilbert J. et Claus M. 2000. Les Bédouins Ghrib in : *Sahara, Guides Bleus Evasion*. Marmol (del) G., d'Otreppe A. et Vaes B., Hachette (ed.), Paris, 717 p.
- 44- Ginsberg J.R. et Macdonald D.W. (Ed.) 1990. Action Plan for the Conservation of Biological Diversity. Foxes, wolves, jackals, and Dogs : an Action Plan for the Conservation of Canids. IUCN / SSC, Canid and Wolf Specialist Groups, Gland, 1990.
- 45- Golightly R.T.J. et Ohmart R.D. 1984. Water economy of two desert canids : coyote and kit fox. *Journal of Mammalogy*, 65 : 51-58.

- 46- Grasse P.P. 1965. Ordre des Fissipèdes in : *Traité de Zoologie, Anatomie, Systématique, Biologie*, Masson, Paris, 1117 p.
- 47- Gray K.N., Harwell G. et Tsai CC. 1982. Multiple Primary tumors in a Fennec fox (*Fennecus zerda*). *J. Wildlife Diseases*, 18(3) : 369-371.
- 48- Grzimek B. 1974. Le monde animal en 13 volumes. *Stauffacher*, Zurich, 174p.
- 49- Guittin P. 1982. L'élevage artificiel des Mammifères sauvages. *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Alfort, 233 p..
- 50- Gutknecht P. et Matthias D. 1970. Naissances, élevage, pathologie des fennecs au zoo de Mulhouse. *XIII Symposium International sur la Pathologie des Animaux Sauvages*, 6-10 mai, Budapest.
- 51- Haddad N., Ben Khelifa R., Matter H.C., Flamand A. et Wandeler A.I. 1993. Vaccination antirabique des chiens par voie orale en Tunisie. Essai d'appâts et de deux vaccins atténués. *Bull. Acad. Vét. de France*, 66(3) : 327-336.
- 52- Haltenorth Th. et Diller H. 1977. [Mammifères d'Afrique et de Madagascar]. 1985. *Delachaux et Niestlé*, Neuchâtel, Paris, 397 p.
- 53- Harrison D.L. 1964, 1968 et 1972. The mammals of Arabia. 3 vols. 2, 216-217. *Ernest Benn*, London, 354 p.
- 54- Heim de Balsac H. 1936. Biogéographie des Mammifères et des Oiseaux de l'Afrique du Nord. *Thèse de Doctorat Universitaire*, Paris, 446 p.
- 55- Herceg M. et Wikerhauser T., 1969. A case of pulmonary capillarioris in a desert fox. *XI Symposium International sur les Maladies des Animaux de Zoo*, Zagreb.
- 56- Himes E.M., Lachsinger D.W., Jarnagin J.L., Thoen C.O., Hood H.B. et Ferrin D.A. 1980. Tuberculosis in Fennec foxes. *Journal of American Vet. Med. Assoc.*, 177(9) : 825-826.
- 57- Hufnagl E. 1972. Libyan Mammals. *The Oleander Press*, Stoughton, 85 p.
- 58- King A.A.(Ed.) 1992. Proceedings of the International Conference on Epidemiology, Control and Prevention of Rabies in Eastern and Southern Africa, Lusaka, Zambia, 2-5 June. *Fondation Mérieux*, Lyon, 209p.
- 59- Koenig (von) L. 1970. Zur Fortpflanzung und Jugendentwicklung des Wustenfuschses (*Fennecus zerda*). *Zeitschrift für Tierpsychology*, 27 : 205-246.
- 60- Kowalski K. et Rzebik-Kowalska. 1991. Mammals of Algeria. *Polish Academy of Sciences. Institute of Systematics and Evolution of Animals*. Wroclaw, Warszawa, Kraskow Zaklad Narodony Imienia Ossoinskich Wydawnictwo Polskiej Akademinauk, 370p.
- 61- Le Berre M. 1980. Guide des Vertébrés du Sahara : poissons, amphibiens, reptiles, mammifères. *Thèse de Doctorat Universitaire*, Lyon, 582p.
- 62- Leclerc-Cassan M. 1973. Dominantes pathologiques et problèmes posés par la reproduction et l'élevage des carnivores sauvages en captivité. *Thèse de Doctorat Universitaire*, Paris.
- 63- Leclerc-Cassan M. 1986. Animaux de compagnie autres que les animaux domestiques. *Rec. Med. Vet.*, 162 : 386-387.
- 64- Le Floch' E. et Floret C. 1972. Désertification, dégradation et régénération de la végétation pastorale dans la Tunisie présaharienne. *Rapport Symposium sur la désertification, Gabès, décembre 1972. FAO. Project. TUN/69/001*, 11p.
- 65- Levi M. 1991. Contribution à l'étude du Fennec (*Fennecus zerda*). *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Lyon, 137p.
- 66- Macdonald D.W. et Sillero-Zubiri C. (Ed.) 2004. Biology and conservation of wild canids. *Wildlife Conservation Research Unit*, University of Oxford. Oxford University Press.
- 67- Mainguet M. 1995. Les déserts. Collection Explora, Pocket, Paris, 127p.
- 68- Mainguet M. et Callot Y. 1978. Dunes et autres édifices sableux éoliens : actions éoliennes (déflation, transport, corraision). C.N.R.S., Groupement d'Etudes et de Recherches pour le Développement de l'Agriculture Tropicale, Paris, 344p.

- 69- Maloiy G.M.O. 1972. Comparative physiology of desert animals : proceedings of a symposium held at the Zoological Society of London on 15 and 16 July. *Zool. Soc. London*, Academic Press, Londres, 413p.
- 70- Maloiy G.M.O., Kamau J.M.Z., Shkolnik M., Meir M. et Arieli R. 1982. Thermoregulation and metabolism in a small desert carnivore : the Fennec-fox. *Journal Zool. Lond.*, 198 : 279-291.
- 71- Maloiy G.M.O. et Jewell P.A. 1988. The Biology of large African mammals in their environment : proceedings of a symposium held at the Zoological Society of London on 19 and 20 May. *Zool. Soc. London*, Oxford University Press, Oxford, 304p.
- 72- Marguet F. 1990. Etude du régime alimentaire du Renard roux (*Vulpes vulpes* L.) en Lorraine, en fonction de la disponibilité en proies. *Rapport de stage*, BEPA Cynégétique, Bourg de Péage, CNEVA-LERPAS, Malzeville, 84p.
- 73- Merot P. 1981. Les adaptations des Mammifères au milieu aride. *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Toulouse, 72p.
- 74- Ministère de l'Agriculture, Direction Générale des Forêts. République tunisienne. Arrêté du ministre de l'agriculture du 2 septembre 2003, relatif à l'organisation de la chasse pendant la saison 2003-2004.
- 75- Monod T. 1954. Modes « contracté » et « diffus » de la végétation saharienne, p : 35-44 in Cloudsley-Thompson J.L. (Ed.) *Biology of Deserts*. Institute of Biology, Londres.
- 76- Monod T. 1959. Majâbat-al-Koubrâ. Contribution à l'étude de l' « Empty Quarter » Ouest Saharien. *Institut Française d'Afrique du Nord*, 52 : 154-155.
- 77- Monod T. 1973. Les déserts. *Horizons de France*, Paris, 247p.
- 78- Montali R.J., Bartz C.R., Teare J.A., Allen J.T., Appel M.J. et Bush M. 1983. Clinical trials with canine distemper vaccines in exotic carnivores. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 183(11) : 1163-1167.
- 79- Mount L.E. 1979. Adaptation to thermal environment : man and his productive animals. *Edward Arnold*, Londres, 333p.
- 80- Noll-Banholzer U. 1979a. Body temperature, oxygen consumption, evaporative water loss and heart rate in the fennec. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A : Physiology*, 62(3) : 585-592.
- 81- Noll-Banholzer U. 1979b. Water balance and kidney structure in the fennec. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A : Physiology*, 62(3) : 593-597.
- 82- Nowak R.M. 1999. Walker's Mammals of the world, 6th ed. *John Hopkins University Press*, 2 : 1054-1055, Baltimore, 1936p.
- 83- Osborn D.J. et Helmy I. 1980. The contemporary land mammals of Egypt (including Sinai). *Fieldiana : Zoology, New Series N° 5, Field Museum of Natural History*, Chicago, 579p.
- 84- Osborn D.J., Osbornova J. 1998. The Mammals of ancient Egypt. *Natural History of Egypt. Aris et Phillips*, 4, Waminster, England, 217p.
- 85- Ozenda P. 1983. Flore du Sahara. 2^e ed. *C.N.R.S.*, Paris, 622p.
- 86- Ozenda P. 1991. Flore et végétation du Sahara. 3^e ed. *C.N.R.S.*, Paris, 662p.
- 87- Panouse J.B. 1957. Les mammifères du Maroc : primates, carnivores, pinnipèdes artiodactyles. *Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien. Soc. Sc. Nat. Maroc, Série zoologie n°5*, Rabat, 206p.
- 88- Petter F. 1957. La reproduction du Fennec. *Mammalia*, 21 : 307-309.
- 89- Poelma F.G. 1975. *Pneumocystis carinii* infections in zoo animals. *Zeitschrift Parasitenkunden*, 46(1) : 61-68.
- 90- Poulle M.L. 1987. Contribution à l'étude du mode de fréquentation des milieux par le Renard roux (*Vulpes vulpes*) en fonction de la disponibilité en campagnol des champs (*Microtus arvalis*) de ces milieux. *Mémoire DEA régulations physiologiques et comportementales*, Strasbourg, 48p.
- 91- Prasad H. 1961. A new species of *Isospora* from the Fennec fox *Fennecus zerda* Zimmermann. *Zeitschrift Parasitenkunden*, 21 : 130-135.

- 92- Raju N.R., Langham R.F. et Bennett R.R. 1986. Disseminated histoplasmosis in a Fennec fox. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 189(9) : 1195-1196.
- 93- Rensch B. 1950. Beobachtungen an cinem Fenek. *D. zoolog. Garten*, 34-40.
- 94- Rey-herme P. 2004. Maladies infectieuses des Mammifères domestiques : menace pour les petites populations de Carnivores : à propos de la réserve de biosphère transfrontalière du W et du fleuve Niger. *Thèse de Doctorat Vétérinaire*, Lyon, 97 p.
- 95- Rognon P. 1989. Biographie d'un désert. Collection scientifique, *Synthèse*, Plon, Paris, 347p.
- 96- Rosevear D.R. 1974. The Carnivores of West-Africa. *British Museum. (Nat. His.)*, Londres, 548p.
- 97- Saez H., Rinjard J. et Battesti M.R. 1978. [Cryptococcose chez un fennec, *Fennecus zerda*]. *Bull. Soc. Fr. de Mycologie Médicale*, 7(1) : 69-72.
- 98- Saez H., Rinjard J. et Renvoise C. 1979. [Le Fennec, *Fennecus zerda* (Zimm.), mode de vie, problèmes d'acclimatation et flore fongique]. *Animal de Compagnie*, 14(4) : 329-336.
- 99- Sahnoun M.H. 1998. Contribution à l'étude de le désertification dans le sud-tunisien : apport de la télédétection au suivi de l'évolution récente des paysages du Nefzaoua (Tunisie méridionale). *Thèse de Doctorat Universitaire*, Paris, 176p.
- 100- Saint George Mivart F.R.S. (Ed.) 1890. Dogs, jackals, wolves, and foxes : a monograph of the Canidae, Londres, 216p.
- 101- Saint-Girons M.C. 1962. Notes sur les dates de reproduction en captivité du Fennec. *Zeitschrift für Säugetierkunden*, 27 : 181-184.
- 102- Saint-Girons M.C. 1971. Durée de vie du Fennec en captivité. *Mammalia*, 35 : 666-667.
- 103- Saleh M.A. et Basuony M.I. 1998. A contribution to the mammalogy of the Sinaï peninsula. *Mammalia*, 62 : 557-575.
- 104- Schimdt-Nielsen K. 1964. Desert Animals : Physiological Problems of Heart and Water. Dover, New-York, 126-127.
- 105- Sèbe A, Bari H., Djildi A. et Khelifa A. 2003. Guide de l'exposition « Sahara d'Algérie : Les paradis inattendus » d'avril à octobre 2003, *MNHN, Djazaïr*, Paris, 91p.
- 106- Sheldon J.W. 1992. Wild dogs : the natural history of the non-domestic Canidae. *Academic Press*, San Diego, 248p.
- 107- Sillero-Zubiri C., Hoffmann M. et Macdonald D.W. (Ed.) 2004. Action Plan for the Conservation of Biological Diversity. Canids : Foxes, Wolves, Jackals and Dogs. Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN / SSC, Canid and Wolf Specialist Group, Gland, Cambridge, 430p.
- 108- Stahl P. 1990. Suivi de l'abondance d'une population de renards (*Vulpes vulpes*) par comptages nocturnes : Evaluation de la méthode. *Gibier Faune Sauvage*, 7 : 293-309.
- 109- Talbi M., Ben-Mansour N. et Talbi K. 2000. Changements des modes de gestion des ressources et conséquences environnementales en milieu aride et saharien : cas de la jeffara, des oasis du Nefzaoua et du Sehib, Sud de la Tunisie. Observatoire Intégré des Zones Arides et Désertiques, Medenine, 19p.
- 110- Thomas P. et Philips R. 1978. Hand-rearing Fennec foxes *Fennecus zerda* using a domestic dog foster mother. *International Zoo Yearbook*, 18 : 208-209.
- 111- Tsis M., Dykova I. et Jaros Z. 1973. Massive Trichinellose eines Fenek. *Augewandte-Parasitologie*, 70(2) : 100-103.
- 112- Valdespino C. 2000. The reproductive system of the fennec fox (*Vulpes zerda*). *Ph.D. dissertation*, University of Missouri.
- 113- Valdespino C., Asa C.S. et Bauman J.E. 2002. Estrous cycles, copulation and pregnancy in the Fennec fox (*Vulpes zerda*). *Journal of Mammalogy*, 83 : 99-109.
- 114- Vial Y. et Vial M. 1974. Sahara, milieu vivant. Guide du voyageur naturaliste, coll. couleurs de la nature, *Hatier*, Paris, 223p.
- 115- Van Gelder. 1978. A review of canid classification. *Amer. Mus. Novit.*, 2646.

- 116- Vogel. 1962. Einige Gefangenschaftsbeobachtungen am weiblichen Fennek, *Fennecus zerda* (Zimmermann, 1780). *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 27 : 193-204.
- 117- Volf J. 1957. A propos de la reproduction du Fennec. *Mammalia*, 21 : 454-455.
- 118- Wandeler A.I., Matter H.C., Kappeler A. et Budde A. 1993. The ecology of dogs and canine rabies : a selective review. *Rev. Sc. Tech. OIE*, 12(1) : 51-71.
- 119- Wayne R.K. et O'Brien S.J. 1987. Allozyme divergence within the Canidae. *Systematic Zoology*, 36 : 339-355.
- 120- Wayne R.K., Nash W.G. et O'Brien S.J. 1987. Chromosomal evolution of the Canidae. I. Species with high diploid numbers. *Cytogenetics and Cell Genetics*, 44(2-3) : 123-133.
- 121- Wayne R.K., Geffen E., Girman D.J., Koeppfli K.P., Lau L.M. et Marshall C.R. 1997. Molecular systematics of the Canidae. *Systematic Biology*, 46 : 622-653.
- 122- Wayne R.K., Kat P.W., Fuller T.K., Van Valkenburgh B. et O'Brien S.J. 1989. Genetic and morphologic among sympatric canids (Mammalian : Carnivora). *Journal of Heredity*, 80 : 447-454.
- 123- Whiteley H.E., Shima A.L. et Sundberg J.P. 1985. Angiopathic retinal degeneration in a fennec fox. *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 187(11) : 1266-1267.
- 124- Williams J.B., Munoz-Garcia A., Ostrowski S. et Tieleman B.I. 2003. A phylogenetic analysis of basal metabolism, total evaporative water loss, and life-history among foxes from desert and mesic regions. *J. Comp. Physiol.*
- 125- Woodroffe R., Ginsberg J.R. et Macdonald D.W. (Ed.) 1997. Action Plan for the Conservation of Biological Diversity. The African Wild Dog, Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN / SSC, Canid Spécialist Group, Gland, 166p.
- 126- Wozencraft W.C. 1989. Classification of the recent Carnivora, 569-593 In Gittleman J.L. (Ed.) *Carnivore behavior, ecology and evolution*. Cornell University Press, Ithaca, New-York.
- 127- Wozencraft W.C. 1993. Order Carnivora. 279-348 In D.E. Wilson and D.M. Reeder (Ed.) *Mammals species of the world : a taxonomic and geographic reference*, 2nd ed. Smithsonian Institution Press, Washington DC.
- 128- WHO-OMS. 1987. "Guidelines for dog rabies control". Genève, Suisse, World Health Organisation, 92p.
- 129- WHO-OMS. 1990. Réunion OMS sur la lutte contre la rage dans les pays magrébins. Alger, 13-15 février, 33p.
- 130- Zarrouk K., Ben Zakour L., Boughaba A. 1981. Transmission expérimentale du sarcome de Sticker du chien au Fennec (*Fennecus zerda*). *Bull. Soc. Sciences Vét. Méd. Comparative de Lyon*, 83(4) : 187-192.
- 131- Zins C. 1987. Etude du régime alimentaire du Renard (*Vulpes vulpes L.*) en lorraine en fonction de la disponibilité en proies. *Mémoire de stage*, CNEVA-LERPAS, Université des Sciences et des Techniques, Lille, Malzeville, 38p.

Autres documents ou sources d'informations :

- 132- Anonyme - site consulté le 19/03/03
www.pbs.org/sahara/wildlife/fennec1.htm
www.enchantedlearning.com/subjects/mammals/fox/Fennecfox.html
- 133- Anonymes - sites consultés le 16/12/03
www.fennecus-zerda.de
www.animals-online.be/predators/hondachtigen/fennec-fox.html
www.faunistik.net/BSWT/MAMMALIA/CARNIVORA/CANIDAE/FENNEC
- 134- Anonyme – sites internet consulté le 17 juin 2004 :
zoumine.free.fr/tt/sahara/histoire_ethno/histo_sud_tun/nomades_nefzaoua.html

zoumine.free.fr/tt/liens/bibliographie.html

zoumine.free.fr/tt/sahara/données_geo_clim_bota/zoneatidesmonde.jpg

perso.wanadoo.fr/yannick.simon/geo/geo2.htm

membres.lycos.fr/ccaf/desert.html

135- Anonyme – site internet consulté le 17 juin 2004.

www.naturalworlds.org/wolf/moretopics/stamps/stamps4.htm (Wolves and other canids on postage stamps, page 4)

www.cites.org (Appendice II of the CITES. 3 mars 1973. Washington, D.C.)

136- Canids Organisation – site consulté le 16/12/03

www.canids.org/SPPACCTS/fennecus.htm, 29 July 1998

137- Chaffe Zoological Gardens of Fresno – site consulté le 16/12/03

www.chaffezoo.org/zoo/animals/fennec.htm

138- Courtney Jane Brown, Bio 108student, 1997, The University of Michigan, Museum of Zoology – site consulté le 16/12/03

[Animaldiversity.unmz.umich.edu/accounts/vulpes/v.zerda\\$narrative.html](http://Animaldiversity.unmz.umich.edu/accounts/vulpes/v.zerda$narrative.html)

139- Lemire M., Meurgues G. et Petter F., 2002, Professeur au Muséum – site internet consulté le 17 juin 2004. cimnts.mnh.n.fr/Evolution/Gge.nsf/0/67.... Désert saharien. Le Sahara. *Article*.

140- Lioncrusher's Domain – site consulté le 16/12/03

www.lioncrusher.com/animal.asp?animal=17

141- Mammals of The San Antonio Zoo – site consulté le 19/03/03

www.sazoo-aq.org/02meet/02sublinks/fennec.html

142- Rapport de présentation, Projet Antilopes Sahélo-Sahariennes, Secrétariat du Fonds Français pour l'Environnement Mondial. 29 mars 2002.

