

SOMMAIRE

Avant-propos	1
Résumé	2
ملخص	3
Abstract	4
Liste des figures	5
Liste des tableaux	8
Liste des photos	9
Liste des annexes	10
Liste d'abréviations	11
INTRODUCTION GENERALE	13
CHAPITRE I : DESCRIPTION DU MODELE BIOLOGIQUE	
I.1. Origine et évolution de la famille des Canidés	16
I.2. Phylogénie des Canidés	16
I.3. Systématique et description du Loup doré d'Afrique	17
I.3.1. Taille	18
I.3.2. Morphologie et dimorphisme sexuel	18
I.3.3. Pelage	19
I.3.4. Dentition	19
I.4. Ecologie de l'espèce	20
I.4.1. Habitat et distribution	20
I.4.2. Organisation sociale et reproduction	21
I.4.3. Régime alimentaire	22
I.5. Conflits homme-carnivores	23
I.6. Statut du Loup doré d'Afrique en Algérie	24
CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	
II.1. Milieu physique	25
II.1.1. Situation géographique	25
II.1.2. Aperçu géologique	26
II.1.3. Aperçu pédologique	27
II.1.4. Aperçu topo-morphologique	29
II.1.4.1. Hypsométrie	29
II.1.4.2. Pente	31

II.1.4.3. Exposition	31
II.1.5. Aperçu hydrographique et hydrologique	32
II.2. Climat	33
II.2.1. Station météorologique retenue	34
II.2.2. Paramètres climatiques analysés	34
II.2.2.1. Précipitations	34
II.2.2.2. Températures	35
II.2.2.3. Neige	36
II.2.2.4. Vent	36
II.2.3. Synthèse climatique	36
II.2.3.1. Diagramme ombrothermique	36
II.2.3.2. Quotient pluviothermique d'Emberger	37
II.3. Milieu biotique	38
II.3.1. Diversité floristique	39
II.3.2. Diversité faunistique	40
II.4. Actions anthropiques et aperçu socio-économique	41
II.4.1. Occupation du sol	41
II.4.2. Travaux de génie forestier	42
II.4.3. Agriculture	43
II.4.4. Elevage et pâturage	43
II.4.5. Incendies de forêts	44

CHAPITRE III : ECOLOGIE TROPHIQUE

III.1. Introduction	45
III.2. Méthodologie	45
III.2.1. Reconnaissance et collecte des fèces	46
III.2.2. Période d'enquête et taille d'échantillonnage	46
III.2.3. Traitement des échantillons au laboratoire	46
III.2.4. Détermination des composants alimentaires	47
III.2.5. Détermination de l'âge des proies	48
III.3. Evaluation des données collectées	49
III.3.1. Détermination de la fréquence	49
III.3.2. Calcul de la biomasse	49
III.3.3. Indice de diversité de Shannon	51
III.3.4. Indice d'équitabilité	51

III.3.5. Test d'indépendance du Khi-deux	51
III.4. Résultats	52
III.4.1. Identification moléculaire des crottes	52
III.4.1. Pesée et mensuration des crottes	52
III.4.3. Identification spécifique des proies ingérées	53
III.4.3. Caractéristique du régime alimentaire	54
III.4.5. Proportion des juvéniles dans le régime alimentaire	57
III.4.6. Contribution des animaux domestiques	57
III.4.7. Variation saisonnière du régime alimentaire	58
III.4.7.1. Période estivale	59
III.4.7.2. Période automnale	60
III.4.7.3. Période hivernale	60
III.4.7.4. Période printanière	61
III.4.8. Diversité et équitabilité	62
III.5. Discussion	63

CHAPITRE IV : ETHOLOGIE

IV.1. Introduction	67
IV.2. Méthodologie	67
IV.2.1. Activités	67
IV.2.2. Organisation sociale	69
IV.2.2.1. Observations directes	69
IV.2.2.2. Piégeages photographiques	70
IV.2.2.3. Surveillance acoustique	70
IV.2.3. Abondance, répartition et coexistence avec les carnivores sympatriques	71
IV.3. Analyse des données	73
IV.3.1. Détermination des groupes et de leur densité	73
IV.3.2. Taille des groupes détectés	75
IV.3.4. Analyse factorielle des correspondances (AFC)	75
IV.3.5. Indice de similarité de Sørensen	76
IV.4. Résultats	76
IV.4.1. Activités	76
IV.4.2. Effort d'échantillonnage	77
IV.4.2.1. Surveillance acoustique	77
IV.4.2.2. Caméras pièges et observations directes	78

IV.4.3. Densité des groupes	79
IV.4.4. Taille des groupes	80
IV.4.5. Abondance et coexistence des trois carnivores	81
IV.4.6. Facteurs déterminants la répartition des carnivores	84
IV.5. Discussion	85

CHAPITRE V : DIVERSITE GENETIQUE

V.1. Introduction	89
V.2. Méthodologie	89
V.2.1. Collecte des échantillons	89
V.2.2. Extraction d'ADN	91
V.2.2.1. Premier lot d'échantillons	91
V.2.2.2. Deuxième lot d'échantillons	94
V.2.2.3. Evaluation d'ADN extraite	96
V.2.3. Amplification et séquençage d'ADN mitochondriale	97
V.2.3.1. Amplification	97
V.2.3.2. Evaluation du produit de PCR	98
V.2.3.3. Séquençage	98
V.2.4. Amplification et génotypage des microsatellites	98
V.3. Analyse des données	100
V.3.1. Identification spécifique	100
V.3.2. Analyse phylogénétique	100
V.3.3. Paramètres des microsatellites et diversité génétique	101
V.3.4. Analyse des coordonnées principales	102
V.4. Résultats	102
V.4.1. ADN mitochondriale	102
V.4.2. Arbre phylogénétique	103
V.4.3. Diversité des nucléotides et des haplotypes	105
V.4.4. Succès d'amplification des marqueurs	105
V.4.5. Diversité génétique	106
V.4.6. Structure génétique des populations	108
V.5. Discussion	111

CONCLUSION	115
-------------------	------------

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	117
------------------------------------	------------

ANNEXES	
----------------	--

Avant-propos

La forêt et la biodiversité m'ont constamment attiré. Ma formation à l'Université de Tlemcen, pour l'obtention d'un diplôme d'ingénieur d'Etat en biologie, puis un diplôme de Master en foresterie, m'a fourni les bases scientifiques permettant d'appréhender les milieux naturels.

Parallèlement, le souci de réaliser un travail de recherche ne m'a jamais quitté. Après de nombreuses hésitations, j'ai commencé à constater que la base des données sur les mammifères sauvages en Algérie notamment les carnivores est très limitée. Après avoir eu une bourse doctorale au niveau de l'Université de Tlemcen en 2013, Le sujet proposé par M. MOSTEFAI Noureddine et Koen DE SMET, qui porte sur l'une des espèces emblématiques de l'ordre Carnivora, m'apparaît très intéressant.

De multiples institutions, sociétés et personnes m'ont grandement assisté pour achever ce projet de recherche : je tiens ici à les remercier chaleureusement pour l'assistance qu'ils m'ont fournie.

En particulier, Je tiens à remercier le directeur et codirecteur de thèse, les membres de la société 'North African Big carnivores Stichting', les deux directeurs successifs de la réserve de chasse de Tlemcen : M. GUELLIL Lokman et son successeur M. GHOMRI Ahmed, les chercheurs et les assistants des deux laboratoires de génétique : SENCKENBERG (Allemagne) et CIBIO/InBio (Portugal) et le directeur du muséum d'histoire naturel de Görlitz, M. Hermann ANSORGE.

Je tiens à évoquer également l'aide consentie par le personnel du service technique de la réserve de chasse de Tlemcen pour tous les moments que nous avons passé ensemble sur le terrain.

Un remerciement spécial pour tous mes amis et collègues qui m'ont apporté d'aide de près ou de loin pour achever ce travail.

Résumé

Cette thèse vise comme objectif d'apporter de nouvelles connaissances sur l'écologie trophique, le comportement et l'organisation sociale ainsi que la diversité génétique d'une espèce récemment décrite, le Loup doré d'Afrique (*Canis anthus*).

L'étude du régime alimentaire s'est effectuée dans la réserve de chasse de Tlemcen à partir de l'analyse de 246 crottes collectées durant un cycle annuel. Elle a montré le caractère généraliste et opportuniste chez ce canidé avec une tendance claire de prédation envers les proies de grande taille qui couvrent une biomasse de 65,32%. Le Sanglier (*Sus scrofa*) est la proie la plus consommée avec une fréquence d'occurrence de 28,05% et une biomasse de 41,51%. Les animaux domestiques, notamment les ovins, occupent une part occasionnelle mais relativement importante du spectre alimentaire, raison pour laquelle l'espèce est exposée à la persécution systématique par les chasseurs et les riverains. D'autres types d'aliments comme les fruits et végétaux, reptiles, insectes, oiseaux et déchets organiques sont consommés en faible quantité pour compléter son régime.