143- Société Zoologique de Paris, 2004 – site internet consulté le 17 juin 2004. www.s-z-p.com/exp/textguepfran.html.

et

www.oie.int

www.who.int

www.canids.org

www.iucn.org

www.carnivoreconservation.org

TABLES DES MATIERES

INTRODUCTION.....	13
Partie I : Etude bibliographique du Fennec.....	15
I. SYSTEMATIQUE.....	17
I.1. Un Canidé	17
I.2. Seule espèce de son groupe	17
I.3. Affinités écologiques avec les autres Canidés.....	19
II. REPARTITION ET STATUT	20
II.1. Distribution géographique et population	20
II.1.1. Répartition géographique	20
II.1.2. Population.....	21
II.2. Statut.....	21
III. MORPHOLOGIE ET ANATOMIE	21
III.1. Caractéristiques physiques	21
III.1.1. Description générale.....	21
III.1.2. Pelage	22
III.1.2.1. Couleur	22
III.1.2.2. Caractères du poil.....	23
III.1.3. Mesures	23
III.2. Squelette	24
III.2.1. Crâne	24
III.2.1.1. Description	24
III.2.1.3. Quelques données chiffrées.....	26
III.2.2. Membres.....	27
III.2.2.1. Généralités.....	27
III.2.2.2. Quelques chiffres.....	27
IV. PHYSIOLOGIE.....	28
IV.1. Adaptation à l'environnement thermique.....	28
IV.1.1. Règles générales de l'adaptation des homéothermes	28
IV.1.2. Température corporelle	29
IV.1.2.1. Données physiologiques	29
IV.1.2.2. Réactions posturales à la température ambiante	29
IV.1.2.3. Rôle des pavillons auriculaires dans les échanges thermiques	30
IV.1.2.4. Conductivité thermique de la peau.....	31
IV.1.2.5. Métabolisme basal.....	31
IV.2. Equilibre hydrique.....	32
IV.2.1. Le Fennec se passe facilement de boire	32
IV.2.2. Cycle de l'eau.....	32
IV.2.2.1. Pertes par évaporation.....	32
IV.2.2.2. Concentration urinaire.....	32
IV.3. Rythme cardiaque et respiratoire.....	33

IV.3.1. Rythme cardiaque	33
IV.3.2. Rythme respiratoire.....	34
IV.4. Paramètres sanguins.....	34
IV.4.1. pH, gaz sanguins et hématimétrie	34
IV.4.2. Numération formule.....	35
V. REPRODUCTION ET CROISSANCE DES JEUNES	35
V.1. Maturité sexuelle	35
V.2. Cycle oestral	35
V.3. Comportement sexuel.....	36
V.4. Gestation et mise-bas.....	36
V.5. Elevage des petits	37
VI. ECOLOGIE	38
VI.1. Caractéristiques du milieu saharien et habitat	38
VI.1.1. Le milieu saharien.....	38
VI.1.1.1. Limite du Sahara et climat	38
VI.1.1.2. Les milieux naturels sahariens	38
VI.1.2. Habitat.....	39
VI.2. Régime et comportement alimentaire.....	39
VI.2.1 Régime alimentaire en milieu naturel	39
VI.2.2. Comportement alimentaire.....	40
VI.3. Utilisation de l'espace et rapports inter-individuels	40
VI.3.1. Construction des terriers	40
VI.3.2. Structure sociale et territorialité.....	41
VI.3.3. Communications entre individus	41
VI.3.3.1. Marquage du territoire	41
VI.3.3.2. Communications sonores	42
VII. RAPPORT AVEC L'HOMME ET BESOIN DE CONSERVATION	43
VII.1. Comportement vis-à-vis de l'homme.....	43
VII.1.1. En captivité.....	43
VII.1.2. En milieu naturel.....	43
VII.2. Menaces	43
VII.2.1. Interventions humaines directes	43
VII.2.2. Désertification de l'habitat	44
VII.2.2.3. Autres évolutions défavorables à l'écosystème saharien.....	45
VII.2.2.4. Impacts potentiels de ces actions sur la faune de ces régions.....	46
VII.2.3. Maladies infectieuses.....	46
VII.2.3.1. La rage	46
VII.2.3.2. La maladie de Carré.....	47
VII.2.3.3. Autres.....	47
VII.4. Importance	48
VII.4.1. Enjeu patrimonial.....	48
VII.4.2. Enjeu économique	49
VII.4.3. Enjeu de santé publique	49

VII.5. Mesures de conservation	49
VII.5.1. Gestion des échanges commerciaux : CITES	50
VII.5.2. Lois en vigueur dans les pays exportateurs	50
VII.5.3. Lois en vigueur dans les pays importateurs	50
Partie II : Etude personnelle : Le Fennec dans son milieu naturel.....	51
I. INFLUENCE DE FACTEURS ECOLOGIQUES	57
I.1. Objectifs de l'étude.....	57
I.2. Zone d'étude.....	57
I.2.1. El Faouar, un oasis du Nefzaoua.....	57
I.2.2. Etude du désert d'El Faouar :	61
I.2.3. Conditions environnementales : climatiques et géographiques	63
I.3. Matériel et méthode	64
I.3.1. Moyens d'étude.....	64
I.3.2. Stratégie d'étude	65
I.3.2.1. Plan d'échantillonnage.....	65
I.3.2.2. Caractéristiques du plan d'échantillonnage par degrés.....	65
I.3.3. Choix des variables d'étude	68
I.3.3.1. Variable à expliquer	68
I.3.3.2. Variables explicatives	69
I.3.4. Récolte des données	71
I.3.5. Limitation des biais d'échantillonnage	72
I.4. Résultats	72
I.8.1. L'estimateur	73
I.8.1.1. Calcul de la proportion du caractère « présence de(s) fennec(s) »	73
I.8.2.1. « présence de fennec(s) » et « milieu ».....	76
Remarque : Il est également important d'étudier l'effet de la zone. Le test	
d'indépendance montre l'existence d'une relation entre la zone et la présence des	
fennecs (χ^2 observé = 92,26 et χ^2 théorique = 12,59).....	77
I.8.2.2. « présence de fennec(s) » et « présence de renard(s) ».....	77
I.8.2.3. « présence de fennec(s) » et « présence de chacal(s) et/ou chien(s) ».....	78
I.8.2.4. « présence de fennec(s) » et « présence des petit(s) rongeur(s) ».....	78
I.8.2.5. « présence de fennec(s) » et « présence humaine »	79
I.8.3. Bilan.....	79
I.8.4. Analyse multivariée	80
I.9. Discussion	81
II. ECO-ETHOLOGIE	82
II.1. Etude du régime alimentaire.....	82
II.1.1. Méthode	82
II.1.2. Résultats.....	84
II.1.3. Discussion.....	85
II.2. Choix de l'espace pour installer un terrier	86
II.2.1. Descriptions extérieures des terriers observés	86
II.2.2. Occupation et répartition des terriers observés.....	87

III. SYNTHÈSE ET DISCUSSION.....	88
III.1. Contexte d'étude	88
III.1.1. Un statut méconnu.....	88
III.1.2. Une espèce emblématique	88
III.1.3. Des institutions motivées	89
III.2. Objectifs	89
III.3. Méthode.....	89
III.4. Résultats	90
III.5. Discussion.....	90
Conclusion.....	91
Bibliographie.....	93
TABLE DES MATIÈRES.....	103
Liste des figures.....	107
Liste des tableaux.....	109
Liste des abréviations.....	110
Liste des Annexes.....	111
Annexe I à IX.....	113

- LISTE DES FIGURES -

FIGURE 1 : RELATION ENTRE 26 ESPECES DE CANIDES BASEE SUR L'ANALYSE DE 2001 PAIRES DE BASE D'UNE SEQUENCE D'ADN D'UN GENE CODANT POUR UNE PROTEINE MITOCHONDRIALE (WAYNE ET COLL., 1997).....	18
FIGURE 2 : ARBRE PHYLOGENETIQUE ETABLI D'APRES L'ANALYSE D'UNE SEQUENCE D'ADN MITOCHONDRIAL (Geffen et coll., 1992).....	19
FIGURE 3 : AIRE GLOBALE DE REPARTITION DU FENNEC, <i>FENNECUS ZERDA</i> , D'APRES UNE ESTIMATION DU CANID SPECIALIST GROUP, UICN/SSC (2004).....	20
FIGURE 4 : UN FENNEC (DRAGESCO-JOFFE, 1993)	22
FIGURE 5 : VUE LATERALE DROITE D'UN CRANE DE FENNEC. (SAINT GEORGE MIVART, 1890). 24	24
FIGURE 6 : VUE DORSALE D'UN CRANE DE FENNEC (PANOUSE, 1957).....	25
FIGURE 7 : VUE OCCIPITALE D'UN CRANE DE FENNEC. (HARRISON, 1968).....	25
FIGURE 8 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE D'UN CRANE DE FENNEC EN VUE VENTRALE ; PROPORTIONS DES DIFFERENTS	26
FIGURE 9 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DES OS DU BASSIN, FEMUR, TIBIA ET METATARSE. MESURE DES PROPORTIONS (CLUTTON-BROCK ET COLL. 1976).....	27
FIGURE 10 : TEMPERATURE RECTALE, TEMPERATURE CUTANEE DU TRONC ET DES PAVILLONS AURICULAIRES, EN FONCTION DE LA TEMPERATURE AMBIANTE. (MALOY ET COLL., 1982)	30
FIGURE 11: RYTHME CARDIAQUE DU FENNEC EN FONCTION DE LA TEMPERATURE AMBIANTE. (MALOY ET COLL., 1982)	33
FIGURE 12 : REPRESENTATION DU FENNEC, <i>FENNECUS ZERDA</i> , SYMBOLISE DES REGIONS ARIDES SUR TIMBRES	49
FIGURE 13 : LABIB (2004).....	55
FIGURE 14 : CARTES DE LA TUNISIE – SITUATION GEOGRAPHIQUE DES LOCALITES SUD DE LA TUNISIE, PARTIE NORD-EST DU GRAND ERG ORIENTAL (CARTE MICHELIN, 2001).	58
FIGURE 15 : REPRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET DE POINTS PARTICULIERS SUR LA CARTE EL FAOUAR	59
FIGURE 16 : CARTE POSTALE – VILLAGE ET OASIS D'EL FAOUAR	59
FIGURE 17 : ENTRE LE SAHARA ET LE VILLAGE, LES CULTURES SOUS SERRES D'EL FAOUAR (2004).....	60
FIGURE 18 : CHOTT BOU CHAREB – VUE SUR LA SOURCE AIN CHOTT (MILIEU TYPE M1)	61
FIGURE 19 (A GAUCHE) : BOSQUETS DE ZETA (M3)	62
FIGURE 20 (A DROITE) : AIRE RECOUVERTE DE NOMBREUX RHAM, BEGUEL (M3).....	62
FIGURE 21 (A GAUCHE) : BARKHANES FORMANT DES CORDONS DUNAIS PRESQUE PARRALLELE (DRAA) (M4)	62
FIGURE 22 (A DROITE) : CHAMP IMMENSE DE DUNES DE SABLES (AUSSI BARKAHNES) (M4)	62
FIGURE 23 : PLAINES SABLO-ROCAILLEUSES. VEGETATION FAIBLE (M2)	62
FIGURE 24 : CAMPMENT A EL FERGOUSI EN COMPAGNIE DE M. B. GUANNOUM, UN DE MES GUIDES (2004).....	64
FIGURE 25 : CARTE DE LA ZONE D'ETUDE (OFFICE DE LA TOPOGRAPHIE ET DE LA CARTOGRAPHIE, TUNIS, 1988)	66
FIGURE 26 : REPRESENTATION SCHEMATIQUE DE L'ECHANTILLONNAGE. ECHANTILLONNAGE A DEUX NIVEAUX : 1- TIRAGE DES GRAPPES A L'ORIGINE DES ZONES, 2- ECHANTILLONNAGE SYSTEMATIQUE SUR CHACUNE DES ZONES.....	67
FIGURE 27 : EMPREINTES DE FENNECS	68
FIGURE 28 : EFFACEMENT PAR LE VENT DES EMPREINTES DE FENNECS (2004).....	68
FIGURE 29 : EMPREINTES DU LIEVRE DU CAP (2004)	69

FIGURE 30 : EMPREINTES DE CHACAL ET PASSAGE D'UN SCORPION (2004)	70
FIGURE 31 : PHOTOGRAPHIE DES EMPREINTES D'UNE GERBOISE ET D'UN AUTRE PETIT RONGEUR ; A COTE UN FENNEC EST PASSE (2004)	71
FIGURE 32 : REPRESENTATION DU PARAMETRE F (FENNEC) SUR LE TERRAIN D'ETUDE. EHELLE : 1CM = 1 KM.....	74
FIGURE 34 : TABLEAU DE CONTINGENCE ET GRAPHIQUE EN BARRES DES RESULTATS OBTENUS DE L'ENQUETE PRESENCE/ABSENCE DE(S) FENNEC(S) EN FONCTION DE LA VARIABLE « MILIEU » ETUDIEE.....	76
FIGURE 35 : TABLEAU DE CONTINGENCE ET GRAPHIQUE EN BARRES DES RESULTATS OBTENUS DE L'ENQUETE PRESENCE/ABSENCE DE FENNEC(S) EN FONCTION DE LA VARIABLE « PRESENCE DE RENARD(S) » ETUDIEE	77
FIGURE 36 : TABLEAU DE CONTINGENCE ET GRAPHIQUE EN BARRES DES RESULTATS OBTENUS DE L'ENQUETE PRESENCE/ABSENCE DE FENNEC(S) EN FONCTION DE LA VARIABLE « PRESENCE DE CHACAL(S) ET/OU CHIEN(S) » ETUDIEE	78
FIGURE 37 : TABLEAU DE CONTINGENCE ET GRAPHIQUE EN BARRES DES RESULTATS OBTENUS DE L'ENQUETE PRESENCE/ABSENCE DE FENNEC(S) EN FONCTION DE LA VARIABLE « PRESENCE DE PETIT(S) RONGEUR(S) » ETUDIEE	78
FIGURE 38 : TABLEAU DE CONTINGENCE ET GRAPHIQUE EN BARRES DES RESULTATS OBTENUS, APRES PONDERATION, DE L'ENQUETE PRESENCE/ABSENCE DE FENNEC(S) EN FONCTION DE LA VARIABLE « PRESENCE HUMAINE » ETUDIEE.....	79
FIGURE 39 : PHOTOGRAPHIE D'UNE CROTTE D'UN FENNEC (2004).....	83
FIGURE 40 : DESSIN D'UNE CROTTE DE RENARD ROUX (STAHL, 1982).....	83
FIGURE 41 : PHOTOGRAPHIE DE CROTTES DE RENARDS A GAUCHE, ET DE CHACAL A DROITE (2004).....	83
FIGURE 42 : COMPOSITION DU REGIME ALIMENTAIRE DU FENNEC – RESULTATS EXPRIMES EN POURCENTAGE DES OCCURRENCES	84
FIGURE 43 : DISTRIBUTION DES ARTHROPODES DANS LE SPECTRE ALIMENTAIRE DU FENNEC –	84
FIGURE 44 : SCHEMA D'UNE TRACE TYPE DE FENNEC	90

- Liste des tableaux -

TABLEAU I : RECAPITULATIF DES FACTEURS ENTRANT EN JEU DANS L'EQUILIBRE THERMIQUE CHEZ LES HOMEOTHERMES (LEVI, 1991).....	29
TABLEAU II : CONCENTRATIONS URINAIRES MAXIMALES CHEZ QUELQUES CARNIVORES. (NOLL-BANHOLZER, 1979).....	33
TABLEAU III : VALEURS MOYENNES (\pm ECARTS-TYPES) DES PARAMETRES DU SANG ARTERIEL CHEZ LE FENNEC MESUREES A DIFFERENTES TEMPERATURES AMBIANTES SUR TROIS INDIVIDUS (MALOY ET COLL., 1982).....	34
TABLEAU IV : SURFACE ET NOMBRE DE PARCELLES DE 0.16 KM ²	65
TABLEAU V : CRITERES D'IDENTIFICATION DES EMPREINTES.....	69
TABLEAU VI : CALCUL, PAR ZONE, DE LA PREVALENCE DE PRESENCE DE FENNEC ET DE SON INTERVALLE DE CONFIANCE, A 95 % (MARGE D'ERREUR A 95 % = $\pm 1.96 * \sqrt{((PI * (1-PI)) / NI)}$, LES CONDITIONS D'UTILISATION SONT BONNES)(NA = NON APPLICABLE).....	73
TABLEAU VII : CALCULS DES FREQUENCES CONDITIONNELLES PAR MILIEU DES POINTS POSSEDANT LE CARACTERE	76
TABLEAU VIII : RISQUES RELATIFS, VARIANCES, ECART-TYPES, ET INTERVALLES DE CONFIANCE CALCULES.....	77
TABLEAU IX : CRITERES D'AKAIKE (AIC) ET VRAISEMBLANCE (A) PAR MODELE	80
TABLEAU X : DESCRIPTION DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES TERRIERS OBSERVES	86
TABLEAU XI : RESULTATS LOCALISATION, OCCUPATIONS, DEFECATIONS ET PRESENCE HUMAINE AUTOUR DES TERRIERS	87

- Liste des abréviations -

AIC : Critère d'Akaike

AZA : Association Zoologique Américaine

CITES : Convention Internationale sur les Echanges d'Espèces en Danger

CSG : Groupe Spécialiste des Canidés de l'IUCN

DGF : Direction Générale des Forêts (Tunisie)

ENVL : Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

ENVN : Ecole Nationale Vétérinaire de Nantes

ENMV : Ecole Nationale de Médecine Vétérinaire de Sidi-Thabet (Tunisie)

UICN : Union Internationale de la Conservation de la Nature

WHO-OMS : World Health Organization-Organisation Mondiale de la Santé

- Liste des annexes -

Annexe I : Rappel des caractéristiques communes aux <i>Caninae</i>	101
Annexe II : Liste rouge IUCN, SSC, CSG, 2001.....	102
Annexe III : Les adaptations de l'espèce Fennec au désert.....	103
Annexe IV : Climat saharien.....	104
Annexe V : Les milieux sahariens.....	106
Annexe VI : Texte de la Convention de Washington (CITES), 1973.....	111
Annexe VII : Fiche de relevés des données sur les parcelles.....	112
Annexe VIII : Base de données, Tableau récapitulatif des observations réalisées au sud d'El Faouar (gouvernorat de Kébili).....	113
Annexe IX : Protocole d'analyse des fèces de fennecs.....	120
Annexe X : Fiche de relevés ; analyse de fèces.....	124
Annexe XI : Tableau récapitulatif des résultats de l'analyse de fèces.....	125
Annexe XII : Caractéristiques principales des poils de 12 espèces micromammifères susceptibles de vivre dans le Sahara sud-tunisien.....	126

- ANNEXE I -

Rappel des caractéristiques communes aux *Caninae* :

(Grizmek, 1974 ; Grasse, 1965)

Ordre des Carnivores :

- Le pouce et le gros orteil jamais opposables aux autres doigts
- Scaphoïde et semi-lunaire fusionnés dans le carpe
- Clavicule rudimentaire ou absente
- Troisième trochanter absent
- Anneau orbitaire incomplet sauf dans quelques genres
- Apophyse ptérygoïde pratiquement absente
- Denture diphyodonte hétérodonte. La canine est un croc aigu et puissant. Les prémolaires sont sécodontes (possèdent deux racines). Les molaires sont tuberculeuses.
- Hémisphères cérébraux développés. Trois ou quatre circonvolutions concentriques autour de la scissure interhémisphérique.
- Utérus bicorne ou duplex. Testicules extra-abdominaux. Placenta zonaire décidue.

Groupes des Fissipèdes :

- Espèces terrestres
- Bulle tympanique ossifiée
- Fosse temporale et orbite communiquant largement dans la plupart des genres
- Pouce et gros orteil très réduits ou manquants
- Doigts libres
- Appui des membres digitigrade ou semi-plantigrade
- Pour la plupart carnivores, ils se nourrissent essentiellement de la chair et du sang d'autres Vertébrés qu'ils guettent et chassent. Ils se rendent maîtres de leurs victimes grâce à leurs membres munis de griffes acérées et à leurs mâchoires puissantes, soit qu'ils bondissent sur elles soit qu'ils les forcent à la course. Certains sont omnivores : Ainsi, parmi les petites espèces, certains mangent des œufs, des Insectes, des Vers et autres Invertébrés. D'autres sont frugivores.
- Nouveau-nés naissant très petits, peu mobiles, le plus souvent aveugles.

Super famille des *Cynoidea* :

- Bulle tympanique non cloisonnée ou cloison rudimentaire
- Canal carotidien long
- Membres terminés par quatre ou cinq doigts à griffes non rétractiles
- L'os pénien présent et grand, 3 à 7 paires de mamelles.

Famille des Canidés :

- Crâne remarquable par le volume de la boîte cérébrale et l'allongement de la face
- Alisphénoïde présent
- Oreilles triangulaires pointues. Bulle tympanique développée
- Marche semi-digitigrade, griffes fortes, obtuses et non rétractiles
- Typiquement, cinq doigts antérieurs et quatre doigts postérieurs
- Intestin relativement long
- Prémolaires aiguës et coupantes en arrière, carnassières puissantes aux cupsides tranchantes, molaires à couronne large, mousses et broyantes en arrière permettant un régime mixte.

Sous famille des *Caninae* :

- Pouce complet
- Denture à 42 dents (exception : 38 dents chez le Chien des buissons, 40 chez le Dohle, 48 chez l'Otocyon). Incisives brachyodontes. Carnassières inférieures avec un talon à deux tubercules dont l'externe est plus ou moins tétragone et l'interne net.

- ANNEXE II -

Classement du Fennec sur la liste rouge du Canid Specialist Group, UICN, des Canidés sauvages, 2001

Species	Red List 2004	Species	Red List 2004
Falklands wolf	EX	Coyote	LC
Darwin's fox	CR C2a(ii)	Crab-eating fox	LC
Island fox	CR A2be + 3e	Culpeo	LC
Red wolf	CR D	Golden jackal	LC
		Gray fox	LC
African wild dog	EN C2b	Grey wolf	LC
Dhole	EN C2a(i)	Indian fox	LC
Ethiopian wolf	EN C2a(i), D	Kit fox	LC
		Pampas fox	LC
Bianford's fox	VU C1	Raccoon dog	LC
Bush dog	VU C2a(i)	Red fox	LC
Dingo	VU A1e	Side-striped jackal	LC
		Swift fox	LC
Maned wolf	NT	Tibetan fox	LC
Arctic fox	LC	Fennec fox	DD
Bat-eared fox	LC	Hoary fox	DD
Black-backed jackal	LC	Pale fox	DD
Cape fox	LC	Rüppell's fox	DD
Chilla	LC	Sechuran fox	DD
Corsac fox	LC	Short-eared dog	DD

Notes:

Categories for the IUCN Red List of threatened species that apply to the Canidae. For a detailed treatment and definitions of the criteria refer to IUCN (2001) and www.redlist.org.

Extinct (EX): there is no reasonable doubt that the last individual of the taxon has died.

Critically Endangered (CR): the best available evidence indicates that the taxon meets any of the criteria A to E for Critically Endangered, and it is therefore considered to be facing an extremely high risk of extinction in the wild.

Endangered (EN): the best available evidence indicates that the taxon meets any of the criteria A to E for Endangered, and it is therefore considered to be facing a very high risk of extinction in the wild.

Vulnerable (VU): the best available evidence indicates that the taxon meets any of the criteria A to E for Vulnerable, and it is therefore considered to be facing a high risk of extinction in the wild.

Near Threatened (NT): the taxon has been evaluated against the criteria but does not qualify for any of the above now, but is close to qualifying for or is likely to qualify for a threatened category in the near future.

Least Concern (LC): the taxon has been evaluated against the criteria and does not qualify for any of the above. Widespread and abundant taxa are included in this category.

Data Deficient (DD): there is inadequate information to make a direct, or indirect, assessment of its risk of extinction based on its distribution and/or population status of the taxon. DD is not a category of threat, the taxon may be well studied, and its biology well known, but appropriate data on abundance and/or distribution are lacking.

- ANNEXE III -

Les adaptations de l'espèce Fennec au désert

La revue des connaissances actuelles sur la biologie du Fennec montre qu'il est un petit Canidé omnivore se caractérisant par des adaptations comportementales et physiologiques remarquables au milieu désertique chaud :

- Une très petite taille corporelle en rapport avec un milieu désertique où les sources de nourriture, irrégulièrement réparties et disponibles, seraient insuffisantes pour un canidé de plus grande taille.
- Un pelage sable-isabelle qui se confond avec la couleur des dunes.
- Une fourrure isolante fine et dense ainsi qu'une couche de poils sur les coussinets plantaires qui lui permettrait de se déplacer sur la sable meuble et qui l'isolerait du sable chaud.
- Des postures efficaces adaptées à la lutte contre les températures ambiantes extrêmes, c'est-à-dire situées hors de sa plage de neutralité thermique.
- Une activité de chasse crépusculaire et nocturne.
- Une grande qualité de chasseur associée à un régime omnivore généraliste.
- Des comportements de grattage et de fouissage pour la construction de terriers où il s'y abrite de la chaleur de la journée.
- Une vigilance, une prudence, une agilité et une rapidité qui le protège de ses ennemis naturels.
- Le développement des bulles tympaniques, jouant le rôle de résonateurs acoustiques, des os de l'oreille interne et des pavillons auriculaires procure une ouïe remarquablement fine. Celle-ci lui permet de détecter la position de ses proies enfouies dans le sable et l'approche de ses prédateurs ainsi que de communiquer avec ses congénères grâce à un registre vocal riche et adapté.
- Un faible métabolisme basal, ce qui réduit la production de chaleur endogène, lié à un faible rythme cardiaque et à une conductivité thermique réduite.
- Des faibles besoins en eau de boisson du fait qu'il trouve dans ses aliments la quantité de liquide nécessaire à sa survie.
- De très faibles pertes hydriques grâce à la concentration de son urine et à l'évaporation limitée de son eau corporelle.
- Un riche réseau capillaire des pavillons auriculaires permettant le refroidissement du sang périphérique et une dissipation de la chaleur corporelle sans faire intervenir les mécanismes de refroidissement corporel par évaporation.

- ANNEXE IV -

Climat Saharien

Pluies

Elles se caractérisent au Sahara par leur extrême rareté et variabilité. Elles sont irrégulières dans l'année et d'une année sur l'autre. Il s'écoule parfois plusieurs années entre deux pluies. Elles sont presque toujours localisées et la pluviosité peut varier du simple au triple, pour une même année, en deux points éloignés l'un de l'autre de seulement 10 km. La quantité d'eau tombée à un lieu déterminé, peut fluctuer dans un rapport de un à cent d'une année sur l'autre.

Les petites averses (moins de 5 mm) n'ont pratiquement aucun effet sur le développement de la végétation, car elles ne réussissent pas à pénétrer suffisamment en profondeur sur le sol brûlant. Certaines ondées peuvent même s'évaporer prématurément sous les nuages. Les averses peuvent survenir de manière brutale et importante. Elles prennent alors souvent la forme d'un véritable déluge, accompagné d'orages et de vents soufflant en rafales. L'eau remplit alors soudainement les oueds et les cultures et pénètre dans le sable (Dragesco-Joffe, 1993).

Taux d'humidité

Il est extrêmement faible. Il varie généralement de 15 à 50 % en moyenne et peut descendre à 5 % pendant la journée (Monod, 1973 ; Dragesco-Joffe, 1993).

Il existe des écarts entre le jour et la nuit. La moyenne des minimales, enregistrée à Bilma, dans le Ténéré (Niger) reste toute l'année inférieure à 20 % à 13 h (sauf à la saison des « pluies » en août : 29 %). Les maximales sont enregistrées dans la fraîcheur de l'aube, mais elles restent très modérées : 22 % à 43 % selon les mois (sauf en août : 56 %) (Dragesco-Joffe, 1993).

Ensoleillement

Avec un ciel clair, quasiment sans nébulosité, conséquence de la faible hygrométrie, le Sahara est avant tout « le pays du soleil ». La nébulosité moyenne annuelle est de 0,7 à 3 dixièmes de ciel couvert suivant les régions. La radiation solaire peut dépasser 200000 calories / gramme par cm² (Monod, 1973).

Effectivement, cette région se caractérise par la grande stabilité des hautes pressions des anticyclones, notamment l'action des vents alizés secs qui soufflent constamment depuis les hautes pressions vers les basses pressions équatoriales (Monod, 1973).

Vent

Il souffle en moyenne un peu plus de 100 jours par an, le plus souvent au printemps et à l'automne (Gilbert et Claus, 2000).

Dans l'Ouest et le Centre du Sahara, c'est principalement l'alizé continental qui souffle avec une extrême constance NE-SO. C'est le vent le plus fort. Il se renforce quand la pression barométrique s'élève, et passé une certaine limite, se met à soulever le sable et la poussière, ce qui a pour effet de diminuer la visibilité dans de fortes proportions. Les « vents de sable » n'ont malgré tout, contrairement à la légende, qu'une force modérée, et leur vitesse n'est en général comprise qu'entre 30 et 50 km/h. Ce n'est pas plus venteux qu'un autre pays, mais c'est une région où le vent se fait davantage sentir car il n'a pas d'obstacles. Les vents peuvent cependant causer des tempêtes de sables redoutables (Dragesco-Joffe, 1993).

En été, ils sont les bienvenus lorsqu'ils apportent la pluie et font chuter les températures de 10°C, d'autant plus qu'à cette période, venant du sud, le *chelili*, mieux connu sous le nom de sirocco, apporte un air très chaud et très sec, provoquant la déshydratation de la végétation, qui sèche et meurt (Gilbert et Claus, 2000).

Sur les franges nord du Sahara, il existe d'autres vents associés aux fortes dépressions d'hiver et de printemps, qui sévissent sur la Méditerranée. C'est le cas du fameux khamsin d'Égypte qui vient du sud et qui est censé durer 50 jours.

Dans le Sahara méridional (du Mali au Soudan), on voit fréquemment, un véritable mur de poussières qui annoncent l'arrivée imminente des tornades, porteuses de lourds nuages qui ne crèvent que de manière capricieuse et localisée sur le désert (Dragesco-Joffe, 1993).

Les vents desséchants érodent les roches jusqu'à les réduire en sable.

Les vents ont également une forte action déprimante sur les hommes.

Leurs effets se conjuguent avec ceux de l'insolation violente pour accroître l'intensité de l'évaporation.

Température de l'air

Le Sahara reçoit une forte quantité de chaleur pendant le jour mais la perd la nuit. Les étés sont très chauds et les hivers tièdes. L'amplitude thermique diurne varie entre 12 et 20°C et l'amplitude thermique annuelle peut atteindre 60°C. C'est une des grandes caractéristiques du Sahara : les écarts de températures existent, non seulement, entre l'hiver et l'été, mais aussi entre le jour et la nuit (Gilbert et Claus, 2000).

Les maximales annuelles habituelles, atteintes en été dans les régions les plus chaudes du Sahara, sont, en principe, comprises entre 51 et 53°C à l'ombre. Un record de 58°C a été enregistré à El Aziz (Libye) en septembre 1922. En revanche, en hiver, les températures peuvent descendre assez bas. Il peut geler au Sahara ; fin janvier, début février, le mercure descend facilement au-dessous de zéro la nuit, mais le froid n'est vraiment sensible que la nuit et très tôt le matin ; dès que le soleil brille, il tempère considérablement l'atmosphère. La moyenne des minimales pendant le mois le plus froid (janvier) est de 7°C (Dragesco-Joffe, 1993).

Température au sol

Les maximums peuvent dépasser 70°C. En revanche, à l'intérieur du sol, la température va décroître et l'amplitude de la variation diminue très vite : à 1 mètre de profondeur, on trouve déjà une température à peu près constante de 20-25°C. Dès 10 cm de profondeur, la chute de température est très sensible : par exemple de 52,5°C à 27,8°C (Monod, 1959).

Ainsi, le Fennec comme d'autres espèces qui vivent dans leurs terriers le jour ne s'exposent quasiment jamais aux températures extrêmes du Sahara, et se ménagent une température ambiante tout à fait supportable (Levi, 1991 ; Dragesco-Joffe, 1993).

Évaporation potentielle

Elle est considérable et varie, selon les régions, entre 2 et 3 m de hauteur d'eau par année. Trois facteurs, déjà présentés, peuvent la renforcer : de fortes températures, une quantité élevée de radiations solaires et des vents de surface. Elle passe ainsi de 4 mm par jour pendant les mois froids, à plus de 10 mm par jour pendant les mois chauds (jusqu'à 20 mm par conditions extrêmes). Les quantités d'eau tombée sont insuffisantes pour compenser l'évaporation (Dragesco-Joffe, 1993).

- ANNEXE V -

Les milieux naturels sahariens

(Dragesco-Joffe, 1993)

Etude selon l'aspect physique du sol :

Les ergs

Le mot erg est un terme issu de l'arabe qui désigne, au Sahara, les massifs de dunes d'une certaine étendue. Dans l'imagination populaire, les puissantes rangées de dunes s'alignant jusqu'à l'infini symbolisent, depuis toujours, le désert. Dans la réalité, l'importance de ces « mers de sable » est moindre. Cette forme de désert, de loin la plus célèbre, ne représente que 15 à 20 % de la superficie totale du Sahara et se limite à des régions bien précises. Ils sont constitués par le sable que le vent arrache aux regs et aux hamadas. L'eau abonde parfois en profondeur, assurant la cohésion des grains de sable et la stabilité des lignes générales du relief.

Ce sont des dunes simples et isolées qui, en se juxtaposant, se combinant, se soudant, finissent par former des ergs jeunes qui deviendront, avec le temps des ergs adultes stables.

Les spécialistes ont tenté une classification des formes dunaires. Les formes les plus élémentaires sont d'abord la dune en bouclier (ou en dôme), la dune pyramidale en forme de tente de nomade ou *ghourd*, et enfin la *barkhane* en forme de croissant. Le *ghourd* a la particularité de ne pratiquement pas bouger ; la *barkhane* par contre est une dune très mobile. Elle possède une partie convexe tournée face au vent (pente douce et sable compact) et une partie concave sous le vent (pente abrupte et sable mou) ; elle progresse par ses cornes, au rythme de 2 à 30 m par année, d'autant plus vite qu'elle est plus petite.

Il existe des champs de dunes tout à fait anarchiques, enchevêtrés, mobiles : c'est l'*aklé*, l'obstacle le plus difficile à franchir pour tous. Les *barkhanes* peuvent aussi s'allier pour constituer des cordons dunaires (*silk*) qui s'étendent, rectilignes, sur des dizaines de kilomètres. Là où règnent des vents très réguliers, les cordons dunaires peuvent former, dans le sens du vent, des chaînes strictement parallèles (*draa*), parfois appelées dunes d'alizé (du fait de leur orientation NE-SO), qui sont séparées par des couloirs à fond dur (*gassi*), de largeur constante, que les caravanes utilisent.

Les ergs prennent souvent un aspect nivelé, et marqué de rides transversales (par rapport au vent) ou *ripple-marks*. Ce sont des petites rides de sables formées par le vent, semblables aux ondulations de l'eau dans l'océan, qui ne font que quelques centimètres ou dizaines de centimètres de haut.

Certains ergs anciens ont même fait place à des plaines sableuses recouvertes de sédiments fins sur plusieurs mètres d'épaisseur ; là, le vent forme de petites buttes de sable caractéristiques à la base des plantes : ce sont les *nebkha* (ou dunettes d'obstacle). Ces modestes accumulations sont des petits mamelons placés en flèche sous le vent derrière un obstacle dont l'orientation permet aux chameliers de suivre la direction voulue. Ces dunes ou dunettes isolées n'ont cependant rien à voir avec les grands ergs d'avant.

La progression est difficile dans les ergs.

Les regs

Le mot reg est un terme issu de l'arabe qui désigne les étendues plates, caillouteuses et graveleuses. Les regs sont recouverts de fragments rocheux, graviers, limons, argiles et sables grossiers. Les regs occupent une superficie nettement plus importante que les

ergs. Ils couvrent les trois quarts de la surface du Sahara. Monotone, vide de tout relief et de tout repère, il constitue en fait le paysage le plus fréquent. On y circule assez facilement.

Par moments, les graviers dissimulent une profonde couche de fech-fech : ce sol, la plupart du temps gypseux, est composé d'éléments poudreux recouverts d'une mince couche qui se rompt sous le poids de l'animal ou du véhicule, rendant la progression plus laborieuse.

Les dayas

Egalement dhayas ou daïas, les dayas sont des cuvettes fermées, d'extension limitée que l'on trouve en terrain plat. Elles se signalent à l'observateur parce qu'elles forment des taches de végétation bien visibles sur la surface dénudée des regs et des hamadas. Elles ont un diamètre très variable : de quelques mètres (exceptionnellement quelques kilomètres). Les dayas peuvent quelquefois être d'origine karstique sur les hamadas calcaires, mais elles dérivent le plus souvent d'une simple cuvette qui s'est progressivement agrandie. En terrain plat, la moindre dépression permet en effet aux eaux de se rassembler et c'est justement l'alternance d'inondations (qui ont tendance à désagréger le substrat) et de déflation (érosion éolienne) une fois le terrain asséché, qui peut transformer un creux à peine visible en large coupe évasée. Le fond des dayas est colmaté par de l'argile, des limons et des graviers et les mares qui s'y forment, après la chute de pluie, sont assez durables. L'eau ne s'y infiltrant que lentement, le sol reste longtemps humide.

Les sebkhas

Le mot sebkha (ou sebkra), lui aussi issu de l'arabe, désigne, au Sahara, des dépressions fermées en forme de cuvette, périodiquement inondées, dans lesquelles se produit une accumulation de sel. Au Maghreb, on utilise également le terme de chott, pour les désigner. Ces dépressions peuvent se recouvrir d'eau de deux manières différentes : soit elles fonctionnent comme des bassins que les oueds remplissent en cas de pluie, soit elles reçoivent directement des apports profonds depuis les nappes souterraines. Ce cas de figure est celui des chotts nord-africains qui, en hiver (saison des pluies), sont alimentés par des sources artésiennes, appelées *aioun*.

Les sebkhas des deux types fonctionnent comme des bacs d'évaporation qui, après assèchement, prennent un aspect caractéristique : leur partie centrale parfaitement horizontale est recouverte d'une épaisse couche de sel cristallisé qui miroite au soleil. La concentration en sel est variable. Dans certaines sebkhas, il ne s'agit que d'une simple argile salée, dans d'autres sebkhas on trouve du sel pratiquement pur.

Les hamadas

Le terme de « hamada » désigne, au Sahara, un plateau rocheux horizontal cerné par des falaises bien marquées, qui leur donnent l'apparence de gigantesques tables. Les hamadas sont plates sur le dessus, parfois à perte de vue, et se caractérisent par l'abondance de la roche nue, usée et polie par le vent. Le réseau hydrographique est peu développé.

Les djebels

Le terme de « djebel », issu de l'arabe, désigne au Sahara tous les reliefs autres que les hamadas quelle que soit leur altitude. Il peut donc s'appliquer même à de modestes collines de quelques centaines de mètres de hauteur. Dans la partie orientale du grand désert, on utilise aussi le vocabulaire *gebel* et dans la Sahara central, en pays touareg, celui d'*adrar*. Le paysage du djebel est, comme celui de la hamada, dominé par la roche nue dont le profil et les formes ont été puissamment sculptés par l'érosion.

Les oasis

Les oasis constituent les nœuds d'un vaste réseau de communication et d'échange qui a été patiemment mis en place par les anciennes civilisations. Il s'agit de créations artificielles de l'homme qui ne peuvent se maintenir que par lui et grâce à ses soins constants. L'oasis se caractérise par la présence de l'espèce végétale, *Phoenix dactylifera*, le Palmier-Dattier. La superficie totale de toutes les oasis sahariennes n'atteint que le chiffre de 8000 ou 9000 km², soit environ le millième de la surface du Sahara.

Les guelta

plans d'eau sans écoulement visible qui peuvent être temporaires ou permanents et de dimensions très variables. Les guelta peuvent se présenter sous la forme de simples mares résiduelles, créées par les pluies, dans le lit des oueds et condamnées à un assèchement assez rapide, ou au contraire constituer de grandes citernes naturelles prisonnières de la roche. On les trouve surtout dans les massifs montagneux.

Les oueds

Le terme d'oued désigne, au Sahara, un cours d'eau à écoulement intermittent. La physionomie des oueds est très variable.

Etude de la flore et de la faune de certains milieux (ergs, reg, sebkhas)

Les caractéristiques climatiques et géomorphologiques expliquent la grande pauvreté du Sahara en espèces végétales : on n'y compte que 150 espèces par dizaine de milliers de kilomètres carrés, contre 1000 à 2000 espèces en région tempérée, pour une même superficie. Toutes assurent leur survie par différentes adaptations, notamment un développement racinaire en profondeur pour atteindre la nappe phréatique ou bien un étalement des racines en surface afin de mieux capter les eaux de pluie. L'ensemble des végétaux a une productivité faible, de l'ordre de 300 g par m², analogue à celle de la toundra et de l'océan. Il n'est donc pas étonnant que le milieu soit pauvre en espèces animales (phytophages, et autres).

Il n'est donc pas surprenant non plus que faune et flore connaissent dans les déserts des fluctuations considérables suivant le rythme jour/nuit - le jour, l'immensité désertique semble sans vie mais, à y regarder de près, l'étendue déserte présente une multitude de traces, témoignages de vie. Effectivement, dès que l'ardeur du soleil diminue, le peuple de l'erg se réveille. Tous les animaux ont choisi de fuir les conditions extrêmes du désert en s'abritant le jour, quand les températures sont trop fortes, pour ne sortir qu'à la tombée de la nuit. L'air y est nettement plus frais et humide - et les caractères irréguliers et imprévisibles des averses. Il y a les bonnes et mauvaises années, avec les pullulations acycliques et les migrations occasionnelles que cela provoque.

La vie est présente partout. C'est juste que les milieux naturels variés du Sahara n'offrent pas les mêmes possibilités de survie. Attention, dans la présentation qui suit, la présentation du biotope des différents milieux sahariens n'est que schématique. C'est une simplification. Les espèces végétales et animales varient énormément en fonction du degré de salinité de l'eau et de la nature physique du sol.

La vie dans les ergs

Les plantes caractéristiques des ergs sont le Had (*Cornulaca monacantha*) et le Sbot ou Drinn (*Aristida pungens*), sans oublier *Aristida acutiflora* et d'autres espèces appartenant à des genres divers comme *Cyperus*, *Mollkia* et *Indigofera*. Les arbustes sont surtout représentés par le Rtam (*Retama retam*), un genêt (*Genista saharae*), l'Azal

(*Calligonum azel*), sans oublier *Leptadenia pyrochnica*, et les arbres par divers acacias (*Acacia tortilis*).

Cette végétation se trouve notamment dans les fonds des ergs et dans les zones argileuses des couloirs interdunaires, car ils ne recèlent qu'une couche peu épaisse de sable, sous laquelle il existe parfois une nappe d'eau (soit par infiltration lors de pluies, soit apportée par un oued). L'existence d'une nappe phréatique à un endroit est d'ailleurs marquée par une végétation arbustive beaucoup plus durable. L'eau retient les dunes et la végétation.

Les plaines de sables, autour des ergs, ont une surface à peu près plane, et la couche de sable est partout peu épaisse. La végétation y est répartie de façon homogène.