Le Loup doré d'Afrique vie en groupes territoriaux dont trois ont été déterminés à l'intérieur de la réserve et quatre à l'extérieur. La taille de ses groupes varie de cinq à huit individus adultes avec une densité estimée à 1,98 groupes/10km². Il partage son territoire avec d'autres espèces sympatriques en particulier la hyène rayée (*Hyaena hyaena*) comme ça été indiqué par les nombreux cas d'overmarking observés le long de l'année.

L'analyse génétique de 51 échantillons de tissus, poils et crottes a confirmé l'existence du Loup doré d'Afrique en Algérie et l'absence du Chacal doré (*Canis aureus*). Elle a montré également une diversité génétique très élevée que ce soit pour le fragment d'ADNmt de la région de commande, qui a fait ressortir 17 haplotypes ou pour le génotypage de microsatellites ($H_o=0,7$; $H_e=0,81$), qui a révélé l'existence de cinq populations dans la partie Nord Algérienne avec des échanges de flux génétiques. L'approche de l'horloge moléculaire appliquée pour un fragment d'ADNmt de 342 bp de trois canidés, a montré que le dernier ancêtre commun entre *C. anthus* et *C. lupus* date depuis 1917 ans, par contre celui entre *C. anthus* et *C. aureus* date de plus de 3100 ans.

Mots clés : *Canis anthus*, *Canis aureus*, écologie trophique, éthologie, diversité génétique, ADNmt, microsatellites, Tlemcen, Algérie.

ملخص

إيكو-إيثو وجيا وتنوع وراثي لذئب ذهبي الأفريقي (كانيس أنتوس) في جزائر

تهدف هذه الأطروحة إلى توفير معارف جديدة عن نظام غذائي، تنظيم الاجتماعي و تنوع وراثي نوع من الثدييات وصف مؤرا، لذئب ذهبي الأفريقي (كانيس أنتوس) أجريت دراسة نظام غذائي لذئب ذهبي الأفريقي على مستوى محمية صيد بتلمسان من لال تحليل 246 من فضلات التي جمعت لال دورة سنوية. أظهرت نتائج طابع عام والانتهازي هذا نوع مع ميول واضح نحو فرائس كبيرة التي تغطي كتلة حيوية مقدرة ب 65.32%. خنزير بري (سيسس سكروفا) هو فريسة الأكثر استهلاكاً بوتيرة 28.05% وكتلة حيوية مقدرة ب 41.51%. حيوانات الأيفة، و خاصة الأغنام، مثلت حصة معتبرة من طيف غذائي، وهذا ما رجحناه كسبب تعرض هذا نوع لاضطهاد من قبل صيادين وسكان محليين. فواكه، خضروات، أزواحف، حشرات، طيور و نفايات عضوية تم إستهلاكها بكميات صغيرة تكملة نظامه الغذائي

أثبتت هذه دراسة أن لذئب ذهبي الأفريقي يعيش في مجموعات إقليمية حيث تم تحديد ثلاثة منها دل محمية وأربعة أرجها. تراوح عدد أفراد مجموعة بين 5 و 8 ذئاب بالغين أين قدرة كثافة مجموعات ب 1.98 مجموعة / 10 كم². ذئاب تشترك أراضيها مع أنواع أخرى من آكلات لحوم و على وجه خصوصاً ضبع مخطط (هيينا هيينا) كما بين في العديد من الحالات التي وحظت طوال فترة الدراسة.

أكد تحليل وراثي ل 51 عينة من الأنسجة، شعر و فضلات وجود لذئب ذهبي الأفريقي في جزائر و غياب ابن أوى ذهبي (كانيس أوربوس). أظهرت نتائج تنوع وراثي مرتفع جدا سواء على مستوى جزء منطقة تحكم لحمض نووي الذي كشف عن 17 هابلوتيبس أو على مستوى تنميط جيني ميكروساتليت (هو = 0.7، و = 0.81)، والتي فصلت مس مجموعات في جزء شمالي من جزائر مع وجود تبادل لتدفقات جينية فيما بينها. أظهر نهج ساعة جزيئية مطبقة على جزء من حمض نووي (342 بب) خا بثلاث أنواع أن سلف مشترك الأير بين كانيس أنتوس و كانيس وبوس يعود إلى 1917 سنة، في حين أنه بين كانيس أنتوس و كانيس أوربوس قدر بأكثر من 3100 سنة

كلمات مفتاحية: كانيس أنتوس، كانيس أوربوس، بيئة غذائية، سلوكات، تنوع وراثي، حمض نووي، ميكروساتليت، تلمسان، جزائر

Abstract

Eco-ethology and genetic diversity of the African golden wolf (*Canis anthus*) in Algeria

This thesis aims to provide new knowledge on the trophic ecology, behavior and social organization as well as the genetic diversity of a recently described canid species, the African golden wolf (*Canis anthus*).

The study of the diet composition was carried out in the Tlemcen hunting reserve by the analysis of 246 scats collected during an annual cycle. The results showed the generalist and opportunistic character of this canid with a clear tendency of predation towards large prey which cover a biomass of 65.32%. Wild boar (*Sus scrofa*) is the most consumed prey with a frequency of occurrence of 28.05% and a biomass of 41.51%. Domestic animals, especially sheep, occupy an occasional part but relatively important in the food spectrum, which exposed the species to a systematic persecution by hunters and local residents. Other foods such as fruits and vegetables, reptiles, insects, birds and organic waste are consumed in small amounts to complete its diet.

The African golden wolf lives in territorial groups of which three were determined inside the reserve and four outside. The size of its groups varies from five to eight adult individuals with an estimated density of 1.98 groups/10km². The species shares its territory with other sympatric species in particular the Striped hyena (*Hyaena hyeana*) as indicated by many cases of overmarking observed throughout the year.

Genetic analysis of 51 samples of tissue, hairs and scat samples confirmed the existence of the African golden wolf in Algeria and the absence of the Golden jackal (*Canis aureus*). It also showed a very high genetic diversity for either the mtDNA control region fragment, which resulted in 17 haplotypes or for microsatellite genotyping ($H_o = 0.7$, $H_e = 0.81$), which revealed the existence of five populations in the northern part of Algeria with presence of gene flow. The molecular clock approach applied for mtDNA fragment (342 bp) of three canid species showed that the most recent common ancestor between *C. anthus* and *C. lupus* dates from 1917 years ago, whereas that between *C. anthus* and *C. aureus* is more than 3100 years ago.

Key words : *Canis anthus*, *Canis aureus*, trophic ecology, ethology, genetic diversity, mtDNA, microsatellites, Tlemcen, Algeria.

Liste des figures

Figure 1 : Arbre phylogénétique basé sur l'analyse de vingt segments de gènes nucléaires	17
Figure 2 : Air de répartition des deux espèces de canidés, <i>C.anthus</i> et <i>C.aureus</i> (Koepfli et al., 2015)	21
Figure 3 : Carte représentative de la persécution humaine contre les carnivores (empoisonnement, capture et tir) (Ripple et al., 2014)	23
Figure 4 : Carte de situation géographique de la réserve de chasse de Tlemcen et délimitation par commune (Eddine et al., 2017)	26
Figure 5 : Carte géologique de la réserve de chasse de Tlemcen (Source : RCT, modifiée par Eddine)	28
Figure 6 : Carte pédologique de la réserve de chasse de Tlemcen (Source : RCT, modifiée par Eddine)	30
Figure 7 : Carte hypsométrique de la réserve de chasse de Tlemcen (Originale, 2015)	30
Figure 8 : Carte des pentes de la réserve de chasse de Tlemcen (Originale, 2015)	31
Figure 9 : Carte des expositions de la réserve de chasse de Tlemcen (Originale, 2015)	32
Figure 10 : Carte du réseau hydrographique et ressources hydrique de la RCT (Originale, 2015)	33
Figure 11 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la RCT (AP : Ancienne période et NP : Nouvelle période)	37
Figure 12 : Climagramme pluviothermique d'Emberger (Q2) (originale, 2016)	38
Figure 13 : Carte de la végétation de la RCT (Babali, 2014, modifiée par Eddine)	40
Figure 14 : Spatio-carte (CC 542, Landsat 8) de la région de la RCT (la ligne blanche représente la clôture de la réserve) (Originale, 2016)	42
Figure 15 : Réseau d'infrastructure routière au niveau de la RCT (Originale, 2015)	43
Figure 16 : Distribution des échantillons collectés au sein de la RCT	52
Figure 17 : Nombre d'items par crotte du Loup doré d'Afrique	53
Figure 18 : Fréquences d'occurrence des différentes catégories de proies (Ma : Mammifères, Oi : Oiseaux, In : Insectes, Re : Reptiles, Fr : Fruits et végétaux, De : Déchets et It : Items indéterminés)	55
Figure 19 : Biomasse des différentes catégories de proies ingérées par le Loup doré d'Afrique dans la RCT	55
Figure 20 : Proportion des juvéniles et adultes de sanglier dans le spectre alimentaire du Loup doré d'Afrique au niveau de la RCT	57