Quand les pluies sont abondantes, les ressources végétales de ces milieux peuvent être décuplées avec le développement de véritables tapis temporaires de plantes herbacées annuelles (*acheb*).

Dans l'erg, la vie animale est généralement aussi concentrée dans les parties basses des dunes et dans les couloirs interdunaires. La végétation, dispersée mais permanente, des paysages dunaires, attire un certain nombre d'animaux, lesquels se distinguent par leur aptitude à se déplacer ou à s'enfouir dans le sable (Vial, 1974 ; Dragesco-Joffe, 1993 ; Sèbe, 2003) :

Les Mammifères les plus typiques de l'erg et des étendues de sables fins sont :

- parmi les Artiodactyles, le Dromadaire, l'Addax (*Addax nasomaculatus*), la Gazelle leptocère (*Gazella leptoceros*), la Gazelle dorcas (*Gazella dorcas*) ;
- parmi les Carnivores, le Fennec, le Chacal, le Renard de Rüppell, le Guépard des sables (*Acinonyx jubatus*), le Chat des sables (*Felis margarita*), le Zorille commun (*Ictonyx striatus*) et le Zorille de Libye (*Poecilictis libyca*) ;
- parmi les Rongeurs, le Lièvre (*Lepus capensis*), la Petite Gerboise (*Jaculus jaculus*) et la Gerbille (*Gerbillus gerbillus*), les Mériones (*Meriones*), le Porc-épic (*Hystrix cristata*) ;
- parmi les Insectivores, le Hérisson du désert (*Paraechinus aethiopicus*) et le Hérisson d'Algérie (*Aethechinus algirus*).

Parmi les Oiseaux, on note divers Rapaces : le Vautour oricou (*Torgos tracheliotus*), le Faucon lanier (*Falco biarmicus*), le Percnoptère d'Égypte (*Neophron percnopterus*), le Grand Duc du désert (*Bubo ascalophus*) ; des Traquets : le Traquet à tête blanche (*Coenanthe leucoyga*) ; des Corbeaux : le brun (*Corvus ruficollis*) et la Pie (*Corvus albus*) ; des Alouettes comme le Sirli du désert (*Alaemon alandipes*) et l'Ammomane du désert (*Ammomanes deserti*) ; et des Gangas.

Certains Reptiles sont strictement inféodés aux milieux sableux comme l'Acanthodactyle doré (*Acanthodactylus scutellatus*), le Varan gris (*Varanus griseus*), le Scinque officinal ou Poisson des sables (*Scincus scincus*) et le Scinque fascié (*Scincopus fasciatus*), sans oublier les Vipères à corne (*Cerastes cerastes*), les Vipères des sables (*Cerastes vipera*), le Serpent des sables (*Psammophis schokari*), la Couleuvre de Moïla (*Malpol moilensis*) et Boas des sables (*Eryx jaculus*). Les Reptiles sont les Vertébrés les plus abondants, et aussi les derniers à disparaître lorsqu'on approche l'aridité totale.

Il y a aussi des Invertébrés. Parmi les mieux adaptés, on trouve les Arachnides, en particulier des Galéodes (des Solifuges, *Galeodibus olivieri*), des Scorpionidés (le Scorpion des sables, *Androctonus amoreuxi*, le Scorpion jaune à très large queue, *Androctonus australis*, le Scorpion jaune à larges pinces, *Scorpio maurus*), des Acariens (libres ou parasites) (un Tique, *Hyalomma lusitanicum*) et surtout une foule d'Insectes : Coléoptères ténébrionidés (le Scarabée sacré, *Scarabeus sacer*, les Pimélies, *Pimelia angulata* et *Pimelia grandis*, le Bupeste équinoxial, *Julodis aequinoctialis*, le Carabe du désert, *Anthia sexmaculata*, le Prionotheque couronné, *Prionothea coronata*) que l'on surnomme « le roi du désert », les

Criquets (le Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria*), les Termites et les Fourmis à dos argenté.

La vie dans les regs

Les regs sont les zones les plus pauvres du désert car leur sol contient très peu d'humidité. La végétation y est toujours clairsemée et inégalement répartie. Ils sont seulement recouverts de quelques touffes de Graminées.

Dans le Nord du Sahara, la plante la plus caractéristique de ces espaces est *Haloxylon scoparium*. Lorsque les regs sont argilo-sableux, ils sont un peu mieux recouverts avec des Asphodèles, quelques *Aristida* (*A. acutiflora* et *A. plumosa*), du Had (*Cornicula monacantha*). Les regs peuvent être localement presque abiotiques. Ce sont ces regs hyperarides et tout à fait dénudés qui illustrent le mieux le vocable « Sahara », dérivé de l'arabe « sahra », qui désigne un milieu dépourvu de végétation, biologiquement vide.

Sur le reg, la vie est concentrée dans les légères dépressions limoneuses où une certaine humidité permet le développement d'une végétation, quelquefois arbustive, dispersée en îlots.

Les Vertébrés ne s'installent que sur certains regs pas trop défavorisés. Parmi les Mammifères, citons surtout le Renard famélique et une Mérione extrêmement résistante : *Meriones crassus*. Les Oiseaux sont un peu mieux représentés avec de belles populations de Gangas tachetés et couronnés. Les Reptiles, mis à part l'*Uromastix*, restent assez rares. Quelques buttes de sable et d'argile servent de micro-climat à une petite faune d'Invertébrés.

La vie dans les sebkhas

La végétation halophile (capable de croître sur des terrains imprégnés de sel) se développe surtout sur le pourtour des sebkhas et c'est le degré de salure qui conditionne son installation. Parmi les plantes qui ne tolèrent qu'une salinité faible, citons les *Tamaris* et *Atriplex*, parmi celles qui en supportent un degré beaucoup plus élevé, il faut mentionner des Chénopodiacées comme *Salsola foetida* ou *Suaeda mollis* et des Zygophyllacées (*Zygophyllum album*). Un Mammifère herbivore peut être observé en colonies importantes sur la périphérie de certaines sebkhas : le Rat des sables (*Psammomys obesus*) (Dragesco-Joffe, 1993).

Remarque :

Les oueds et les guelta sont les plus riches milieux du désert, parce qu'ils conservent en profondeur, un inféro-flux plus ou moins permanent. Leurs rives retiennent l'eau et accueillent une végétation, parfois dense et diversifiée, durable en général, tandis que se développe une vie animale assez riche.

- ANNEXE VI -
Texte de la Convention CITES de Washington (1973)

Article IV

**Réglementation du commerce des spécimens d'espèces inscrites à
l'Annexe II**

1. Tout commerce de spécimens d'une espèce inscrite à l'Annexe II doit être conforme aux dispositions du présent Article.
2. L'exportation d'un spécimen d'une espèce inscrite à l'Annexe II nécessite la délivrance et la présentation préalables d'un permis d'exportation. Ce permis doit satisfaire aux conditions suivantes:
 - a) une autorité scientifique de l'Etat d'exportation a émis l'avis que cette exportation ne nuit pas à la survie de l'espèce intéressée;
 - b) un organe de gestion de l'Etat d'exportation a la preuve que le spécimen n'a pas été obtenu en contravention aux lois sur la préservation de la faune et de la flore en vigueur dans cet Etat;
 - c) un organe de gestion de l'Etat d'exportation a la preuve que tout spécimen vivant sera mis en état et transporté de façon à éviter les risques de blessures, de maladie, ou de traitement rigoureux.
3. Pour chaque Partie, une autorité scientifique surveillera de façon continue la délivrance par ladite Partie des permis d'exportation pour les spécimens d'espèces inscrites à l'Annexe II, ainsi que les exportations réelles de ces spécimens. Lorsqu'une autorité scientifique constate que l'exportation de spécimens d'une de ces espèces devrait être limitée pour la conserver dans toute son aire de distribution, à un niveau qui soit à la fois conforme à son rôle dans les écosystèmes où elle est présente, et nettement supérieur à celui qui entraînerait l'inscription de cette espèce à l'Annexe I, elle informe l'organe de gestion compétent des mesures appropriées qui doivent être prises pour limiter la délivrance de permis d'exportation pour le commerce des spécimens de ladite espèce.
4. L'importation d'un spécimen d'une espèce inscrite à l'Annexe II nécessite la présentation préalable soit d'un permis d'exportation, soit d'un certificat de réexportation.
5. La réexportation d'un spécimen d'une espèce inscrite à l'Annexe II nécessite la délivrance et la présentation préalables d'un certificat de réexportation. Ce certificat doit satisfaire aux conditions suivantes:
 - a) un organe de gestion de l'Etat de réexportation a la preuve que le spécimen a été importé dans cet Etat conformément aux dispositions de la présente Convention;
 - b) un organe de gestion de l'Etat de réexportation a la preuve que tout spécimen vivant sera mis en état et transporté de façon à éviter les risques de blessures, de maladie ou de traitement rigoureux.
6. L'introduction en provenance de la mer d'un spécimen d'une espèce inscrite à l'Annexe II nécessite la délivrance préalable d'un certificat par l'organe de gestion de l'Etat dans lequel le spécimen a été introduit. Ledit certificat doit satisfaire aux conditions suivantes:
 - a) une autorité scientifique de l'Etat dans lequel le spécimen a été introduit a émis l'avis que l'introduction ne nuit pas à la survie de ladite espèce;
 - b) un organe de gestion de l'Etat dans lequel le spécimen a été introduit a la preuve que tout spécimen vivant sera traité de façon à éviter les risques de blessures, de maladie ou de traitement rigoureux.
7. Les certificats visés au paragraphe 6 ci-dessus peuvent être délivrés, sur avis de l'autorité scientifique pris après consultation des autres autorités scientifiques nationales, et, le cas échéant, des autorités scientifiques internationales, pour le nombre total de spécimens dont l'introduction est autorisée pendant des périodes n'excédant pas un an.

- ANNEXE VII -

Fiche de relevés des données sur les parcelles

Date : _____ Heures début et fin : _____

1. Identification de la parcelle :

N° parcelle :

Identification GPS :

2. Météorologie :

Mesure de la vitesse moyenne du vent : _____ km/h Echelle de Beaufort :

Température :

Visibilité :

Remarques particulières :

3. Fennec :

Signe(s) de présence : **OUI** **NON**

Si oui, lesquels ?

Trace(s) : abondance :

Crotte(s) : abondance : identification : reconnaissance :

Terrier(s) : abondance : identification : reconnaissance :

Fennecs : mort(s) :

 vivant(s) :

Remarques particulières :

4. Habitat : **1** **2** **3** **4**

Remarques particulières :

5. Petits Rongeurs : Présence/absence : **OUI** **NON**

6. Renard :

Signes de présence : **OUI** **NON**

Si oui, lesquels, détails, identification...

7. Chacal et/ou Chien :

Signes de présence : **OUI** **NON**

Si oui, lesquels, détails, identification...

8. Homme : **1** **2** **3**

Présence humaine : **OUI** **NON**

Nature de la présence humaine (type de campement, passage régulier..) :

Présence d'animaux domestique, notamment du chien :

9. Autres observations et informations diverses :

- ANNEXE VIII -

BASE DE DONNEES : TABLEAU RECAPITULATIF DES OBSERVATIONS

D'après les investigations réalisés au sud d'El Faouar

N° Point	Coordonnées GPS (UTM)		Milieu	Fennec	Renard	Chacal/Chien	Rongeurs	Homme	Zone
	Longitude E	Latitude N							
1	33°17.446'	08°37.734'	M2	0	0	1	1	H3	Z1
2	33°17.446'	08°37.476'	M3	0	0	0	1	H3	Z1
3	33°17.446'	08°37.219'	M3	0	0	0	1	H2	Z1
4	33°17.446'	08°36.961'	M3	1	0	1	1	H2	Z1
5	33°17.446'	08°36.704'	M3	1	0	0	1	H1	Z1
6	33°17.446'	08°36.446'	M2	1	0	0	1	H2	Z1
7	33°17.446'	08°36.189'	M2	0	0	0	0	H1	Z1
8	33°17.446'	08°35.931'	M2	0	0	0	1	H1	Z1
9	33°17.446'	08°35.674'	M2	0	0	0	1	H1	Z1
10	33°17.446'	08°35.416'	M2	0	0	1	0	H1	Z1
11	33°17.446'	08°35.159'	M1	0	0	1	0	H1	Z1
12	33°17.446'	08°34.901'	M1	0	0	1	0	H1	Z1
13	33°17.446'	08°34.644'	M1	0	0	0	0	H2	Z1
14	33°17.446'	08°34.386'	M1	0	0	1	1	H2	Z1
15	33°17.446'	08°34.129'	M3	0	0	0	1	H1	Z1
16	33°17.446'	08°33.871'	M3	0	0	0	0	H1	Z1
17	33°17.446'	08°33.614'	M1	0	0	0	0	H1	Z1
18	33°17.446'	08°33.356'	M1	0	0	0	0	H1	Z1
19	33°17.446'	08°33.099'	M1	0	0	0	0	H1	Z1
20	33°17.446'	08°32.841'	M1	0	0	0	0	H1	Z1
21	33°17.446'	08°32.584'	M2	0	0	0	1	H1	Z1
22	33°17.446'	08°32.326'	M2	0	0	0	1	H1	Z1
23	33°17.446'	08°32.069'	M2	0	0	0	1	H2	Z1
24	33°17.446'	08°31.811'	M2	0	0	1	1	H2	Z1
25	33°17.446'	08°31.554'	M2	0	0	0	1	H1	Z1
26	33°17.446'	08°31.296'	M4	0	0	0	0	H1	Z1
27	33°17.446'	08°31.039'	M4	0	0	0	1	H1	Z1
28	33°17.446'	08°30.781'	M2	0	0	1	1	H1	Z1
29	33°17.446'	08°30.523'	M2	0	0	1	1	H1	Z1
30	33°17.446'	08°30.266'	M4	0	0	0	0	H1	Z1
31	33°17.446'	08°30.009'	M4	0	0	0	1	H1	Z1
32	33°17.446'	08°29.751'	M4	0	0	0	1	H1	Z1
33	33°17.446'	08°29.494'	M4	0	0	0	0	H1	Z1
34	33°17.231'	08°29.494'	M4	0	0	0	0	H1	Z1
35	33°17.231'	08°29.751'	M4	0	0	0	0	H1	Z1
36	33°17.231'	08°30.009'	M4	0	0	0	0	H1	Z1
37	33°17.231'	08°30.266'	M4	0	0	0	0	H1	Z1
38	33°17.231'	08°30.523'	M4	0	0	1	0	H1	Z1
39	33°17.231'	08°30.781'	M4	0	0	1	0	H1	Z1
40	33°17.231'	08°31.039'	M4	0	0	0	0	H1	Z1
41	33°17.231'	08°31.296'	M2	0	0	1	1	H2	Z1
42	33°17.231'	08°31.554'	M2	0	0	1	0	H2	Z1
43	33°17.231'	08°31.811'	M2	0	0	0	0	H1	Z1
44	33°17.231'	08°32.069'	M1	1	0	0	1	H1	Z1

N° Point	Longitude E	Latitude N	Milieu	Fennec	Renard	Chacal/Chien	Rongeurs	Homme	Zone
45	33°17.231'	08°32.326'	M1	0	0	1	0	H1	Z1
46	33°17.231'	08°32.584'	M1	0	0	0	0	H1	Z1
47	33°17.231'	08°32.841'	M1	0	0	1	0	H1	Z1
48	33°17.231'	08°33.099'	M1	0	0	0	0	H1	Z1
49	33°17.231'	08°33.356'	M1	0	0	0	0	H1	Z1
50	33°17.231'	08°33.614'	M1	0	0	0	0	H1	Z1
51	33°17.231'	08°33.871'	M2	0	0	1	0	H1	Z1
52	33°17.231'	08°34.129'	M2	0	0	1	0	H1	Z1
53	33°17.231'	08°34.386'	M1	0	0	0	0	H1	Z1
54	33°17.231'	08°34.644'	M4	0	0	0	0	H1	Z1
55	33°17.231'	08°34.901'	M4	0	0	0	0	H1	Z1
56	33°17.231'	08°35.159'	M4	0	0	0	1	H1	Z1
57	33°17.231'	08°35.416'	M3	0	0	0	1	H1	Z1
58	33°17.231'	08°35.674'	M3	0	0	0	1	H1	Z1
59	33°17.231'	08°35.931'	M3	0	0	1	1	H1	Z1
60	33°17.231'	08°36.189'	M3	0	0	0	1	H1	Z1
61	33°17.231'	08°36.446'	M3	0	0	0	1	H2	Z1
62	33°17.231'	08°36.704'	M3	0	0	0	1	H2	Z1
63	33°17.231'	08°36.961'	M2	0	0	1	1	H3	Z1
64	33°17.231'	08°37.219'	M2	0	0	1	1	H3	Z1
65	33°17.231'	08°37.476'	M3	0	0	1	1	H3	Z1
66	33°17.231'	08°37.734'	M3	0	0	1	1	H3	Z1
67	33°17.016'	08°37.734'	M3	0	0	1	1	H2	Z1
68	33°17.016'	08°37.476'	M3	0	1	0	1	H2	Z1
69	33°16.801'	08°37.476'	M3	0	1	0	1	H2	Z1
70	33°16.801'	08°37.734'	M3	0	1	0	1	H2	Z1
71	33°16.586'	08°37.734'	M3	0	1	1	1	H2	Z1
72	33°16.586'	08°37.476'	M3	0	1	0	1	H2	Z1
73	33°16.371'	08°37.476'	M3	0	1	1	1	H2	Z1
74	33°16.371'	08°37.734'	M3	0	1	0	1	H1	Z1
78	33°14.785'	08°31.673'	M3	0	0	0	1	H1	Z2
79	33°14.785'	08°31.416'	M3	0	0	0	1	H1	Z2
80	33°14.785'	08°31.158'	M2	0	0	0	1	H1	Z2
81	33°14.785'	08°30.901'	M2	0	0	0	1	H1	Z2
82	33°14.785'	08°30.643'	M2	0	0	0	1	H2	Z2
83	33°14.570'	08°30.643'	M2	0	0	0	1	H1	Z2
84	33°14.355'	08°30.643'	M2	0	0	0	1	H1	Z2
85	33°14.355'	08°30.901'	M2	0	0	0	1	H1	Z2
86	33°14.570'	08°30.901'	M2	0	0	0	1	H1	Z2
87	33°14.570'	08°31.158'	M2	0	0	0	1	H1	Z2
88	33°14.355'	08°31.158'	M2	0	0	0	1	H1	Z2
89	33°14.355'	08°31.416'	M2	0	0	0	1	H2	Z2
90	33°14.570'	08°31.416'	M3	0	0	0	1	H1	Z2
91	33°14.570'	08°31.673'	M3	0	1	0	1	H1	Z2
92	33°14.355'	08°31.673'	M3	0	0	0	1	H1	Z2
93	33°14.355'	08°31.931'	M3	0	1	0	1	H1	Z2
94	33°14.570'	08°31.931'	M3	0	1	0	1	H1	Z2
95	33°16.398'	08°30.515'	M3	0	0	0	1	H2	Z2
96	33°16.613'	08°30.515'	M3	0	0	0	1	H1	Z3
97	33°16.613'	08°30.772'	M3	0	0	0	1	H1	Z3

N° Point	Longitude E	Latitude N	Milieu	Fennec	Renard	Chacal/Chien	Rongeurs	Homme	Zone
98	33°16.398'	08°30.772'	M3	0	0	0	1	H1	Z3
99	33°16.398'	08°31.030'	M4	0	0	0	0	H1	Z3
100	33°16.398'	08°31.287'	M4	0	0	0	0	H1	Z3
101	33°16.183'	08°31.287'	M3	0	0	1	1	H1	Z3
102	33°16.183'	08°31.030'	M3	0	0	1	1	H1	Z3
103	33°16.183'	08°30.772'	M3	0	0	0	1	H1	Z3
104	33°15.968'	08°30.772'	M2	0	0	0	1	H1	Z3
105	33°15.753'	08°30.772'	M2	0	0	0	1	H1	Z3
106	33°15.753'	08°30.515'	M2	0	0	0	1	H2	Z3
107	33°15.753'	08°30.257'	M2	0	0	1	1	H1	Z3
108	33°15.753'	08°29.999'	M4	0	0	1	1	H1	Z3
109	33°15.753'	08°29.742'	M2	0	0	1	1	H1	Z3
110	33°15.753'	08°29.484'	M4	0	0	1	1	H1	Z3
111	33°15.968'	08°29.484'	M3	0	0	1	1	H1	Z3
112	33°15.968'	08°29.742'	M3	0	0	0	1	H1	Z3
113	33°15.968'	08°29.999'	M2	0	0	1	1	H1	Z3
114	33°15.968'	08°30.257'	M2	0	0	1	1	H1	Z3
115	33°15.968'	08°30.515'	M3	0	0	0	1	H1	Z3
116	33°16.183'	08°30.515'	M3	0	0	0	1	H1	Z3
117	33°16.183'	08°30.257'	M2	0	0	1	1	H1	Z3
118	33°16.183'	08°29.999'	M3	0	0	0	1	H1	Z3
119	33°16.183'	08°29.742'	M3	0	0	1	1	H1	Z3
120	33°16.183'	08°29.484'	M3	0	0	0	1	H1	Z3
121	33°16.398'	08°29.484'	M4	0	0	0	0	H1	Z3
122	33°16.398'	08°29.742'	M3	0	0	0	1	H2	Z3
123	33°16.398'	08°29.999'	M3	0	0	0	1	H2	Z3
124	33°16.398'	08°30.257'	M3	0	0	0	1	H2	Z3
125	33°16.613'	08°30.257'	M3	0	0	0	1	H1	Z3
126	33°16.613'	08°29.999'	M3	0	0	0	1	H1	Z3
127	33°16.613'	08°29.742'	M3	0	0	0	1	H2	Z3
128	33°16.613'	08°29.484'	M2	0	0	0	1	H3	Z3
129	33°16.828'	08°29.484'	M2	0	0	0	1	H3	Z3
130	33°16.828'	08°29.742'	M2	0	0	0	1	H3	Z3
131	33°16.828'	08°29.999'	M2	0	0	1	1	H3	Z3
132	33°16.828'	08°30.257'	M2	0	0	0	1	H2	Z3
133	33°16.828'	08°29.999'	M2	0	0	1	1	H2	Z3
142	33°16.613'	08°38.627'	M2	0	0	0	0	H2	Z4
143	33°16.613'	08°38.369'	M2	0	0	1	1	H2	Z4
144	33°16.828'	08°38.369'	M2	0	0	0	1	H2	Z4
145	33°17.043'	08°38.369'	M3	0	0	0	1	H2	Z4
146	33°17.258'	08°38.369'	M3	0	0	0	1	H2	Z4
147	33°17.473'	08°38.369'	M3	0	0	0	1	H1	Z4
148	33°17.473'	08°38.627'	M3	0	0	0	1	H2	Z4
149	33°17.473'	08°38.884'	M2	0	0	0	1	H1	Z4
150	33°17.473'	08°39.142'	M3	0	0	1	1	H1	Z4
151	33°17.258'	08°39.142'	M2	0	0	1	1	H2	Z4
152	33°17.258'	08°38.884'	M3	0	0	0	1	H2	Z4
153	33°17.258'	08°38.627'	M3	1	1	1	1	H2	Z4
154	33°17.043'	08°38.627'	M3	0	0	0	1	H2	Z4
155	33°17.043'	08°38.884'	M3	0	1	0	1	H2	Z4