Figure 21 : Biomasse des grands types d'aliments ingérés par le Loup doré d'Afrique dans RCT	58
Figure 22 : Variations saisonnières du régime alimentaire du Loup doré d'Afrique dans la RCT	59
Figure 23 : Composition du régime alimentaire du Loup doré d'Afrique en période estivale (Ma : Mammifères, Oi : Oiseaux, In : Insectes, Re : Reptiles, Fr : Fruits et végétaux, De : Déchets et It : Items indéterminés)	60
Figure 24 : Composition du régime alimentaire du Loup doré d'Afrique en période automnale (Ma : Mammifères, Oi : Oiseaux, In : Insectes, Re : Reptiles, Fr : Fruits et végétaux, De : Déchets et It : Items indéterminés)	61
Figure 25 : Composition du régime alimentaire du Loup doré d'Afrique en période hivernale (Ma : Mammifères, Oi : Oiseaux, In : Insectes, Re : Reptiles, Fr : Fruits et végétaux, De : Déchets et It : Items indéterminés)	61
Figure 26 : Composition du régime alimentaire du Loup doré d'Afrique en période printanière (Ma : Mammifères, Oi : Oiseaux, In : Insectes, Re : Reptiles, Fr : Fruits et végétaux, De : Déchets et It : Items indéterminés)	62
Figure 27 : Richesse spécifique, Indice de diversité de Shannon et Indice d'équitabilité des proies ingérées par le Loup doré d'Afrique dans la RCT (2014-2015)	62
Figure 28 : Répartition des points appelants dans la RCT (Originale, 2017)	71
Figure 29 : Répartition des transects réalisés dans la RCT (Originale, 2015)	73
Figure 30 : Spectre d'activité journalière du Loup doré d'Afrique dans la RCT (2014 – 2015)	77
Figure 31 : Taux de réponses cumulatives du Loup doré d'Afrique aux diffusions consécutives	78
Figure 32 : Taux de capture des différentes espèces par les caméras pièges	79
Figure 33 : Répartition des groupes du Loup doré d'Afrique à l'intérieur et à l'extérieur de la RCT	80
Figure 34 : Projection sur les deux premiers axes de l'analyse factorielle des correspondances des stations, des variables et des 3 espèces de carnivores (GP : Grandes proies, PP : Petites proies, P Hum : Présence humaine, T Cou : Taux de couverture, H Veg : Hauteur de végétation, PE : Points d'eau, Ta : Tanières et De : Décharge)	85
Figure 35 : Carte de distribution des points de prélèvement des échantillons	91
Figure 36 : Programme des thermo-cycleurs pour les cinq mixtes des marqueurs utilisés	100
Figure 37 : Gel d'électrophorèse sous un rayonnement ultraviolet	103

Figure 38 : Chronogramme estimé à partir de l'analyse du fragment de la région de commande (344 bp) de 36 individus de <i>C. anthus</i> , un <i>C. lupus</i> et trois <i>C. aureus</i> à l'aide d'une horloge moléculaire décontractée, l'échelle est en année	104
Figure 39 : Réseau d'haplotypes basé sur un alignement de 344 pb de de la région de commande (la taille du cercle présente le nombre d'individus par haplotype)	105
Figure 40 : Distribution spatiale des haplotypes identifiés en Algérie (la taille des cercles indique le nombre d'individus par haplotype)	106
Figure 41 : Distribution des individus par population (les deux graphiques représentent le L(k) et ΔK)	109
Figure 42 : Distribution géographique et flux génétique des cinq populations déterminées dans le Nord Algérien	110
Figure 43 : Analyses des coordonnées principales des 22 individus de <i>Canis anthus</i>	110

Liste des tableaux

Tableau 1 : Superficie de la réserve de chasse par commune et taux d'occupation	26
Tableau 2 : Caractéristiques des stations de Hafir et Beni Bahdel	34
Tableau 3 : Précipitations moyennes mensuelles extrapolées pour la RCT	35
Tableau 4 : Régime saisonnier au niveau de la RCT	35
Tableau 5 : Températures mensuelles enregistrées au niveau de Hafir et Beni Bahdel	36
Tableau 6 : Valeur de Q2 et étage bioclimatique de la RCT	38
Tableau 7 : Coefficient de digestibilité spécifique des différentes catégories alimentaires	50
Tableau 8 : Composition du régime alimentaire du Loup doré d'Afrique (<i>C. anthus</i>) dans la RCT (Fi%: fréquence d'occurrence, Fr%: fréquence relative d'occurrence, BM%: proportion de la biomasse, N: nombre des crottes analysées, n: nombre d'apparition des items alimentaires)	56
Tableau 9 : Résultats généraux de l'enquête acoustique (SA : Station Appelante)	77
Tableau 10 : Captures des caméras pièges et taux de détection du Loup doré d'Afrique au sein de la RCT	78
Tableau 11 : Nombre d'individus estimés par groupe avec les trois méthodes à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve (SA : Surveillance acoustique, CP : Caméra piège, OD : Observation)	81
Tableau 12 : IKA des trois carnivores sympatriques au niveau de la RCT (2014-2015) (LDP : Loup doré d'Afrique, HR : Hyène rayée, RR : Renard roux)	83
Tableau 13 : ISS entre les trois carnivores sympatriques au niveau de la RCT	84
Tableau 14 : Liste des marqueurs microsatellites sélectionnés par mixte	99
Tableau 15 : Comparaison de deux modèles par AICM, S.E, estimé à partir de répliques bootstrap (= 10 dans notre application)	104
Tableau 16 : Liste des marqueurs amplifiés avec succès, le nombre d'allèles et leur gamme allélique	107
Tableau 17 : Paramètres de la diversité génétique issus des 31 locus microsatellites (Ho : Hétérozigosité observée; He : Hétérozigosité attendu, F _{ix} : Indice de fixation)	108
Tableau 18 : Analyse de la différenciation génétique par paire pour les cinq populations du Loup doré d'Afrique	111

Liste des photos

Photo 1 : Le Loup doré d’Afrique capturé par une caméra piège dans la réserve de chasse de Tlemcen montrant le museau, le noir de la queue et l’écartement des oreilles (Cliché Eddine, 2016)	19
Photo 2 : Caractéristiques phénotypiques et couleur du pelage de <i>Canis anthus</i> dans la RCT (A : +/- rougeâtre, B : brunâtre, C : grisâtre, D : doré) (Cliché, Eddine, 2014, 2015, 2016)	20
Photo 3 : Cheptel ovin à l’intérieur de la RCT (Cliché Eddine, 2014)	44
Photo 4 : Tri d’items alimentaires non digérés (Originale, 2015)	47
Photo 5 : Poil de <i>Sus scrofa</i> (G : 10x40)	48
Photo 6 : Poil de <i>Bos taurus</i> (G : 10x40)	48
Photo 7 : Caméra piège modèle Ltl Acorn 5210A fixé sur un tronc d’arbre	68
Photo 8 : Deux groupes distincts de Loup doré d’Afrique au sein de la RCT, A) Pendant la journée, B) La nuit au tour d’un cadavre	79
Photo 9 : Groupe G1 avec quatre chiots de l’année 2017	81
Photo 10 : Empreintes des trois grands carnivores dans la RCT A) Renard roux, B) Loup doré d’Afrique, C) Hyène rayée	82
Photo 11 : Crotte du Loup doré d’Afrique	82
Photo 12 : Crotte de la Hyène rayée	82
Photo 13 : Overmarking au niveau de la RCT A) Crotte du Loup doré d’Afrique (noire) au dessus de celle de la Hyène rayée (blanche), B) Crottes de 2 individus du Loup doré d’Afrique	83
Photo 14 : Cage de capture	90
Photo 15 : Brosse fixée sur un tronc d’arbre	90
Photo 16 : Piège à fils barbelé	90
Photo 17 : Cadavre de Loup doré d’Afrique	90
Photo 18 : Incubateur avec plaque mobile	92
Photo 19 : Préparation du Column	92
Photo 20 : QIAcube avec ses principales composantes	93
Photo 21 : Extraction d’ADN à partir des crottes dans une salle isolée et protégée contre la contamination (originale, 2016)	96

Liste des annexes

Annexe 1 : Mensurations corporelles de 36 individus du loup doré d'Afrique

Annexe 2 : Tableau de contingence des variables prélevées au niveau de la RCT

Annexe 3 : Spectre d'activité journalière du Renard roux et l'Hyène rayée au sein de la RCT (2014-2015)

Annexe 4 : Spectre d'activité journalière par saison du Loup doré d'Afrique au sein de la RCT (2014-2015)

Annexe 5 : Graphe d'inertie des axes choisis par l'AFC

Annexe 6 : Composants et quantités des produits utilisés dans la préparation de L6 et L2

Annexe 7 : Préparation de la solution de Silice

Annexe 8 : Distance génétique entre les échantillons analysés

Annexe 9 : Les allèles propres estimés pour chaque individu

Annexe photos :

Photo 1 : Structure d'un poil de Cerf daim (*Dama dama*) où A) G (10*10) et B) G (10*40)