N° Point	Longitude E	Latitude N	Milieu	Fennec	Renard	Chacal/Chien	Rongeurs	Homme	Zone
156	33°17.043'	08°39.142'	M3	0	1	0	1	H1	Z4
157	33°16.828'	08°39.142'	M3	0	1	0	1	H1	Z4
158	33°16.828'	08°38.884'	M2	0	0	0	1	H1	Z4
159	33°16.828'	08°38.627'	M2	0	0	0	1	H1	Z4
160	33°16.613'	08°38.884'	M3	0	1	0	1	H1	Z4
161	33°16.613'	08°39.142'	M3	0	1	1	1	H2	Z4
162	33°16.398'	08°39.142'	M3	0	1	1	1	H2	Z4
163	33°16.183'	08°39.142'	M4	0	0	0	0	H1	Z4
164	33°16.183'	08°38.884'	M4	0	0	0	0	H1	Z4
165	33°16.183'	08°38.627'	M3	0	1	0	1	H2	Z4
166	33°16.183'	08°38.369'	M4	0	0	0	0	H1	Z4
167	33°16.398'	08°38.369'	M3	0	1	1	1	H2	Z4
168	33°16.398'	08°38.627'	M2	0	1	1	1	H2	Z4
169	33°16.398'	08°38.884'	M3	0	1	0	1	H2	Z4
170	33°07.634'	08°34.120'	M3	0	0	0	1	H1	Z5
171	33°07.849'	08°34.120'	M3	1	0	0	1	H1	Z5
172	33°07.849'	08°34.378'	M3	1	0	0	1	H1	Z5
173	33°08.065'	08°34.378'	M4	1	0	0	1	H1	Z5
174	33°08.280'	08°34.378'	M4	0	0	0	0	H1	Z5
175	33°08.280'	08°34.635'	M4	0	0	0	0	H1	Z5
176	33°08.065'	08°34.635'	M4	1	0	0	1	H1	Z5
177	33°07.849'	08°34.635'	M3	1	0	0	1	H1	Z5
178	33°07.634'	08°34.635'	M3	1	0	0	1	H1	Z5
179	33°07.634'	08°34.378'	M3	1	0	0	1	H1	Z5
180	33°07.419'	08°34.378'	M3	1	0	0	1	H1	Z5
181	33°07.419'	08°34.635'	M4	1	0	0	1	H1	Z5
182	33°07.204'	08°34.635'	M4	1	0	0	1	H1	Z5
183	33°06.989'	08°34.635'	M4	0	0	0	0	H1	Z5
184	33°06.774'	08°34.635'	M4	0	0	1	0	H1	Z5
185	33°06.559'	08°34.635'	M4	0	0	0	0	H1	Z5
186	33°06.559'	08°34.378'	M4	0	0	0	1	H1	Z5
187	33°06.774'	08°34.378'	M4	0	0	0	1	H1	Z5
188	33°06.989'	08°34.378'	M3	1	0	0	1	H1	Z5
189	33°07.204'	08°34.378'	M3	1	0	1	1	H1	Z5
190	33°07.204'	08°34.120'	M3	1	0	0	1	H1	Z5
191	33°06.989'	08°34.120'	M3	1	0	0	1	H1	Z5
192	33°06.774'	08°34.120'	M3	1	0	0	1	H1	Z5
193	33°06.559'	08°34.120'	M3	1	0	0	1	H1	Z5
194	33°06.559'	08°33.862'	M3	1	0	0	1	H1	Z5
198	33°06.774'	08°33.862'	M3	1	0	0	1	H1	Z5
199	33°06.989'	08°33.862'	M3	1	0	0	1	H1	Z5
200	33°07.204'	08°33.862'	M4	1	0	0	1	H1	Z5
201	33°07.419'	08°33.862'	M2	1	0	0	1	H1	Z5
202	33°07.419'	08°34.120'	M3	1	0	1	1	H1	Z5
203	33°07.634'	08°33.862'	M2	1	0	0	1	H1	Z5
204	33°07.849'	08°33.862'	M2	0	0	0	1	H1	Z5
205	33°08.065'	08°33.862'	M2	1	0	0	1	H1	Z5
206	33°08.280'	08°33.862'	M2	1	0	0	1	H1	Z5
207	33°08.280'	08°34.120'	M2	0	0	0	1	H2	Z5
208	33°08.065'	08°34.120'	M2	1	0	0	1	H1	Z5

N° Point	Longitude E	Latitude N	Milieu	Fennec	Renard	Chacal/Chien	Rongeurs	Homme	Zone
75	33°13.925'	08°33.219'	M3	0	0	1	1	H3	Z6
209	33°13.925'	08°33.476'	M1	0	0	1	0	H3	Z6
210	33°13.925'	08°33.734'	M2	0	0	1	0	H2	Z6
211	33°13.925'	08°33.991'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
212	33°13.925'	08°34.249'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
213	33°13.925'	08°34.506'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
214	33°13.925'	08°34.764'	M2	0	0	0	1	H1	Z6
215	33°13.925'	08°35.021'	M4	0	0	1	0	H1	Z6
216	33°13.710'	08°33.219'	M1	0	0	1	0	H3	Z6
217	33°13.710'	08°33.476'	M2	0	0	1	0	H3	Z6
218	33°13.710'	08°33.734'	M2	0	0	0	0	H2	Z6
219	33°13.710'	08°33.991'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
220	33°13.710'	08°34.249'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
221	33°13.710'	08°34.506'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
222	33°13.710'	08°34.764'	M2	0	0	1	1	H1	Z6
223	33°13.710'	08°35.021'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
224	33°13.495'	08°33.219'	M1	0	0	0	0	H2	Z6
225	33°13.495'	08°33.476'	M2	0	0	1	0	H2	Z6
226	33°13.495'	08°33.734'	M2	0	0	0	1	H2	Z6
227	33°13.495'	08°33.991'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
228	33°13.495'	08°34.249'	M4	0	0	0	1	H1	Z6
229	33°13.495'	08°34.506'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
230	33°13.495'	08°34.764'	M2	0	0	0	1	H1	Z6
231	33°13.495'	08°35.021'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
232	33°13.280'	08°33.219'	M1	0	0	0	0	H2	Z6
233	33°13.280'	08°33.476'	M2	0	0	0	0	H1	Z6
234	33°13.280'	08°33.734'	M2	0	0	0	0	H1	Z6
235	33°13.280'	08°33.991'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
236	33°13.280'	08°34.249'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
237	33°13.280'	08°34.506'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
238	33°13.280'	08°34.764'	M2	0	0	0	1	H1	Z6
239	33°13.280'	08°35.021'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
240	33°13.065'	08°33.219'	M1	0	0	0	0	H2	Z6
241	33°13.065'	08°33.476'	M2	0	0	0	0	H1	Z6
242	33°13.065'	08°33.734'	M2	0	0	0	1	H1	Z6
243	33°13.065'	08°33.991'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
244	33°13.065'	08°34.249'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
245	33°13.065'	08°34.506'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
246	33°13.065'	08°34.764'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
247	33°13.065'	08°35.021'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
248	33°12.850'	08°33.219'	M1	0	0	0	0	H1	Z6
249	33°12.850'	08°33.476'	M2	0	0	0	0	H2	Z6
250	33°12.850'	08°33.734'	M2	0	0	0	0	H1	Z6
251	33°12.850'	08°33.991'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
252	33°12.850'	08°34.249'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
253	33°12.850'	08°34.506'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
254	33°12.850'	08°34.764'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
255	33°12.850'	08°35.021'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
256	33°12.635'	08°33.219'	M1	0	0	0	0	H1	Z6
257	33°12.635'	08°33.476'	M1	0	0	0	0	H2	Z6

N° Point	Longitude E	Latitude N	Milieu	Fennec	Renard	Chacal/Chien	Rongeurs	Homme	Zone
258	33°12.635'	08°33.734'	M2	0	0	1	0	H1	Z6
259	33°12.635'	08°33.991'	M4	0	0	1	0	H1	Z6
260	33°12.635'	08°34.249'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
261	33°12.635'	08°34.506'	M3	1	0	0	1	H1	Z6
262	33°12.635'	08°34.764'	M3	1	0	0	1	H1	Z6
263	33°12.635'	08°35.021'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
264	33°12.420'	08°33.219'	M2	0	0	0	0	H1	Z6
265	33°12.420'	08°33.476'	M1	0	0	0	0	H1	Z6
266	33°12.420'	08°33.734'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
267	33°12.420'	08°33.991'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
268	33°12.420'	08°34.249'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
269	33°12.420'	08°34.506'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
270	33°12.420'	08°34.764'	M3	1	0	1	1	H1	Z6
271	33°12.420'	08°35.021'	M3	1	0	1	1	H1	Z6
272	33°12.205'	08°33.219'	M1	0	0	0	0	H1	Z6
273	33°12.205'	08°33.476'	M1	0	0	0	0	H2	Z6
274	33°12.205'	08°33.734'	M2	0	0	0	0	H1	Z6
275	33°12.205'	08°33.991'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
276	33°12.205'	08°34.249'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
277	33°12.205'	08°34.506'	M4	0	0	1	0	H1	Z6
278	33°12.205'	08°34.764'	M3	1	0	0	1	H1	Z6
279	33°12.205'	08°35.021'	M3	1	0	0	1	H1	Z6
280	33°11.989'	08°33.219'	M1	0	0	0	0	H2	Z6
281	33°11.989'	08°33.476'	M1	0	0	0	0	H2	Z6
282	33°11.989'	08°33.734'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
283	33°11.989'	08°33.991'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
284	33°11.989'	08°34.249'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
285	33°11.989'	08°34.506'	M3	1	0	1	1	H1	Z6
286	33°11.989'	08°34.764'	M3	1	0	1	1	H1	Z6
287	33°11.989'	08°35.021'	M3	1	0	0	1	H1	Z6
288	33°11.774'	08°33.476'	M1	0	0	0	0	H2	Z6
289	33°11.774'	08°33.734'	M1	0	0	0	0	H2	Z6
290	33°11.774'	08°33.991'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
291	33°11.774'	08°34.249'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
292	33°11.774'	08°34.506'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
293	33°11.774'	08°34.764'	M3	1	0	0	1	H1	Z6
294	33°11.774'	08°35.021'	M3	1	0	0	1	H1	Z6
295	33°11.559'	08°33.476'	M2	0	0	0	0	H2	Z6
296	33°11.559'	08°33.734'	M1	0	0	0	0	H2	Z6
297	33°11.559'	08°33.991'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
298	33°11.559'	08°34.249'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
299	33°11.559'	08°34.506'	M2	0	0	0	1	H1	Z6
300	33°11.559'	08°34.764'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
301	33°11.559'	08°35.021'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
302	33°11.344'	08°33.476'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
303	33°11.344'	08°33.734'	M1	0	0	0	0	H2	Z6
304	33°11.344'	08°33.991'	M4	0	0	0	0	H1	Z6
305	33°11.344'	08°34.249'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
306	33°11.344'	08°34.506'	M2	1	0	0	1	H1	Z6
307	33°11.344'	08°34.764'	M2	0	0	0	1	H1	Z6

N° Point	Longitude E	Latitude N	Milieu	Fennec	Renard	Chacal/Chien	Rongeurs	Homme	Zone
308	33°11.344'	08°35.021'	M2	0	0	0	1	H1	Z6
309	33°11.129'	08°33.476'	M2	0	0	1	1	H2	Z6
310	33°11.129'	08°33.734'	M1	0	0	0	0	H2	Z6
311	33°11.129'	08°33.991'	M2	0	0	0	1	H2	Z6
312	33°11.129'	08°34.249'	M2	0	0	0	1	H1	Z6
313	33°11.129'	08°34.506'	M2	1	0	0	1	H2	Z6
314	33°11.129'	08°34.764'	M2	0	0	1	1	H2	Z6
315	33°11.129'	08°35.021'	M2	1	0	0	0	H2	Z6
351	33°11.129'	08°33.219'	M2	0	0	1	1	H1	Z6
352	33°11.344'	08°33.219'	M2	0	0	0	1	H1	Z6
353	33°11.559'	08°33.219'	M2	0	0	0	0	H2	Z6
354	33°11.774'	08°33.219'	M1	0	0	1	0	H2	Z6
316	33°14.140'	08°37.983'	M2	0	0	0	1	H2	Z7
317	33°14.140'	08°38.240'	M4	0	0	0	1	H1	Z7
318	33°13.925'	08°38.240'	M4	0	0	0	0	H1	Z7
319	33°13.710'	08°38.240'	M4	0	0	0	0	H2	Z7
320	33°13.495'	08°38.240'	M2	1	0	0	1	H2	Z7
321	33°13.495'	08°37.983'	M3	1	1	1	1	H1	Z7
322	33°13.710'	08°37.983'	M2	1	1	1	1	H1	Z7
323	33°13.925'	08°37.983'	M3	0	0	0	1	H1	Z7
324	33°13.495'	08°37.725'	M3	0	1	1	1	H1	Z7
325	33°13.495'	08°37.468'	M3	0	1	1	1	H1	Z7
326	33°13.495'	08°37.210'	M2	1	0	0	1	H2	Z7
327	33°13.495'	08°36.953'	M2	1	0	0	1	H1	Z7
328	33°13.495'	08°36.695'	M4	1	0	0	0	H1	Z7
329	33°13.710'	08°36.695'	M4	0	0	0	0	H1	Z7
330	33°13.710'	08°36.953'	M2	0	0	0	0	H1	Z7
331	33°13.710'	08°37.210'	M2	0	0	0	0	H1	Z7
332	33°13.710'	08°37.468'	M4	0	0	0	0	H1	Z7
333	33°13.710'	08°37.725'	M4	0	0	0	0	H1	Z7
334	33°13.925'	08°37.725'	M4	0	0	0	0	H1	Z7
335	33°13.925'	08°37.468'	M3	0	1	0	1	H1	Z7
336	33°13.925'	08°37.210'	M2	0	0	0	0	H1	Z7
337	33°14.140'	08°37.210'	M2	1	0	0	1	H1	Z7
338	33°14.140'	08°37.468'	M3	1	1	0	1	H1	Z7
339	33°14.140'	08°37.725'	M3	0	0	0	1	H1	Z7
340	33°14.355'	08°37.210'	M2	1	0	0	1	H1	Z7
341	33°14.355'	08°37.468'	M3	0	1	1	1	H1	Z7
342	33°14.355'	08°37.725'	M3	0	1	0	1	H1	Z7
343	33°14.355'	08°37.983'	M3	0	1	0	1	H1	Z7
344	33°14.355'	08°38.240'	M3	0	0	0	1	H1	Z7
345	33°14.570'	08°38.240'	M3	0	1	0	1	H1	Z7
346	33°14.570'	08°37.983'	M3	0	1	1	1	H1	Z7
347	33°14.570'	08°37.725'	M3	0	1	1	1	H1	Z7
348	33°14.785'	08°37.725'	M3	0	1	0	1	H1	Z7
349	33°14.785'	08°37.983'	M3	0	1	1	1	H1	Z7
350	33°14.785'	08°38.240'	M3	0	0	0	1	H1	Z7

- ANNEXE IX -

PROTOCOLE D'ANALYSE DES FECES DE FENNECS

L'étude contribue à approfondir les connaissances sur l'éco-éthologie du Fennec. Compte-tenu du manque de connaissance (coefficients de correction alimentaire jamais établis, absence d'ouvrages de références sur la reconnaissance des poils de mammaliens du Sahara à vérifier), l'étude se limitera à établir la composition du régime alimentaire du Fennec en milieu naturel.

La méthode est inspirée des études réalisées sur le régime alimentaire du Renard Roux (*Vulpes vulpes L.*) au CNEVA-LERPAS (Pouille, 1987 ; Zins, 1987 ; Marquet, 1990 ; Thomas, 1993).

L'étude a bénéficié de l'aide du laboratoire d'alimentation et d'histopathologie de l'ENVL.

Les différentes observations sont notées sur la feuille annexe X : analyse de fèces.

MATERIELS

- une étuve
- une balance
- des récipients ou verres à pied
- une pipette 2 mL,
- 5 g d'acide picrique cristallisé
- eau distillée, alcool, éther
- de nombreux tubes plastiques (5 en moyenne par échantillon de crotte(s) donc environ 200)
- des boîtes de Pétri
- un agitateur
- une loupe binoculaire (stéréo microscope binoculaire)
- un microscope optique monté par un appareil de vision relié à un ordinateur.

METHODES

1) Récolte et identification des fèces

La récolte des fèces s'est déroulée de mars à mai 2004 dans le sud-tunisien. Elle s'est effectuée à pied soit lors de l'observation des signes de présence du Fennec dans des parcelles, qui ont été choisies suivant un plan d'échantillonnage par degré sur la zone d'étude, soit par le suivi de traces de présence. Au moment de la récolte, les crottes sont identifiées. L'état de fraîcheur, la spécificité (la reconnaissance spécifique des fèces pose toujours un problème, ainsi ne sont choisis que les fèces les plus caractéristiques, facilement attribuables aux fennecs) et le lieu sont notés. Les crottes sont repérables plus facilement autour des terriers.

2) Préparation et tri des différentes catégories alimentaires

- Stérilisation et séchage à 100°C à l'autoclave pendant 24 heures afin de neutraliser tout agent pathogène éventuellement présent,
- Pesée du poids sec total (PST) à 0.01 g. près sur une balance de type 'Sartorius',
- Mise de l'excrément dans une quantité d'eau,
- Dilacération de l'excrément avec possibilité d'apport d'eau et d'agitation pour faciliter cette opération,
- Elimination des fragments millimétriques non identifiables à l'œil par passage au travers d'un tamis métallique de maille de 1 mm de diamètre,
- Lavage des restes non digérés sous un jet d'eau courante,
- Récupération des restes sur le tamis,
- Séchage de ces restes à 60°C pendant 2 à 3 jours jusqu'à obtention du poids constant,
- Pesée du poids sec lavé (PSL) à 0.01 g. près,
- Séparation manuelle, minutieuse des différents items alimentaires apparaissant dans des tubes adéquats (ces tubes sont pesés à vide). Les items sont : les poils, les os (et dents), les végétaux (herbes, fruits), les plumes, les cuticules d'arthropodes, les peaux de reptiles...
- Pesée des poids sec par catégorie (PSC) alimentaire (poids secs P1, P2, ..., P6) de nouveau à 0.01 g. près des tubes après séparation sur une balance de type « Sartorius ».

3) Examen macroscopique des restes identifiables

Ce sont des éléments tels que les restes squelettiques de vertébrés, les exosquelettes chitineux des insectes, les soies des annélides oligochètes, les débris végétaux, les poils, les plumes, ongles ou écailles que l'on retrouve dans l'excrément car ils résistent (plus ou moins) aux actions des différents sucs digestifs.

a- Invertébrés

Les Annélides et les Arthropodes sont les deux catégories représentées dans cet embranchement.

- Annélides

La place tenue par les vers passe souvent inaperçue en raison de la très rapide digestion des vers, mais leur consommation a été découverte chez le Renard. En effet, c'est selon un protocole d'étude précis que l'on peut constater ou non la consommation de vers par le Renard et le Fennec. (Ce protocole est décrit dans le paragraphe 5) Examen microscopique de certaines catégories). Il est cherché la présence de soies.

- Arthropodes

Ceux-ci se divisent en deux parties distinctes : les arthropodes consommés dont on retrouve les fragments de pattes, mandibule ou de cuticules ; ils peuvent être, si faisable, identifiés.

L'autre catégorie est caractérisée par des insectes coprophages ou non que l'on trouve dans certaines fèces et qui ne sont bien évidemment pas pris en compte dans le spectre alimentaire. Ces derniers apparaissent donc sous leur forme entière et de façon irrégulière dans le temps.

b- Végétaux

Ces aliments se divisent en deux catégories :

- *Les végétaux énergétiques* comme les fruits des palmiers-dattiers, les dattes. L'identification de ces fruits est possible grâce aux noyaux recueillis entièrement. Les autres éléments non digérés sont les peaux, pulpes...
- *Les végétaux non énergétiques* : retrouvés presque intacts (herbes, feuilles) puisqu'ils sont que très peu attaqués par les sucs digestifs.

c- Reptiles

Les restes d'os, de peaux, d'écailles peuvent être retrouvés et identifiés.

d- Oiseaux

Des restes non digestibles des oiseaux, rachis, calamus et plumes, peuvent apparaître dans le régime alimentaire. Une identification spécifique n'est pas tentée.

e- Mammifères

Ce sont les poils, les os, les dents et plus rarement les ongles que l'on retrouve dans les excréments. Ces éléments non digestibles (matière kératinisée) occupent la part la plus importante dans les fèces.

La reconnaissance spécifique des dents et poils de ces restes peuvent également se faire, si possible, au moyen d'ouvrages de références ou de recherches complémentaires.

4) Analyse quantitative des restes identifiables macroscopiquement

La mesure du poids de matière sèche non digérée par catégorie alimentaire est la méthode choisie. La non-connaissance des coefficients de correction chez le Fennec ne nous permet pas de déterminer la quantité de biomasse ingérée. On ne peut donc en déduire que le spectre alimentaire de l'espèce, et non les quantités ingérées.

La mesure du pourcentage de matière sèche pourrait être un bon reflet de la quantité d'eau rejetée par voie fécale mais il dépend, et surtout dans un tel milieu, de l'état de fraîcheur des crottes. Le pourcentage de matière sèche n'est donc mesurée.

Il est plus intéressant de calculer la proportion de chaque catégorie alimentaire par rapport au poids sec lavé. Il nous permet de connaître la part de chaque catégorie dans le régime alimentaire et, avec l'utilisation de coefficients de digestibilité, la quantité de biomasse ingérée de chaque catégorie alimentaire. On a :

$$\% Pi = (Pi / PSL) * 100$$

5) Examen microscopique de certaines catégories

- Annélides (soies)

Prélèvement d'1 cm³ de la suspension dilacérée qui est mis dans une boîte de Pétri. A cela, on additionne 1 cm³ d'acide picrique à 5% (solution saturée préparée avec 95 ml d'eau distillée et 5 g. d'acide picrique cristallisé que l'on met sous agitateur et chauffage à 60 –

80°C pendant environ 24 heures) que l'on laisse agir quelques heures afin de colorer les soies des vers qui pourraient éventuellement s'y trouver.

L'observation se fait en lumière ordinaire, avec un grossissement x 1.5 (=15), doubleur non compris soit un grossissement x 30.

- *Arthropodes*

On cherche au possible à différencier les différentes classes.

- *Mammifères (poils)*

Les proies mammaliennes peuvent être identifiées grâce à l'examen de leurs poils qui étant indigestes se retrouvent dans les fèces. Une comparaison à une collection de référence de poils de mammifères d'Afrique et à un ouvrage de références (Debrot et coll., 1982) permet de déterminer spécifiquement les animaux consommés.

Une identification précise est possible grâce à l'examen microscopique de trois éléments du poil : Ils sont la section transversale, la morphologie de la médulla, la forme et l'agencement des écailles de la cuticule.

Les poils sont séparés du reste de l'échantillon et sont dégraissés lors d'un passage d'environ dix minutes dans un mélange d'alcool et d'éther.

Les coupes transversales ont été réalisées dans de la paraffine et ont été examinées au microscope.

La médulla (moelle), partie centrale du poil, de structure souvent lacunaire, peut-être étudiée par observation au microscope de quelques jarres montées entre lame et lamelle dans de l'eau.

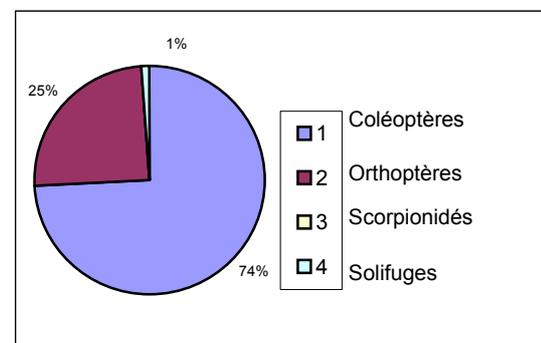
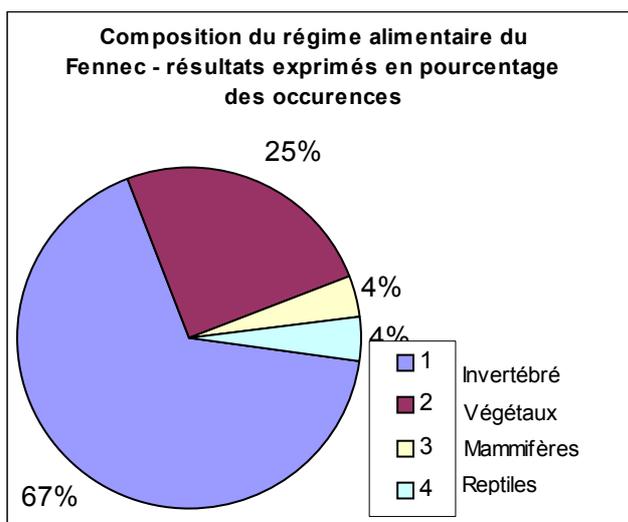
Pour examiner la cuticule, nous avons réalisé une empreinte des écailles. A cet effet, du vernis à ongle incolore est étalé sur une lame. Après quelques secondes, les poils sont déposés à sa surface puis ils sont retirés et l'empreinte des écailles est observée au microscope.

- ANNEXE XI -

Tableau récapitulatif des résultats de l'analyse des fèces

Proportion des différents items alimentaires retrouvés dans l'analyse de 21 fèces de fennecs récoltées dans le sud-tunisien

N°	PST (g)	PSL (g)	Arthropodes	Coléop	Orthop	Scorpions	Solif	Végétaux	Os	Poils
1	3,07	0,63	0,63	0,5	0,13	0	qq	0	0	qq
2	2,23	0,65	0	0	0	0	0	0,63	0	0
3	0,9	0,58	0,57	0,57	0	0	qq	0	0	0
4	2,84	1,46	1,5	1,5	0	qq	qq	0	0	0
5	13,77	1,59	0,2	0,2	0	0	0	1,26	0,05	0
6	0,57	0,2	0,03	0,03	0	0	0	0	0,13	0
7	0,8	0,5	0,12	0,12	0	0	0	0,33	0	0
8	1,8	1,15	1	0,27	0,73	0	0	0,2	0	0
9	3,17	1,58	1,43	0,58	0,85	0	0	0,13	qq	0,02
10	2,08	1,59	1,59	0,76	0,81	0	0,02	0	0	0
11	0,11	0,06	0,03	0,03	0	0	qq	0,03	0	0
12	2,42	1,35	1,27	1,12	0,15	0	qq	0,09	0	0,01
13	1,13	0,44	0,43	0,43	0	qq	0	qq	0	0
14	8,44	0,18	0,14	0,14	0	0	0	qq	0,02	0
15	0,25	0,12	0,09	0,09	0	0	qq	0,03	0	0
16	14,59	1,5	1,2	0,36	0,84	0	0	0,18	0,07	qq
17	3,6	1,85	0,01	0,01	0	0	0	1,8	0,04	0
18	2,79	0,89	0,86	0,86	0	0	0	0	0	0
19	3,69	0,87	0,35	0,35	0	0	0	0,5	0	0,02
20	6,11	1,39	0,35	0,35	0	0	0	0	0,08	0,9
21	9,39	2,49	2,19	2,19	0	0	0	0	0,3	qq
Tot (g)	83,75	21,07	13,99	10,46	3,51	0,01	0,07	5,19	0,69	0,96

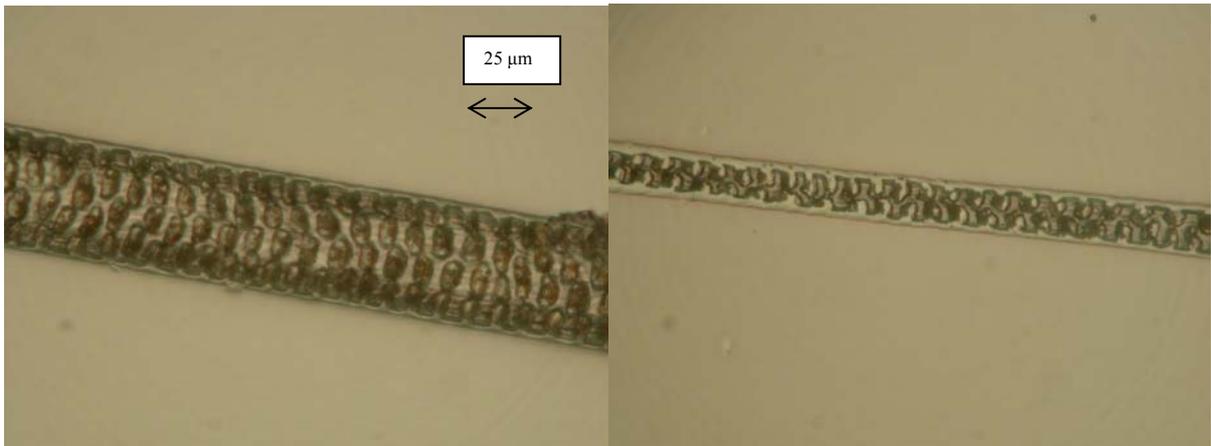


- ANNEXE XII -

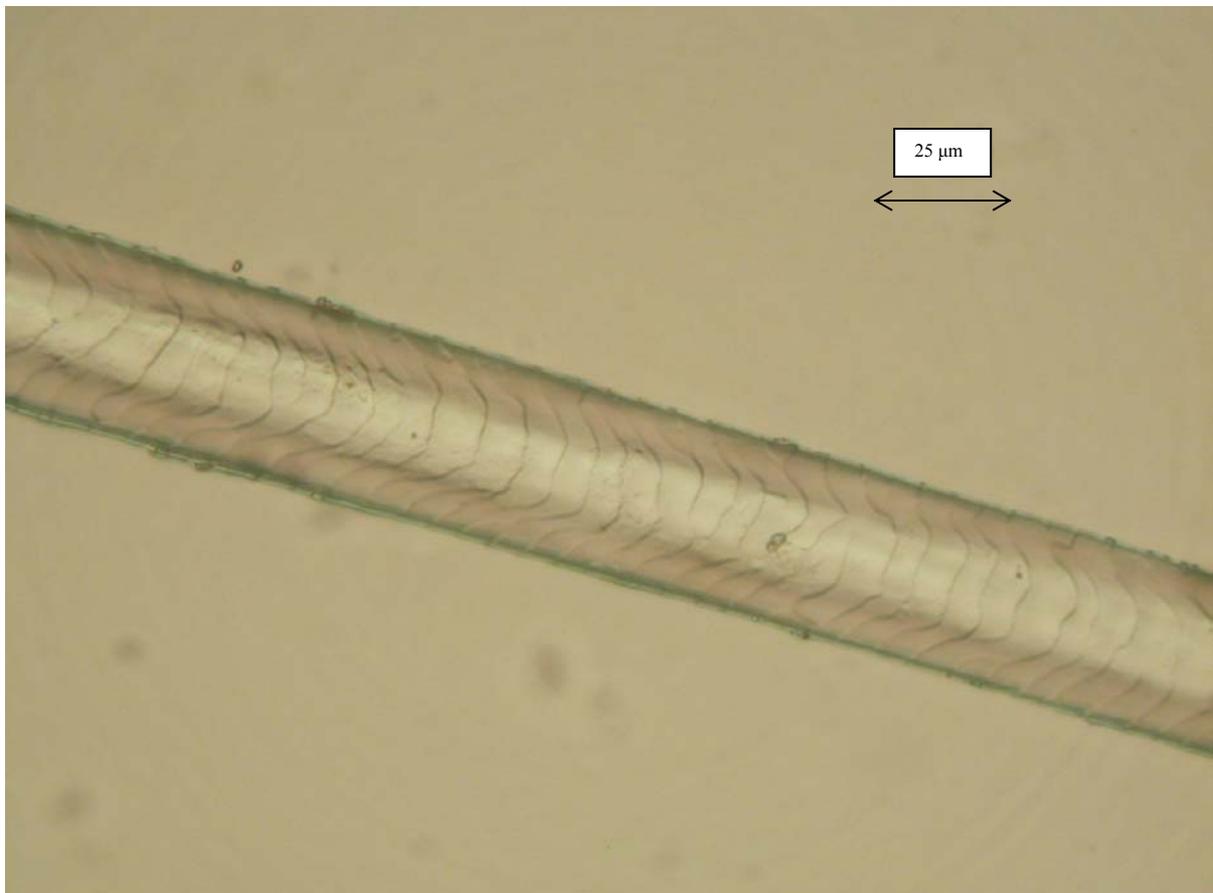
Caractéristiques principales des poils de 12 espèces de micro mammifères susceptibles de vivre dans le Sahara sud-tunisien

Gerbillus campestris
Gerbille champêtre

Caractéristiques principales :



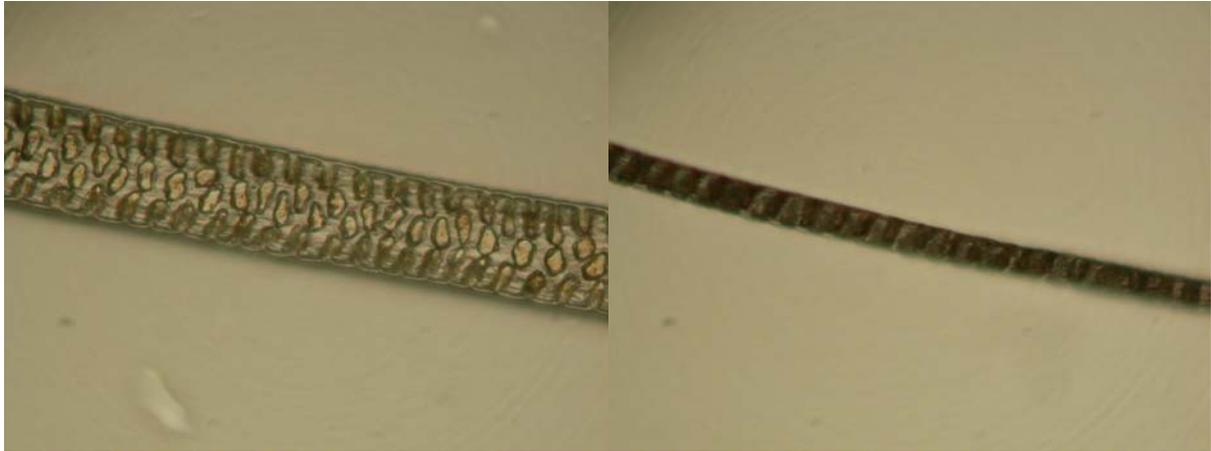
Moelle multisériée



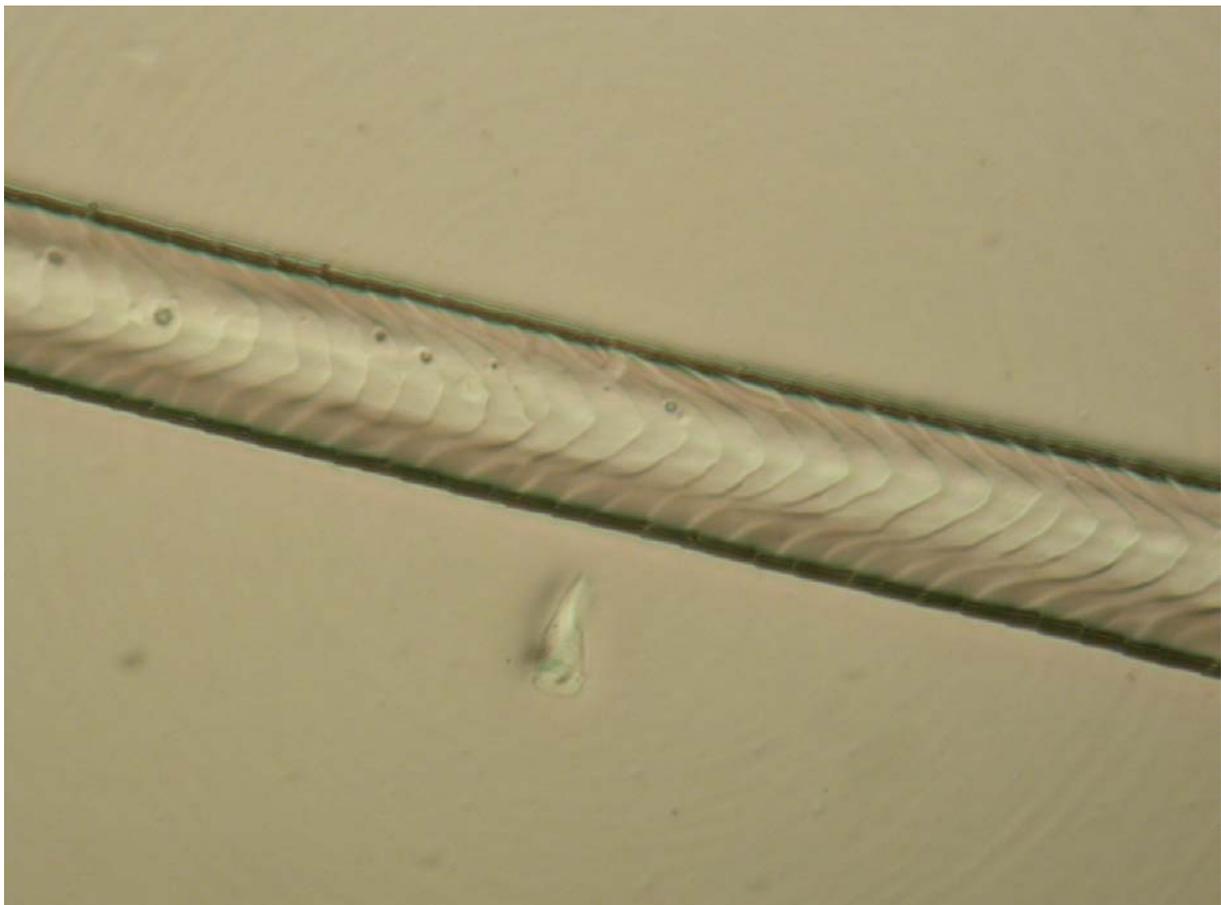
Écailles en vague

Gerbillus gerbillus
Petite Gerbille

Caractéristiques principales :