Photo 2 : Structure d'un poil de Lapin de garenne (*Oryctolagus cuniculus*), dont A) G (10*10) et B) G (10*40)

Photo 3 : Structure d'un poil de Genette (*Genetta genetta*) G (10*40)

Photo 4 : Structure d'un poil de Chat sauvage (*Felis lybica*) G (10*40)

Photo 5 : Structure d'un poil de Sanglier (*Sus scrofa*) G (10*40), dont A) centre du poil et B) vers l'extrémité

Photo 6: Structure d'un poil de la hyène rayée (*Hyaena hyaena*) G (10*40)

Photo 7 : Structure d'un poil du Loup doré d'Afrique (*Canis anthus*) G (10*10)

Photo 8 : Cadavre d'un Loup doré d'Afrique attaché sur un poteau d'électricité à côté d'une ferme, région de Sidi Abdeli

Photo 9 : Hyène rayée et son petit capturés pendant la journée par caméra piège au sein de la RCT

Photo 10 : Hyène rayée et Loup doré d'Afrique autour d'un cadavre de vache capturé par caméra piège au sein de la RCT

Liste d'abréviations

AB : Applied Biosystems ;
AICM : Akaike Information Criterion Model ;
ACoP : Analyse des Coordonnées Principales ;
ACP : Analyse des composantes principales ;
ADN : Adénosine Désoxiribo Nucléique ;
AFC : Analyse Factorielle des Correspondances ;
AP : Ancienne Période ;
ARN : Adénosine Ribo Nucléique ;
BM : Biomasse ;
CC : Composition Colorée ;
DEM : Digital Elevation Model ;
dNTP : désoxy-Nucléotide Tri-Phosphates ;
E : Indice d'équitabilité ;
Fi : Fréquence d'occurrence ;
Fr : Fréquence relative ;
GPS : Global Position System ;
H' : indice de diversité de Shannon ;
He : Hétérozygoté attendue ;
Ho : Hétérozygoté observée ;
HPAE : Hiver, Printemps, Automne, Été ;
HWE : Hardy-Weinberg Equilibrium ;
IKA : Indice Kilométrique d'Abondance ;
ISS : Indice de Similarité de Sørensen ;
LD : Linkage Disequilibrium ;
M : Température maximale ;
m : Température minimale ;
MEA : Millennium Ecosystem Assessment ;
Ma : Millions d'années ;
MCMC : Markov Chain Monte-Carlo ;
MEGA : Molecular Evolutionary Genetic Analysis ;
ML : Maximum Likelihood ;
MNT : Modèle Numérique du Terrain ;

NCBI : National Center for Biotechnology Information ;
NP : Nouvelle période ;
ONM : Office National de la Météorologie ;
P : Précipitation ;
PCR : Réaction en Chaîne par Polymérase ;
RCT : Réserve de Chasse de Tlemcen ;
SA : Stations Appelantes ;
SIG : Système d'Information Géographique ;
T : Température moyenne mensuelle ;
TBE : Tris Borate EDTA ;
TMRCA: Time of the Most Recent Common Ancestor ;
TPF : Tranchés par feux ;
tpm : tour par minute ;
UICN : Union International pour le Conservation de la Nature.

INTRODUCTION GENERALE

Rapport-Gratuit.com

Introduction générale

L'érosion de la biodiversité est devenue, depuis le sommet de la terre de Rio de Janeiro en 1992 sur la diversité biologique, une préoccupation mondiale qui inquiète tous les états et tous les groupes sociologiques, scientifiques, politiciens, décideurs, gestionnaires, organisations...etc.

Selon le rapport établie par le *Millennium Ecosystem Assessment* (MEA) en 2005, au cours des 50 dernières années, l'homme a généré des modifications au niveau des écosystèmes de manière plus rapide et plus extensive que sur aucune autre période comparable de l'histoire de l'humanité, en grande partie pour satisfaire une demande croissante rapide en matière de nourriture, d'eau douce, de bois de construction, de fibre, et en énergie. Ce qui a eu pour conséquence une perte substantielle de la biodiversité dont une forte proportion souvent irréversible.

En dépit de l'importante prise de conscience internationale chez les sociétés humaines et les mesures prises par les leaders et organisations du monde pour réduire le taux de perte de la biodiversité, cette dernière continue à s'éroder. En effet, les espèces animales n'ont jamais été autant en danger, elles disparaissent les unes après les autres à un rythme anormalement élevé (Roche, 2016). Se basant sur les scénarios d'usage des terres (expansion, intensification) élaborés par le MEA (2005), Teyssèdre & Couvet (2007) ont estimé que l'avifaune mondiale pourrait se réduire de 12 à 18% de 2000 à 2050 en nombre d'individus, une réduction qui doit en outre se traduire à terme par un déclin du nombre d'espèces.

Pour ralentir le rythme de perte de la biodiversité, Diaz et *al.* (2006) préconisent de connaître le plus précisément possible : 1) Qu'est ce qui existe sur terrain ?, 2) Comment le qualifier et le quantifier ?, 3) Comment chaque aspect de la diversité biologique est distribuée dans l'espace et le temps ?, 4) Quels types d'interactions existent entre les entités biologique ? et 5) Comment la biodiversité va survivre dans le future avec une influence humaine minimale ?

L'Afrique du Nord-ouest est l'une des régions qui mérite d'être investiguée par des recherches écologiques car d'une part, elle constitue un carrefour biogéographique entre les régions paléarctique et afro-tropicale (Olson et *al.*, 2001) et, d'autre part, elle appartient à la région méditerranéenne, l'un des points chauds de la biodiversité les plus importants au monde (Myers et *al.*, 2000). Dans cette région du continent africain, la biodiversité des carnivores demeure encore mal connue. Ayant une vaste répartition, une faible densité et une

activité nocturne rendent difficile leur suivi et limitent les études de leur comportement social (Macdonald, 1983 ; Gittleman, 1989 ; Estes, 1991).

A l'exception de l'Antarctique, les canidés ont la plus large répartition de l'ordre Carnivora sur tous les continents où l'Afrique abrite la plus grande diversité avec 13 espèces dont huit sont endémiques (Sillero-Zubiri et *al.*, 2004).

Des études phylogénétiques ont montré que le Loup gris, le coyote et le Loup éthiopien forment, parmi le genre *Canis*, un groupe monophylétique et que le Chacal doré d'Afrique est le taxon sœur le plus probable (Sillero-Zubiri et *al.*, 2004 ; Lord et *al.*, 2013). Très récemment, Koepfli et *al.* (2015) ont révélé, à partir d'une analyse du génome complet d'ADN et le génotypage d'un nombre important de microsatellites, que le Chacal doré d'Afrique et celui d'Eurasie sont deux lignées génétiquement distinctes avec une histoire évolutive indépendante. Cela a fait que désormais le Chacal doré change de nom et devient le Loup doré d'Afrique (*Canis anthus*), une nouvelle appellation que nous utilisons le long de cette thèse.

Suite à la quasi-extinction des grands prédateurs en Afrique du Nord tels que le guépard, le léopard, le lion d'Atlas ..., plusieurs espèces de canidés comme le Loup doré d'Afrique (*Canis anthus*) et le Renard roux (*Vulpes vulpes*) jouent maintenant le rôle d'espèces prédatrices de premier ordre au niveau de cette région (Amroun et *al.*, 2006). La connaissance du régime alimentaire des carnivores est essentielle pour décrire leur l'écologie, leur rôle dans l'écosystème, la compétition avec d'autres espèces sympatriques et leur action sur les populations de proies (Klare et *al.*, 2010).

Les canidés y compris le Loup doré d'Afrique, font souvent l'objet de persécutions humaines à travers leurs habitats naturels, chose qui a conduit non seulement à la diminution de leurs populations mais aussi à des effets négatifs sur leur structure sociale (Borg et *al.*, 2015). L'Algérie n'échappe à cette situation où les carnivores notamment le Loup doré d'Afrique subit de fortes pressions anthropiques et environnementales. Le manque d'informations sur ce taxon et l'intérêt scientifique qu'il présente particulièrement sur le plan génétique, nous a motivé à entreprendre ce travail de recherche sur l'écologie trophique et le comportement sociale du Loup doré d'Afrique dans la réserve de chasse de Tlemcen (RCT) et sa diversité génétique en Algérie. Cette investigation est non seulement la première du genre dans l'Ouest Algérien sur le plan éco-éthologique mais aussi la première étude en Algérie traitant la génétique des populations d'une espèce de canidés sauvage. Pour accomplir ce travail, nous nous sommes fixés trois principaux objectifs :

1) Connaitre l'écologie trophique du Loup doré d'Afrique dans la RCT et comparer par la suite les résultats obtenus avec ceux trouvés au Djurdjura par Amroun et *al.* (2006), Oubellil (2010) et Amroun et *al.* (2014). Avec cette approche, nous nous attendons à compléter les connaissances sur les principales proies consommées par ce carnivore et déterminer la proportion des animaux domestiques dans son spectre alimentaire pour qu'on puisse comprendre les raisons réelles de sa persécution ;

2) Etudier son éthologie à travers le comportement et l'organisation sociale, la coexistence et la compétition avec les carnivores sympatriques. Aussi, estimer le nombre de groupes territoriaux, leur distribution, densité et taille ;

3) Analyser sa structure de population et sa diversité génétique en Algérie en se basant sur des données microsatellites et d'ADN mitochondriale. Cette approche vise à déterminer les modèles de différenciation et de diversité génétique.