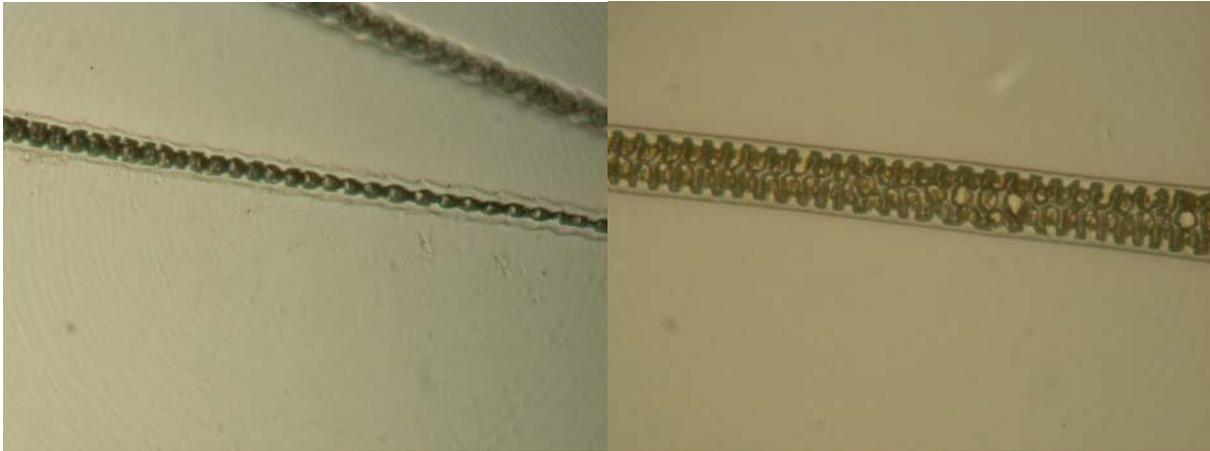
Moelle multisériée



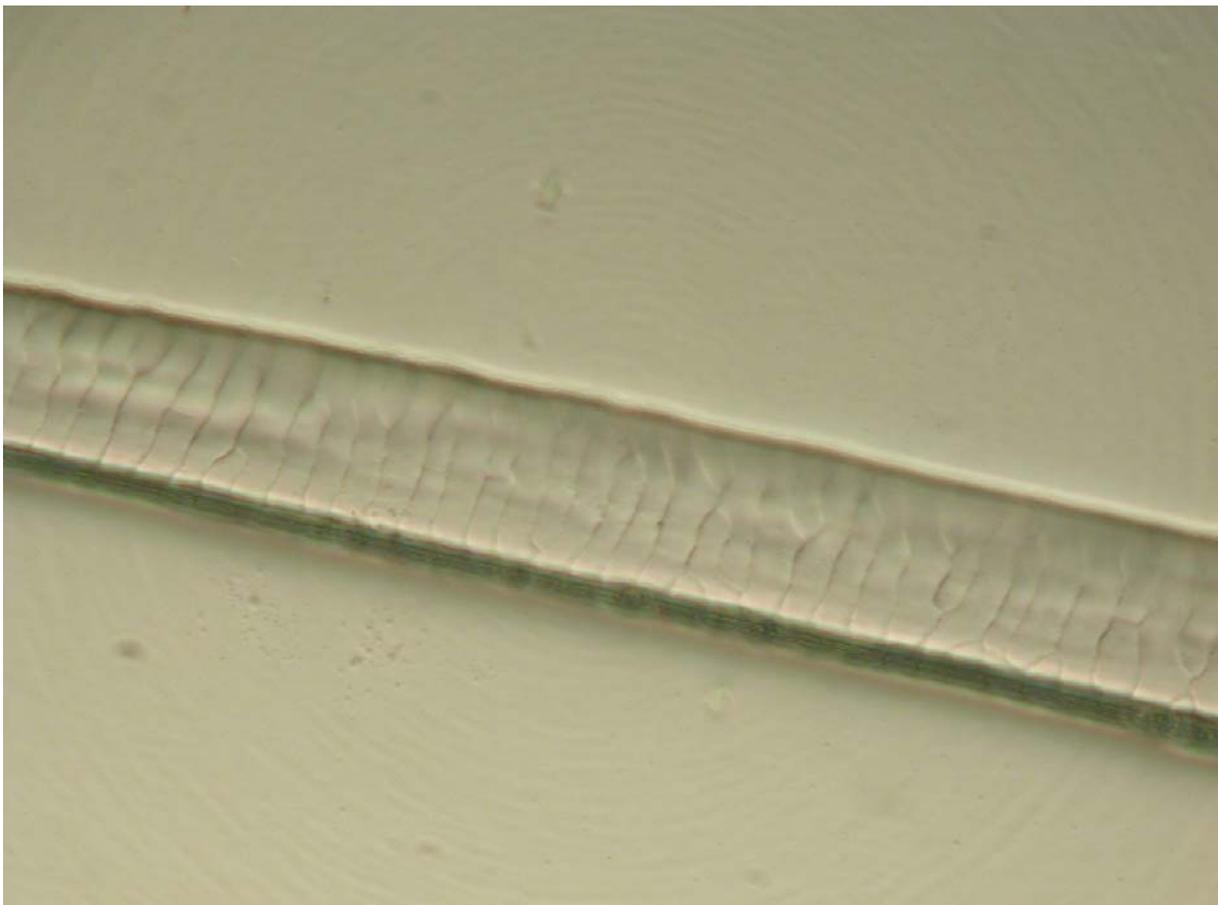
Écailles en vague

Gerbillus henleyi
Gerbille de Henley

Caractéristiques principales :



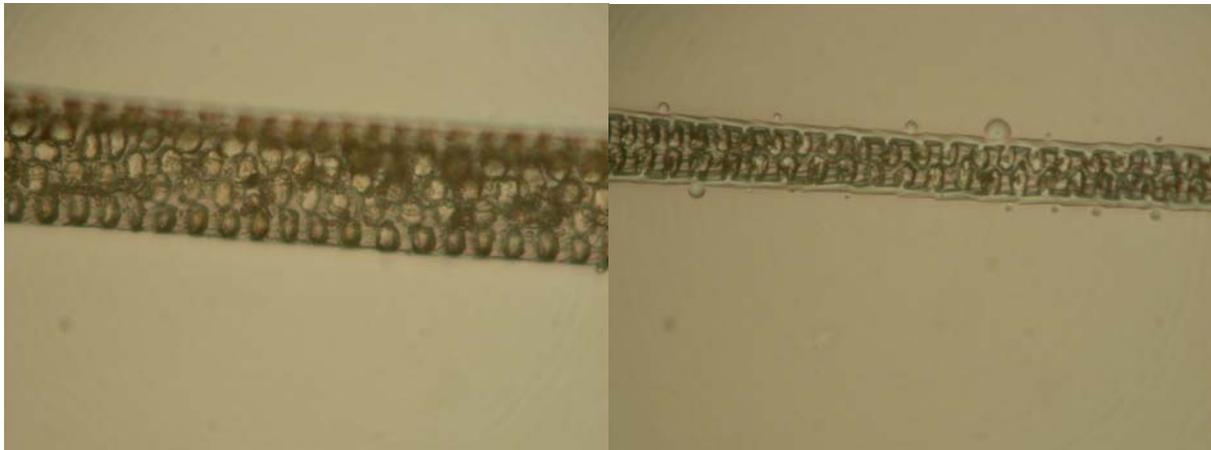
Moelle multisériée



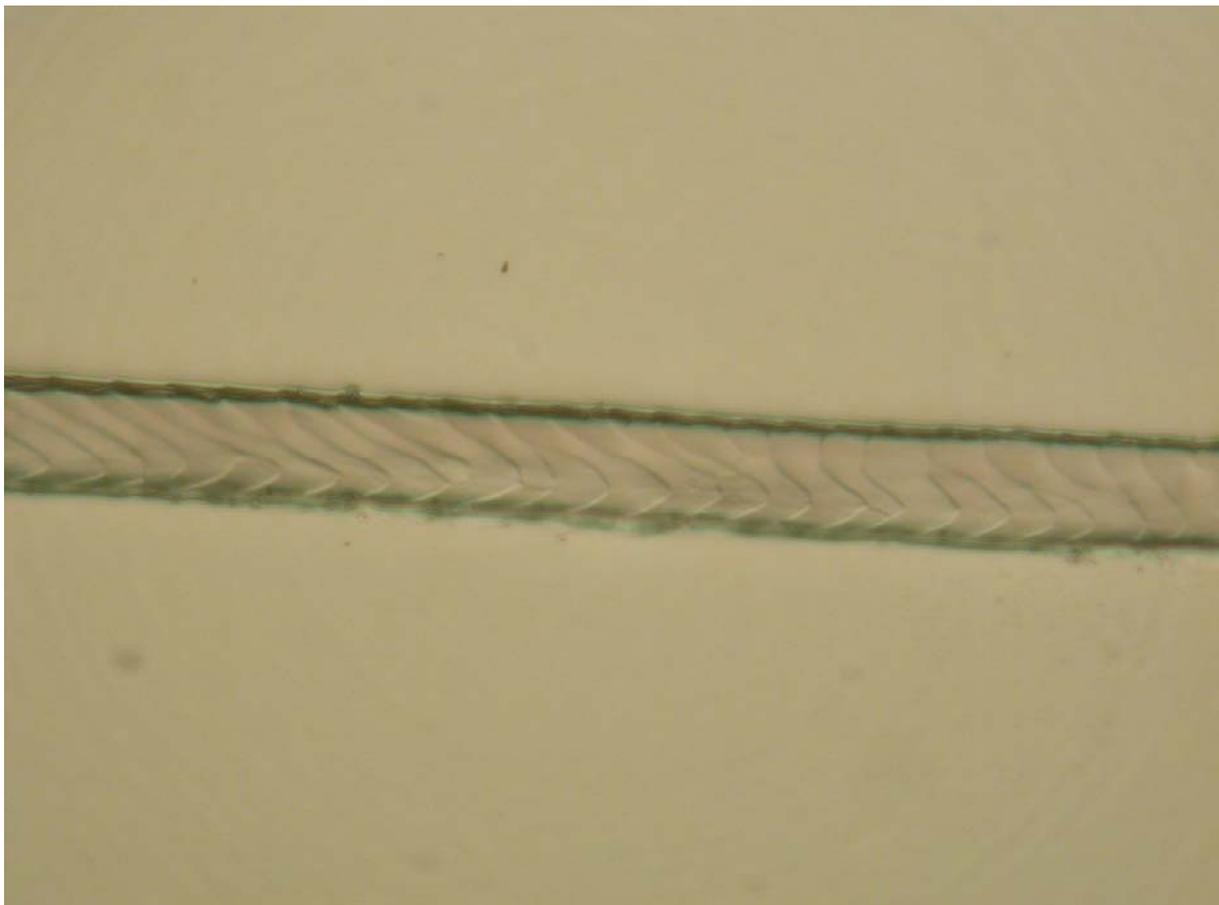
Ecailles pavimenteuses

Gerbillus pyramidium
Grande Gerbille

Caractéristiques principales :



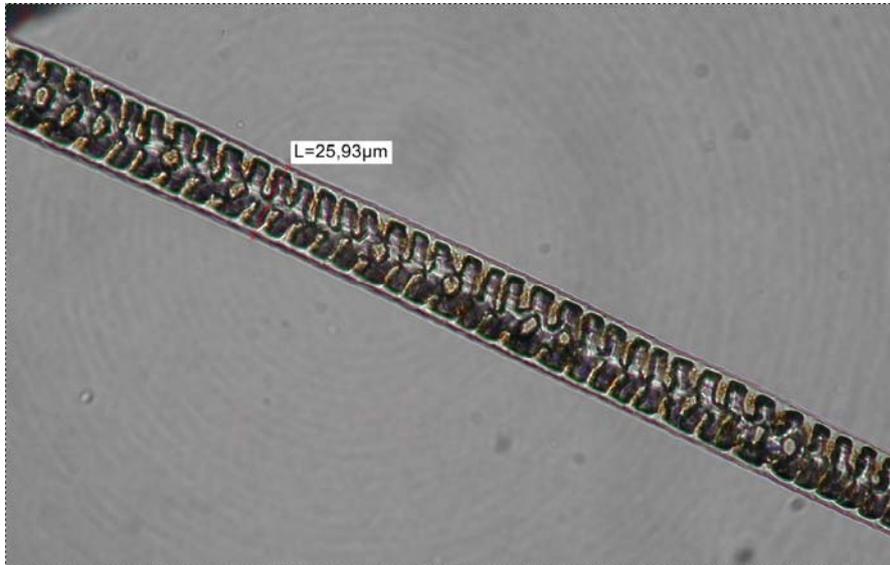
Moelle multisériée



Ecailles en vague

Gerbillus nanus
Gerbille naine

Caractéristiques principales :



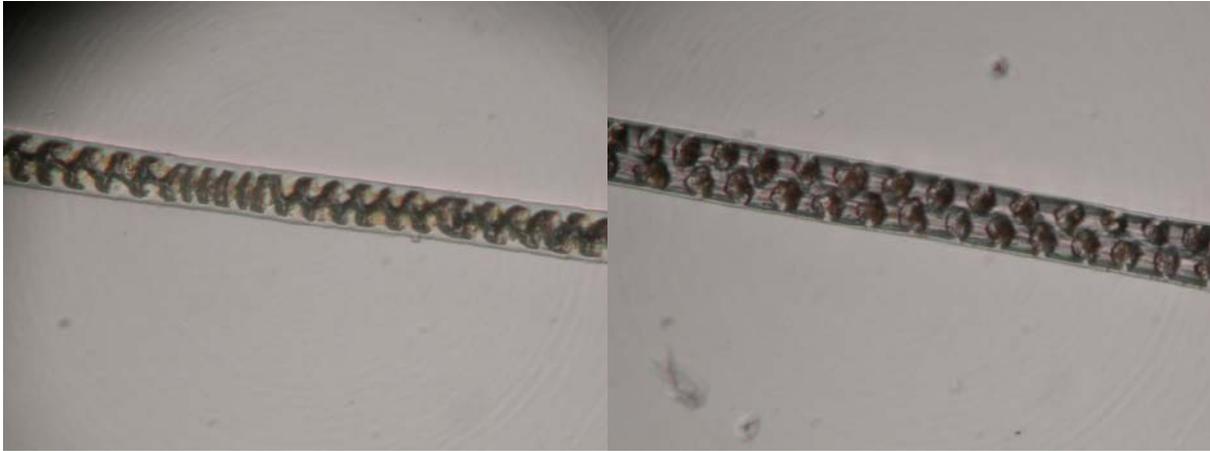
Moelle multisériée



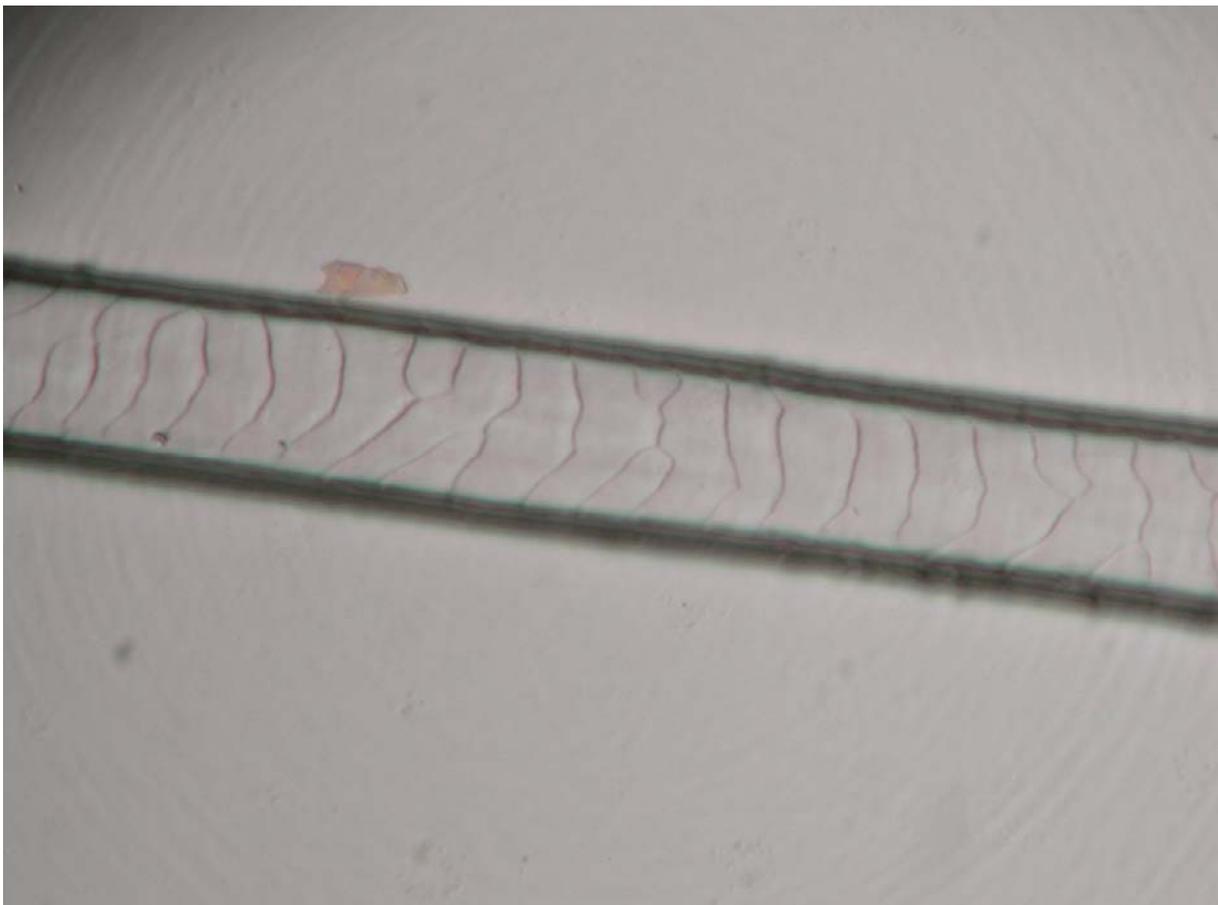
Ecailles pavimenteuses

Jaculus jaculus
Petite Gerboise

Caractéristiques principales :



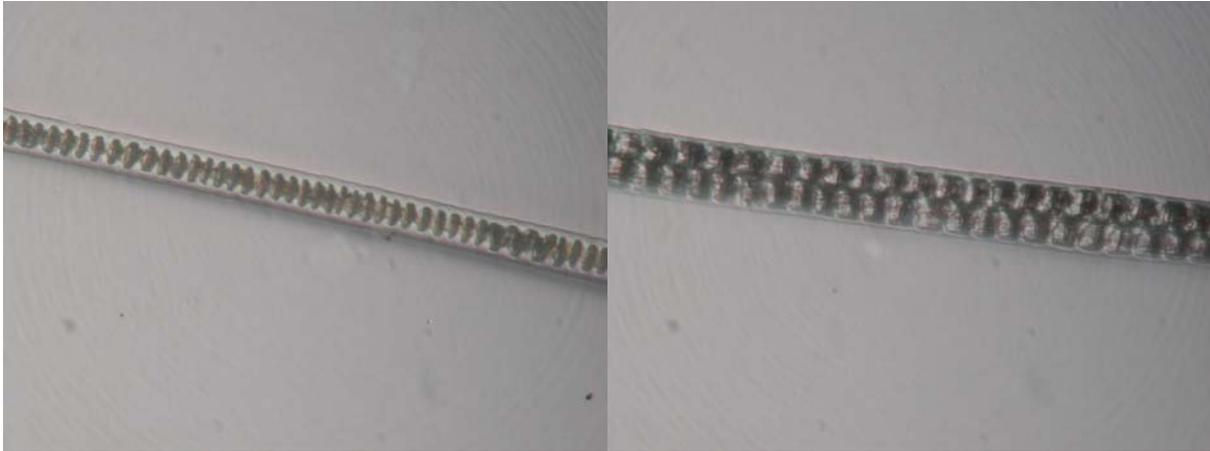
Moelle bisériée



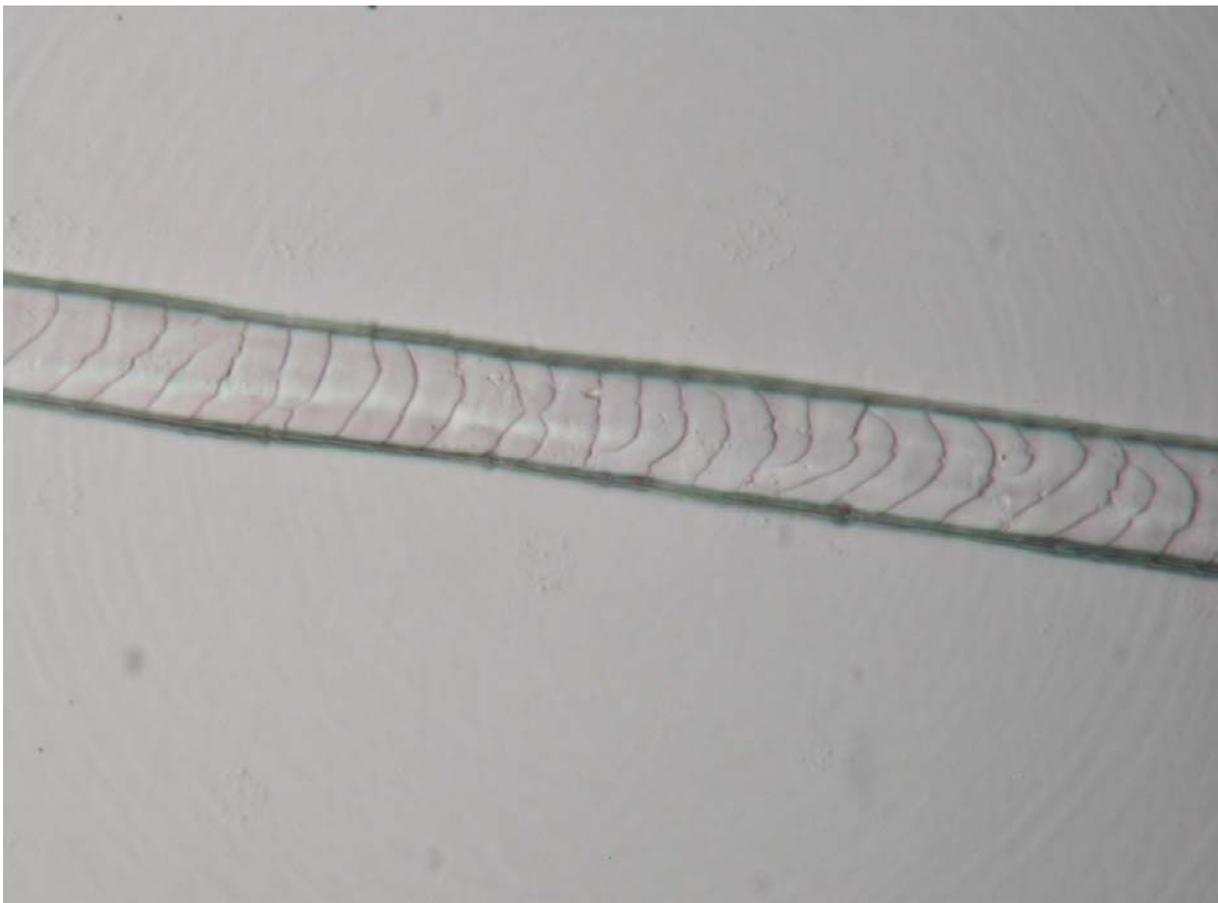
Ecailles pavimenteuses

Jaculus orientalis
Grande Gerboise

Caractéristiques principales :



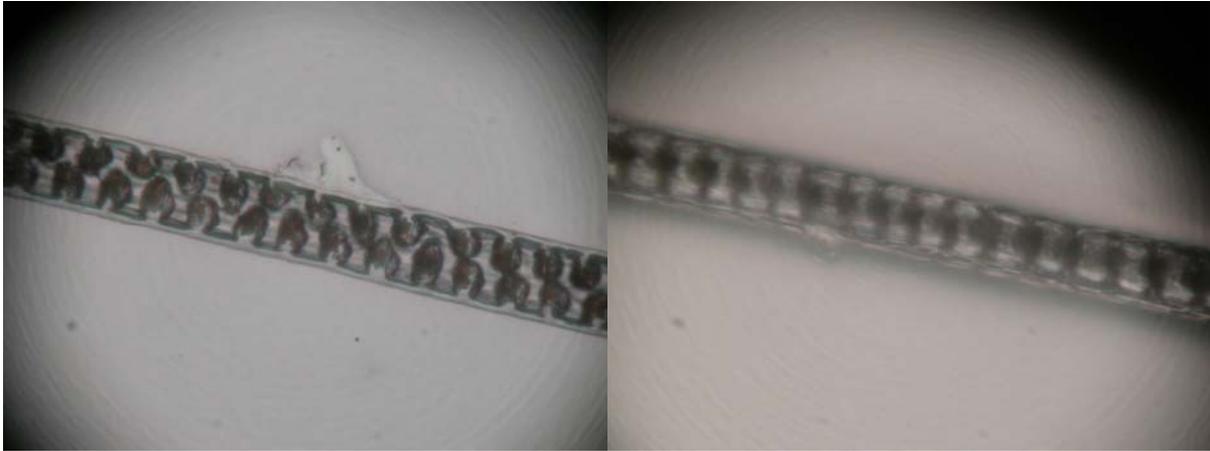
Moelle bisériée



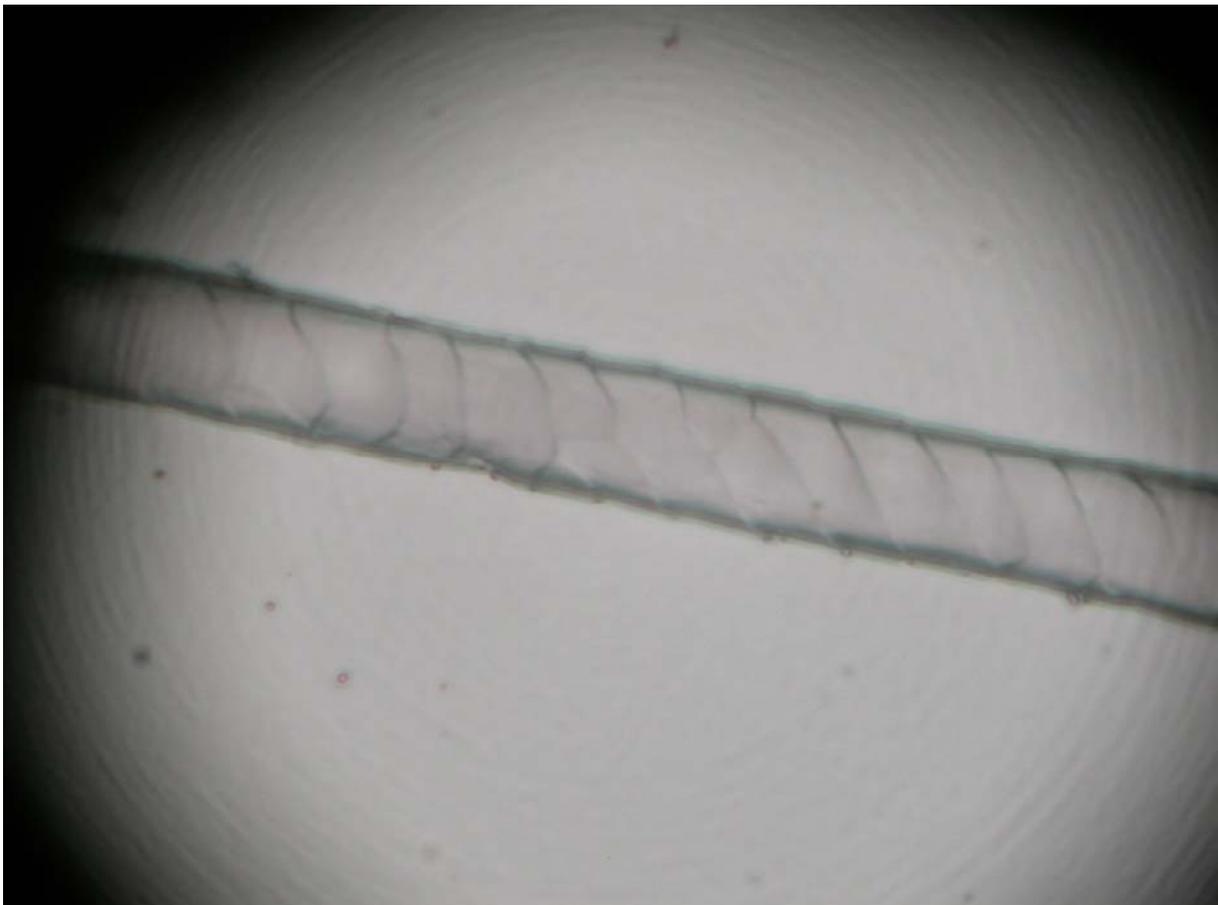
Ecailles pavimenteuses

Meriones shawi
Mérion de Shaw

Caractéristiques principales :



Moelle bisériée



Écailles pavimenteuses

Mériones crassus
Mérion du Désert

Caractéristiques principales :



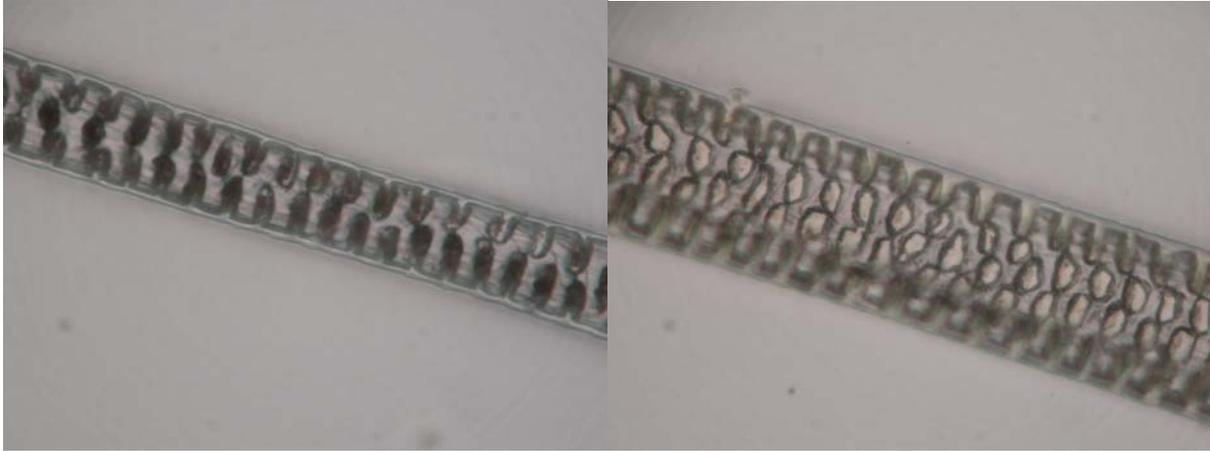
Moelle bisériée



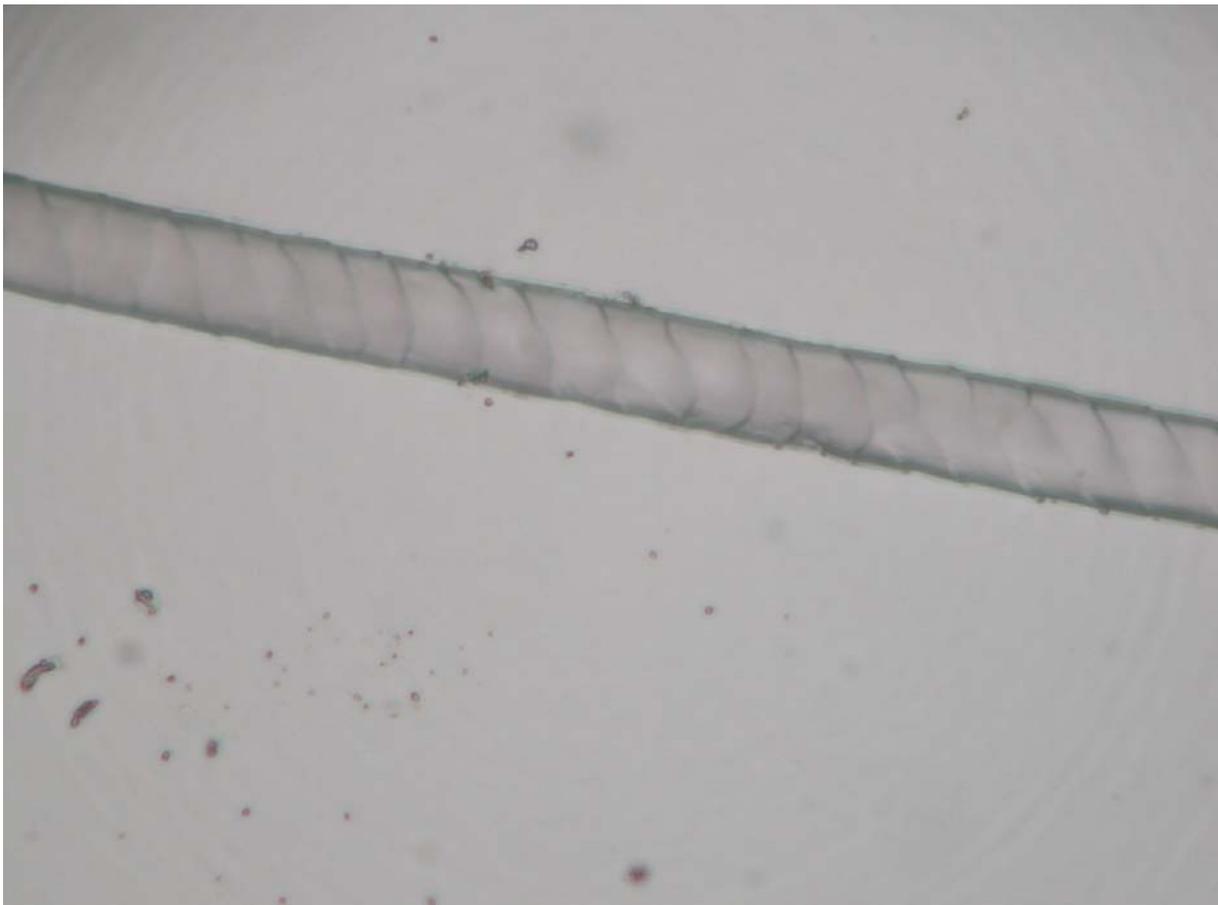
Écailles en vague

Meriones libycus
Mérion de Libye

Caractéristiques principales :



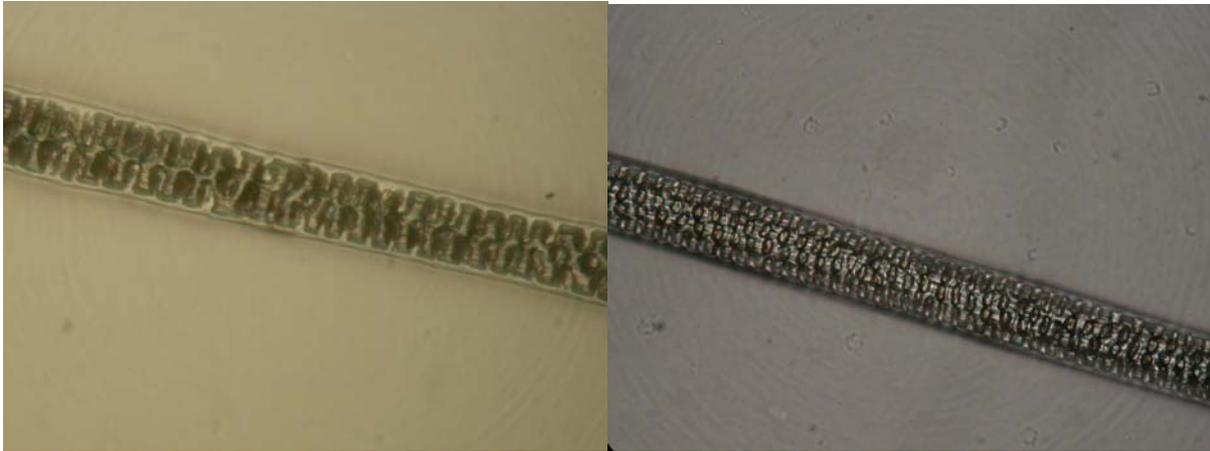
Moelle multisériée



Ecailles pavimenteuses

Pachyuris duprasei
Gerbille à queue en massue

Caractéristiques principales :



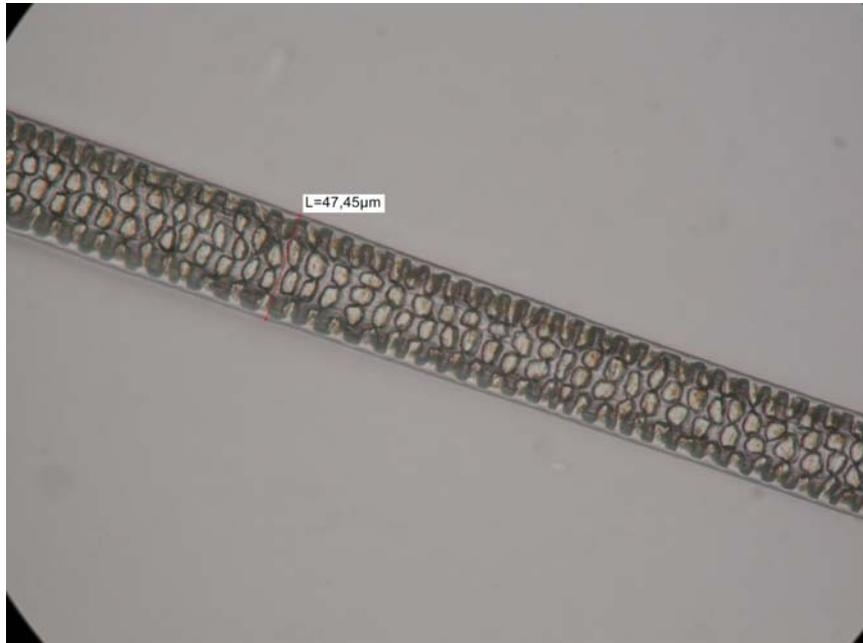
Moelle multisériée



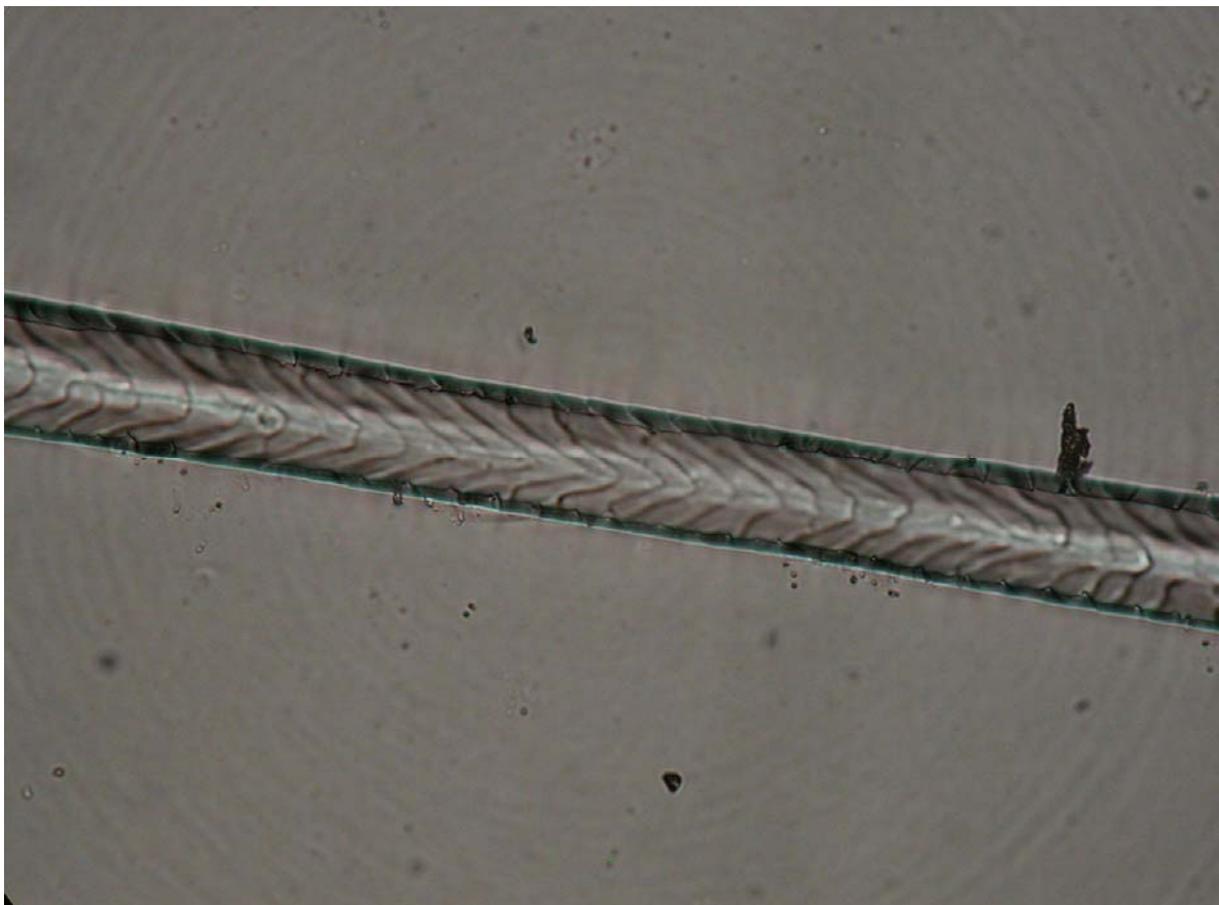
Ecailles en forme de « pic »

Psammomys obesus
Psammomys obèse

Caractéristiques principales :



Moelle multisériée



Ecaille en forme de « pic »

NOM PRENOM : INCORVAIA Gaël

TITRE : ETUDE DES FACTEURS POTENTIELLEMENT LIMITANT DE LA REPARTITION DES FENNECS, *FENNECUS ZERDA*, DANS LE SUD-TUNISIEN

Thèse Vétérinaire : Lyon, le 24 février 2005

RESUME :

Le Fennec est un petit Carnivore du Sahara dont les données sur sa vie dans son milieu naturel sont insuffisantes. Une approche descriptive de la répartition des empreintes du Fennec dans une zone désertique sud d'El Faouar (Gouvernorat de Kébili, Tunisie), correspondant à la partie Nord-Est du Grand Erg Oriental, a été entreprise.

Elle a montré que les milieux sablo-rocailleux et les ergs recouverts de végétation, ainsi que la présence des rongeurs sont des facteurs favorables à la présence des fennecs, alors que la présence humaine est un facteur de rareté des fennecs. En revanche, le rôle joué par les autres Canidés de la région sur la répartition des fennecs n'influence pas significativement leur présence.

Certains aspects favorables des milieux utilisés par le Fennec peuvent s'expliquer par le spectre alimentaire et la nécessité de creuser des terriers : effectivement, le sable constitue un sol meuble facile à creuser et offrant une bonne protection thermique ; les espèces consommées par le Fennec, qui a un régime alimentaire très varié (Arthropodes, Rongeurs, Végétaux, Reptiles) se trouvent principalement aux alentours des arbustes.

La dégradation de l'habitat naturel favorable à la faune sauvage dans la zone d'étude est un sujet de préoccupation pour la conservation de ces milieux naturels.

Les relations entre le Fennec et les autres Canidés restent floues. Les fennecs sont sensibles à de nombreuses maladies infectieuses, mais le milieu n'est pas favorable à leur transmission directe. Toutefois, l'augmentation de la pression humaine peut augmenter les risques de transmission de la rage ou de la maladie de Carré ou de parvoviroses par les Chiens.

MOTS CLES :

- **Fennec**
- **Répartition**
- **Sud-Tunisien**

JURY :

Président :	Monsieur Le Professeur MORIN André
1 ^{er} Assesseur :	Monsieur Le Professeur ARTOIS Marc
2 ^{ème} Assesseur :	Madame Le Professeur EGRON-MORAND Germaine

DATE DE SOUTENANCE : 24 février 2005

**ADRESSE DE L'AUTEUR : Route de Lhuyrieu
01 350 BEON**