CHAPITRE I : DESCRIPTION DU MODELE BIOLOGIQUE

A l'exception de l'Antarctique, les canidés ont la plus large répartition de l'ordre Carnivora sur tous les continents où l'Afrique abrite la plus grande diversité avec 13 espèces dont huit sont endémiques (Sillero-Zubiri et *al.*, 2004). Les canidés occupent un large éventail d'habitats, des biotopes de l'Arctique aux Tropiques, du niveau de la mer aux hautes altitudes, incluant toutes sortes de forêt, prairie, savane, montagne, désert et littoral (Wandeler et *al.*, 2003 ; Macdonald et *al.*, 2004).

I.1. Origine et évolution de la famille des Canidés

Selon certains auteurs (Van Valkenburgh, 1989 ; Macdonald et *al.*, 2004), La famille des Canidés est originaire d'Amérique du Nord, elle est reconnue dès l'Éocène inférieur il y a environ 40 à 50 Millions d'années (Ma). La sous famille des Caninés est le résultat d'un rayonnement final qui a commencé il y a environ 10 à 12 Ma en Amérique du Nord à partir d'un genre ancien « Leptocyon », déjà connu dès le début de l'Oligocène (Macdonald et *al.*, 2004). Les canidés tels que le loup et le renard ont commencé à diverger juste après, et ces deux lignées ont colonisés indépendamment l'ancien monde. Au cours du Miocène inférieur, ils ont pu quitter l'Amérique du Nord à travers le détroit de Béring pour atteindre l'Eurasie puis l'Afrique. Les canidés arrivent enfin en Amérique du Sud après la formation de l'isthme de Panama il y a environ trois Ma (Macdonald et *al.*, 2004). Tout cela signifie que la famille des Canidés a atteint cette grande diversité connue aujourd'hui en quelques millions d'années seulement (Sillero-Zubiri et *al.*, 2004). Le genre « Canis » est d'abord enregistré autour de la frontière entre le Miocène et le Pliocène (cinq à six Ma) sur le continent Nord Américain, tout en élargissant leur aire de répartition en Eurasie et en Afrique (Sillero-Zubiri et *al.*, 2004).

I.2. Phylogénie des Canidés

Il y a eu toujours un grand intérêt à connaître les relations phylogénétiques au sein des Canidés chez lesquels des progrès importants ont été réalisés dans ce sens au cours des trois dernières décennies. L'analyse du génome complet du chien réalisée par Lindblad-Toh et *al.* en 2005 afin d'obtenir un ensemble de gènes nucléaires à évolution rapide a permis de répondre, avec un soutien statistique solide, à de nombreuses questions qui restaient jusque là peu claires. En termes d'ordre de ramification et d'affinités les plus proches, des études ont été effectuées sur : Le Chien sauvage Africain, *Licaon pictus* (Creel & Creel, 2015), le dhole, *Cuon alpinus* (Venkataraman, 1998), le Loup Ethiopien, *Canis simensis* (Marino et *al.*, 2012), le Loup gris, *Canis lupus* (Stenglein et *al.*, 2011 ; Ruprecht et *al.*, 2012 ; Caniglia et *al.*, 2014), le coyote, *Canis latrans* (Bekoff & Wells, 1982 ; Way, 2003), le Chacal à dos noir, *Canis mesomelas* (Moehlman, 1979), et le Chacal doré, *Canis aureus* (Moehlman, 1983).

Récemment, une étude menée sur le Chacal doré en Afrique du Nord et en Eurasie (Koepfli et *al.*, 2015), a montré que l'espèce présente respectivement deux lignées différentes : le Loup doré d'Afrique (*Canis anthus*) et le Chacal doré d'Eurasie (*Canis aureus*) (Fig. 1).

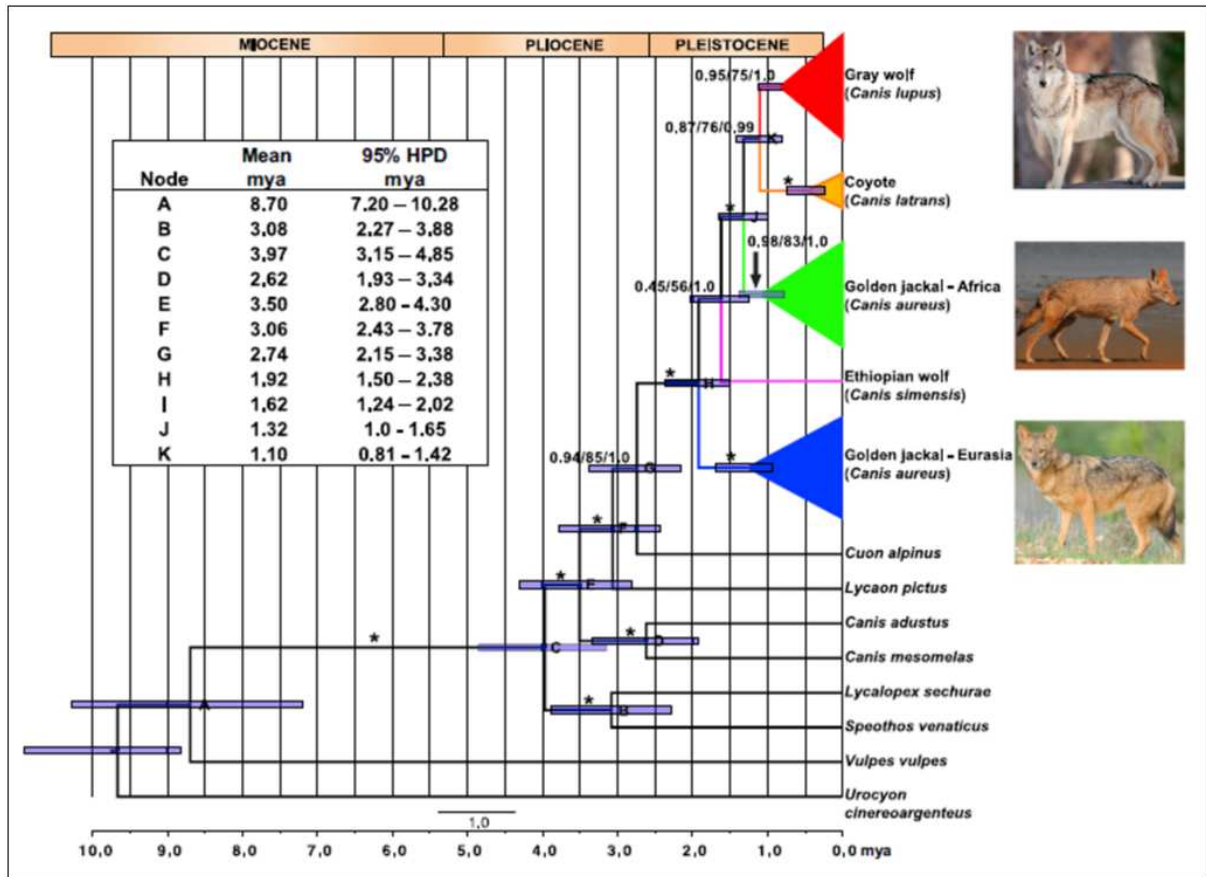


Figure 1 : Arbre phylogénétique basé sur l'analyse de vingt segments de gènes nucléaires (Koepfli et *al.*, 2015)

I.3. Systématique et description du Loup doré d'Afrique

Selon Linné (1758), la taxonomie du chacal doré se présentait comme suit :

- Règne : Animal
- Embranchement : Vertébrés
- Classe : Mammifères
- Sous classe : Euthériens
- Super ordre : Carnivores
- Ordre : Fissipèdes
- Super famille : Canoidae
- Famille : Canidae
- Sous famille : Caninae
- Genre : *Canis*
- Espèce : *Canis aureus*

Actuellement, dans le Nord-ouest africain le genre *Canis* est représenté par le chien (*Canis lupus familiaris*) et l'espèce récemment décrite par Koepfli et *al.* (2015), le Loup doré d'Afrique (*Canis anthus*) anciennement appelé Chacal doré (*Canis aureus*).

I.3.1. Taille

Le Loup doré d'Afrique possède une taille moyenne généralement proche d'un chien. Selon Khidas (1986), cette espèce atteint les 35 à 70 cm de longueur, une hauteur au garrot de 35 à 45 cm et un poids corporel variant entre sept et dix kilogrammes. Les mensurations que nous avons effectué sur 36 individus morts (Annexe. 1) montrent que la longueur du corps y compris la tête varie de 50 à 80 cm avec une moyenne de 62.19 cm, la longueur de la queue varie de 23 à 32 cm avec une moyenne de 26,83 cm, la hauteur au garrot varie de 37 à 56 cm avec une moyenne de 44.97 cm et un poids corporel oscillant de sept à 16.3 kg avec une moyenne de 10.5 kg.

Le Loup doré d'Afrique semble être plus grand que le Chacal doré d'Eurasie (Ferguson, 1981) qui se caractérise par une longueur totale comprise entre 52 et 105 cm et un poids corporel variant de cinq à 15,5 kg (Aliev, 1968).

I.3.2. Morphologie et dimorphisme sexuel

Le Loup doré d'Afrique possède une tête de forme triangulaire avec un museau pointu, de grandes oreilles écartées et pointues vers le haut et une queue touffue avec une extrémité de couleur noire (Photo. 1).

Selon Khidas (1986), la distinction entre les deux sexes n'est pas facile à distance mais elle devient possible avec l'habitude qui nous permet de différencier entre eux essentiellement par le ventre des femelles qui paraît plus lourd et un museau plus fin que celui des mâles donnant un aspect plus large à la tête. Chez les carnivores, les mâles ont tendance à être généralement plus grands que les femelles avec une musculature de la mâchoire plus développée et des canines supérieures plus grandes (Ewer, 1973; Martin et *al.*, 1994). Une étude du dimorphisme sexuel basée sur les crânes et la taille des dents, chez 45 espèces de carnivores, a montré que le dimorphisme est plus prononcé dans la taille des canines que les dents de la joue ou la longueur du crâne (Gittleman & Van Valkenburgh, 1997).

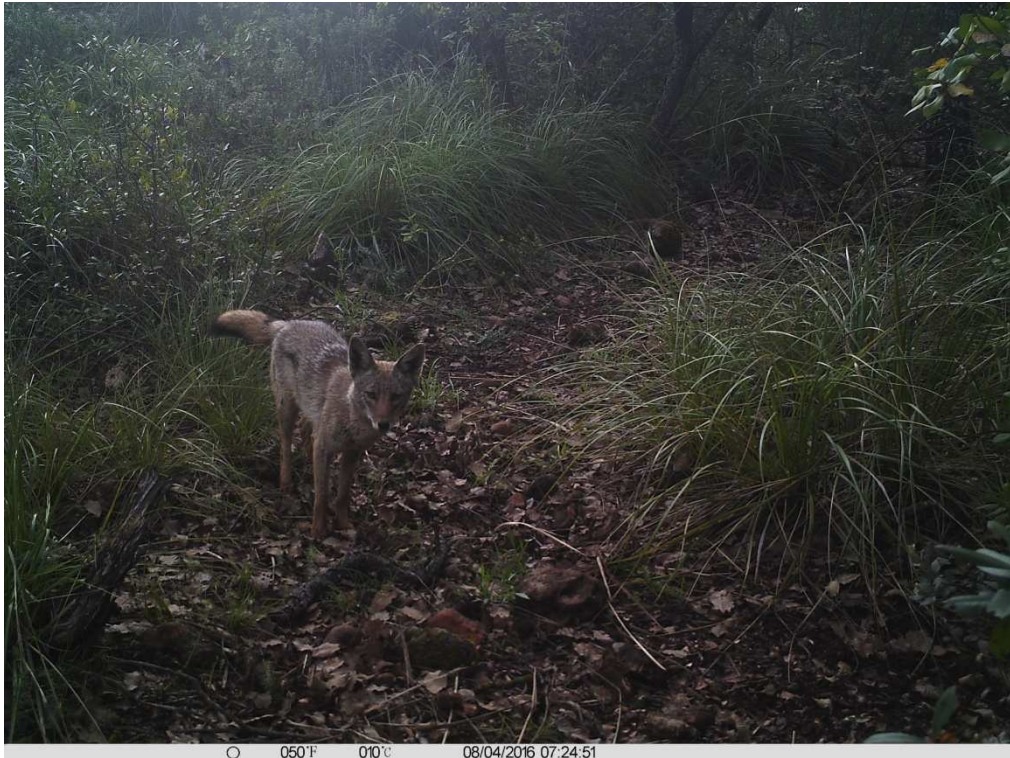


Photo 1 : Le Loup doré d'Afrique capturé par une caméra piège dans la réserve de chasse de Tlemcen montrant le museau, le noir de la queue et l'écartement des oreilles (Cliché Eddine, 2016)

I.3.3. Pelage

La couleur du pelage chez le Chacal doré d'Eurasie est assez variable mais habituellement c'est les couleurs rougeâtre, brun doré et argenté qui prédominent. Tandis que la variation individuelle de la couleur du corps est assez courante surtout dans les marques de la tête et de la gorge (Giannatos, 2004). Dans la RCT, nous avons observé des individus avec des robes de couleurs différentes allant du rougeâtre, brunâtre, grisâtre au doré. Ces couleurs ont été observées pour des individus partageant le même territoire et les mêmes ressources alimentaires durant la même saison (Fig. 2).

I.3.4. Dentition

La formule dentaire du Loup doré d'Afrique examiné à partir des individus morts, durant notre travail de terrain, est la même que celle décrite par Oubellil (2011). Au total, nous avons compté 42 dents réparties comme suit : Incisives (3/3), canines (1/1), prémolaires (4/4) et les molaires (2/3). Selon Grassé (1975), une dentition pareille peut renseigner sur un type de régime alimentaire mixte.



Photo 2 : Caractéristiques phénotypiques et couleur du pelage de *Canis anthus* dans la RCT (A : +/- rougeâtre, B : brunâtre, C : grisâtre, D : doré) (Cliché, Eddine, 2014, 2015, 2016)

I.4. Ecologie de l'espèce

I.4.1. Habitat et distribution

Les canidés ont une vaste distribution et des capacités d'adaptation très élevés, certaines espèces peuvent occuper différents types d'habitats (Macdonald, 1979). Le Chacal doré (*Canis aureus*) est un exemple parfait d'un canidé très répandu. En effet, jusqu'à récemment, cette espèce était censée occuper une large distribution géographique allant du Nord et l'Est de l'Afrique, l'Asie Mineure, le Moyen-Orient, jusqu'à l'Asie du Sud et l'Europe du Sud-est (Sillero-Zubiri & Macdonald, 2004).

La figure 2, établie par Koepfli et *al.* (2015), montre la répartition de deux espèces de canidés (Loup doré d'Afrique et Chacal doré d'Eurasie) longtemps considérées comme une seule espèce où le Loup doré d'Afrique garde, en Afrique, la même aire de répartition du Chacal doré déterminée par l'UICN en 2009. En Afrique de l'Est, cette espèce cohabite avec deux autres canidés *Canis adustus* et *Canis mesomelas* (Boitani et *al.*, 1999). Le Chacal doré d'Afrique, devenu aujourd'hui Loup doré d'Afrique, occupe une grande variété d'habitats à

travers le continent africain, il est rencontré dans les écosystèmes arides, désertiques et montagnards (Yalden et *al.*, 1996).

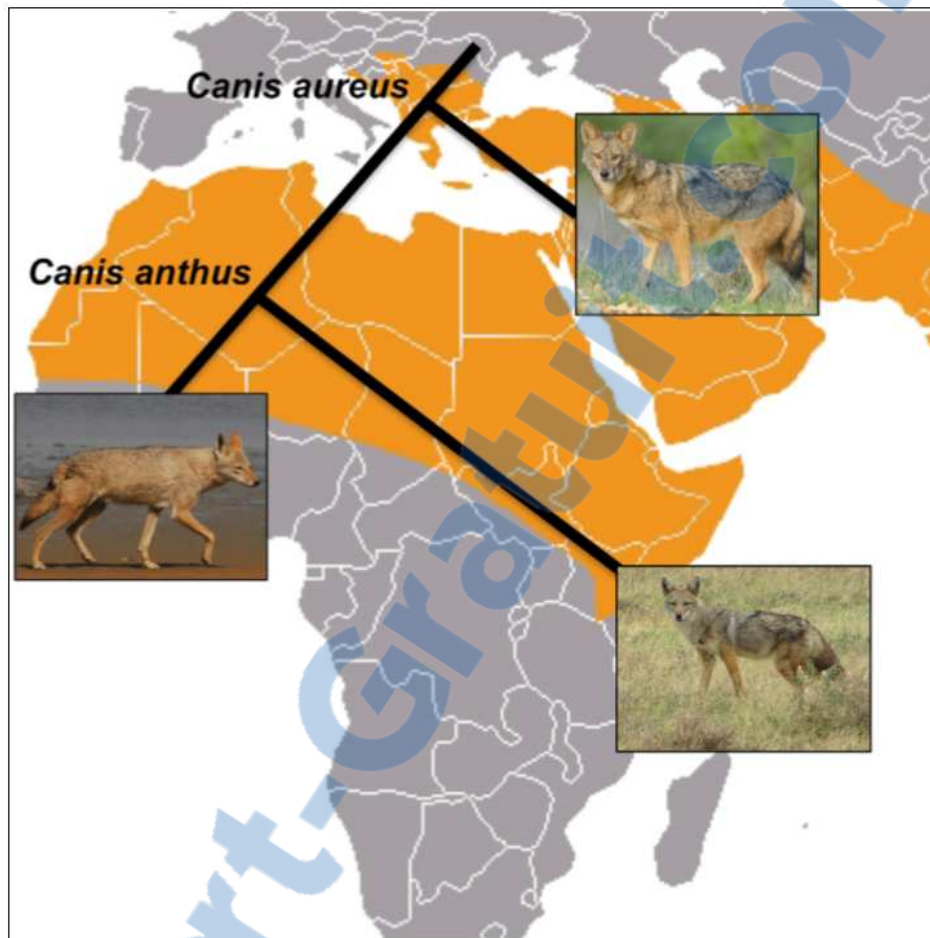


Figure 2 : Aire de répartition des deux espèces de canidés, *C.anthus* et *C.aureus* (Koepfli et *al.*, 2015)

I.4.2. Organisation sociale et reproduction

L'organisation sociale chez les carnivores est basée sur trois composantes : 1) la taille et la composition des groupes et leur répartition spatio-temporelle ; 2) les modes de reproduction et 3) la structure sociale, définissant les interactions et les relations de parenté entre les individus d'un groupe (Kappeler & Van Schaik, 2002 ; Kappeler et *al.*, 2013).

L'unité sociale de base la plus commune chez les Canidés est une paire monogame, qui marque et défend son territoire contre les intrus (Moehlman, 1987) et où les deux parents élèvent mutuellement leur progéniture (Moehlman, 1989). Des différences par rapport à cette unité de base peuvent exister où plusieurs individus matures ont la possibilité de former un même groupe comme chez le Chien sauvage d'Afrique *Lycaon pictus* (Girman et *al.*, 1997). D'autres canidés peuvent avoir un comportement de polygamie tel que le Renard arctique

Vulpes lagopus (Carmichael et al., 2007 ; Cameron et al., 2011). D'après Khidas (1990), des groupes de Loup doré d'Afrique formés par des femelles et leurs petits sont observés en dehors de la période de reproduction à la recherche de la nourriture. Dans certaines conditions, le groupe peut être plus complexe où le couple reproducteur partage son territoire avec des adultes subordonnés non reproducteurs qui sont habituellement des descendants philopatrics des années antérieures (Moehlman, 1979 ; Girman et al., 1997 ; Sparkman et al., 2011), mais peuvent également être des individus sans rapport avec le couple (Meier et al., 1995 ; Grewal et al., 2004).

L'attribution des tâches pour chaque individu au sein du groupe peut être influencée par le sexe ou la position dominante (Mech, 1999) ; le couple dominant guide généralement les activités du groupe (Peterson et al., 2002). Au moment où les petits atteignent la maturité sexuelle, deux chemins différents peuvent être suivis: 1) des individus se dispersent et tentent d'établir un nouveau territoire vu l'intolérance mutuelle qui s'accroît avec l'âge (Le Berre, 1990) ou 2) des individus restent une ou plusieurs années supplémentaires sans quitter leur territoire original en assistant leurs parents à nourrir les descendants des années successives (Moehlman, 1979).

La maturité sexuelle du Loup doré d'Afrique est atteinte à l'âge de 10 mois et la reproduction se fait une fois par an à partir du mois de Novembre (Khidas, 1990). Parfois la femelle peut avoir deux portées par an comme il a été signalé par Haltenorth & Diller (1980). Après une gestation de 57 à 63 jours, la femelle mi-bas six à huit chiots (Le Berre, 1990).

I.4.3. Régime alimentaire

Le Loup doré d'Afrique est un prédateur qui occupe le sommet de la chaîne trophique au sein de son habitat. Cette espèce est connue comme opportuniste dans son comportement alimentaire, elle s'adapte à une large gamme de climat et utilise les ressources trophiques selon leur disponibilité (Amroun et al., 2014). Une diversité importante dans son spectre alimentaire a été soulignée par diverses études dans différentes régions où il a été montré qu'il se nourrit de fruits, d'invertébrés, de reptiles, d'oiseaux, de rongeurs, de mammifères de tailles différentes et même de déchets organiques (Amroun et al., 2006 ; Oubellil, 2011 ; Amroun et al., 2014 ; Maynard, 2015). Selon la disponibilité et l'accessibilité, la contribution de chaque aliment peut varier d'une région à une autre. Certains auteurs signalent que les mammifères de petites tailles constituent la part la plus importante de son spectre alimentaire (Amroun et al., 2006 ; Maynard, 2015), alors que d'autres parlent d'une tendance vers les proies de grandes tailles, principalement le sanglier et les ovins (Amroun et al., 2014 ; Eddine et al., 2017).

I.5. Conflits homme-carnivores

Les conflits entre les grands prédateurs et les humains comme l'illustre la figure 3 sont communs à l'échelle mondiale (Woodroffe et *al.*, 2005 ; Young et *al.*, 2015 ; Ripple et *al.*, 2014), ils sont apparus et se sont développés pour plusieurs raisons telles que l'augmentation de la population humaine, l'apparition des agglomérations et des habitats diffus qui chevauchent avec les territoires des grands carnivores. Les principales sources de conflits sont la compétition interspécifique pour les proies/gibiers, la protection du bétail et les attaques contre les humains (Fritts et *al.*, 2003). Le Loup gris est le prédateur le plus étudié en Europe, il est considéré comme une espèce à problème dans la plupart des cultures populaires (Mech & Boitani, 2003). En outre, les conflits avec les humains sont devenus de plus en plus accentués avec l'augmentation des populations du loup (Byrd, 2002 ; Treves & Karanth, 2003).

En raison de la susceptibilité de l'homme à la prédation de son cheptel, la persécution des loups est devenue un facteur crucial influençant l'organisation sociale de ces derniers (Wallach et *al.*, 2010). Cette situation est plus fréquente en Afrique sub-saharienne et peut conduire à l'extermination des populations entières de grands carnivores (Ripple et *al.*, 2014). La mortalité causée par l'homme peut influencer les populations des prédateurs en réduisant la taille des groupes et rendant leurs structures instables (Moehlman, 1989 ; Borg et *al.*, 2015).

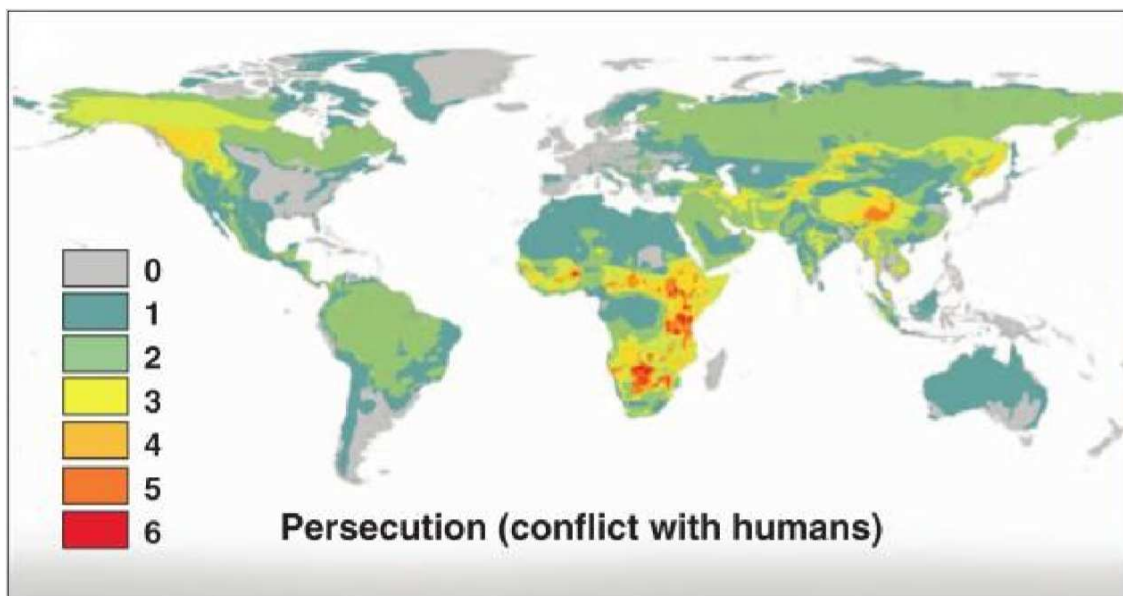


Figure 3 : Carte représentative de la persécution humaine contre les carnivores (empoisonnement, capture et tir) (Ripple et *al.*, 2014)

I.6. Statuts du Loup doré d'Afrique en Algérie

Dans le cadre de la protection de son patrimoine naturel, l'Algérie a promulgué des textes juridiques et ratifié plusieurs conventions internationales portant sur la protection des espèces

et sur la conservation de la biodiversité d'une manière générale. A juste titre, le décret présidentiel du 20 août 1983 fut le premier texte, promulgué par l'Algérie indépendante, sur les espèces animales non domestiques protégées. Le tout dernier décret exécutif du 24 Mai 2012 établit une liste de 375 espèces animales sauvages protégées (mammifères, oiseaux, reptiles, amphibiens, insectes). Seize espèces de l'ordre Carnivora sont protégées sur les 18 existants en Algérie. Seuls le Loup doré d'Afrique et le Renard roux n'ont pas eu le statut d'espèce protégée. Ces deux carnivores sont considérés depuis longtemps comme espèces nuisibles dans la culture populaire algérienne notamment chez la population rurale.

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La réserve de chasse de Tlemcen, créée en 1983 par le décret N° 83-126 du 12 février 1983, est l'une des structures algériennes qui s'intéressent à la conservation, la protection et le développement du patrimoine naturel notamment faunistique. Parmi les quatre réserves du pays, la RCT et celle de Zéralda sont les plus importantes. Elle abrite une considérable richesse floristique et faunistique, chose qui la rend un laboratoire à ciel ouvert pour les études écologiques et la recherche scientifique. Cependant, la biodiversité de ce territoire reste méconnue dans sa globalité vu les rares études qui lui ont été consacrées.

III.1. Milieu physique

II.1.1. Situation géographique

La réserve de chasse de Tlemcen est située dans la partie Nord-ouest d'Algérie à 26 km au Sud-ouest du chef lieu de la Wilaya de Tlemcen et à environ 10 Km de la Daïra de Sabra (Fig. 4). Elle fait partie de la forêt domaniale de Hafir et occupe la zone la plus culminante et la plus boisée des monts de Tlemcen.

En consultant la carte de situation géographique de la réserve établie par les anciennes études, des anomalies ont été relevées telles que les coordonnées géographiques non exactes, le périmètre en deçà du réel et une échelle peu précise. Suite à cela, nous avons établi une nouvelle carte à partir d'un masque des limites réelles de la réserve. Les coordonnées exactes de latitude et de longitude ont été également corrigées. Ainsi, la RCT est comprise exactement entre une latitude de 34°43'45,27"N à 34°47'28,22"N au lieu de 34° 41' à 49' et une longitude de -1°26'32,55"E à -1°30'21,62"E au lieu de 1° 25' à 35'. La superficie de la réserve est de 2156 km² avec un périmètre de 25,04 km au lieu de 15 km.

En se basant sur un extrait d'une image satellitaire LANDSAT 8 (2014) et sur nos relevés de terrain, nous avons corrigé la situation des agglomérations limitrophes de la réserve qui devient : la commune de Sabra au Nord-ouest, le village de Hafir à Est, le village de Tamaksalet à l'Ouest, le village d'Ain Fetouh au Sud-est et le barrage de Beni Bahdel au Sud.

Les 21.56 km² de la RCT s'étale sur le territoire de quatre communes dont celle de Bouhlou qui à elle seule occupe la plus grande partie avec 17.76 km² soit 84% de la superficie de la réserve, suivie respectivement par les communes de Beni Bahdel, Sabra et Aïn Ghoraba avec de petites surfaces (Tab. 1). Ces superficies ont été déterminées à partir de la superposition du masque de la réserve que nous avons traité en utilisant l'image Google Earth tout en effectuant des confirmations sur terrain avec un GPS (Garmin GPS 72), et le fichier ComGéo (fichier contenant la délimitation de toutes les communes algériennes).

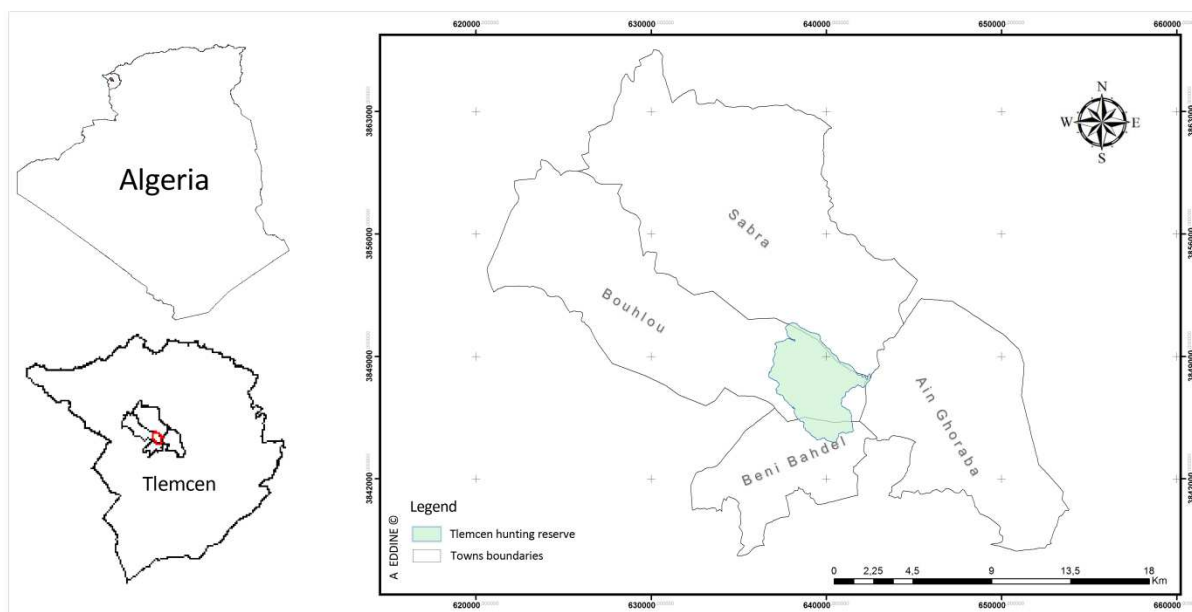


Figure 4 : Carte de situation géographique de la réserve de chasse de Tlemcen et délimitation par commune (Eddine et *al.*, 2017)

Tableau 1 : Superficie de la réserve de chasse par commune et taux d'occupation

Commune	Superficie des communes (Km ²)	Superficie occupée par la RCT (Km)	Taux d'occupation (%)
Sabra	169,1	0,882	3,74
Bouhlou	128,4	17,86	83,89
Beni Bahdel	43,44	2,674	12,16
Ain Ghoraba	96,14	0,144	0,21

Source : Originale, 2015

II.1.2. Aperçu géologique

La RCT fait partie des monts de Tlemcen sur lesquels les études géologiques les plus importantes ont été effectuées par Boudy (1948), Clair (1973), Benest (1985) et Bouabdellah (1991). Nous nous sommes référés donc à ces auteurs pour donner un aperçu géologique sur la zone d'étude.

Les formations géologiques appartiennent à l'âge du Jurassique supérieur et Crétacé inférieur principalement formées de carbonates, par des assises sédimentaires, et représentent l'affleurement le plus répandu dans les monts de Tlemcen (Fig. 5).

D'après Benest (1985), la géologie des monts de Tlemcen est constituée de bas en haut par :

- Les grès de Boumediene

Il s'agit d'un ensemble dominé par une substance gréseuse avec des passées argileuses masquées le plus souvent par la végétation ou bien des éboulis. Les grès de Boumediene sont particulièrement développés dans les forêts de Zarifet et de Hafir. Les grès à ciment calcaire se présentent en bancs assez durs avec une épaisseur de 500 m.

- Les calcaires de Zarifet

C'est une couche mince nettement distinguée, elle est formée par des bancs de calcaires qui séparent les grès de Boumediene à ceux des dolomies de Tlemcen.

- Les dolomies de Tlemcen

Datent d'âge Kimméridgien moyen supérieur, cette couche est représentée en grande partie par des dolomies cristallines en raison d'une dolomitisation tardive. L'épaisseur de cette formation est variée en fonction de la région là où elle apparaît (Ain Fezza, Ain El Houte et Terni).

- Les marno-calcaires de Raourai

C'est une couche de marnes grises verdâtres ou blanchâtres qui date de Tithonique inférieur, elle est comprise entre les dolomies de Tlemcen et les calcaires de Lato avec une épaisseur de 400 m (Ain Fezza).

- Les calcaires de Lato

C'est une couche mince à base de calcaire massif, d'une épaisseur moyenne de 50 m, elle est chapotée par des laminites sombres calcaire-argileuses.

- Les dolomies de Terni

Cette couche date du Tithonique moyen inférieur, elle se distingue des dolomies de Tlemcen par leur aspect massif et leurs stratifications qui sont nombreuses, elle se trouve dans les régions d'Azail, barrage El Mefrouch et surtout vers Terni.

II.1.3. Aperçu pédologique

Le sol est le support de la vie, il représente la couche superficielle issue de l'altération de la roche mère suite aux effets des facteurs biotiques et abiotiques au cours du temps (Duchaffour, 1988). La majorité des sols de la région méditerranéenne sont caractérisés par des sols dits "fersialitiques" (Duchaffour, 1977 ; Benchetrit, 1972). Ils sont sous la dépendance de la roche mère qui leur a donné naissance en raison de leur impuissance à modifier radicalement le substratum géologique (Nahal, 1984).

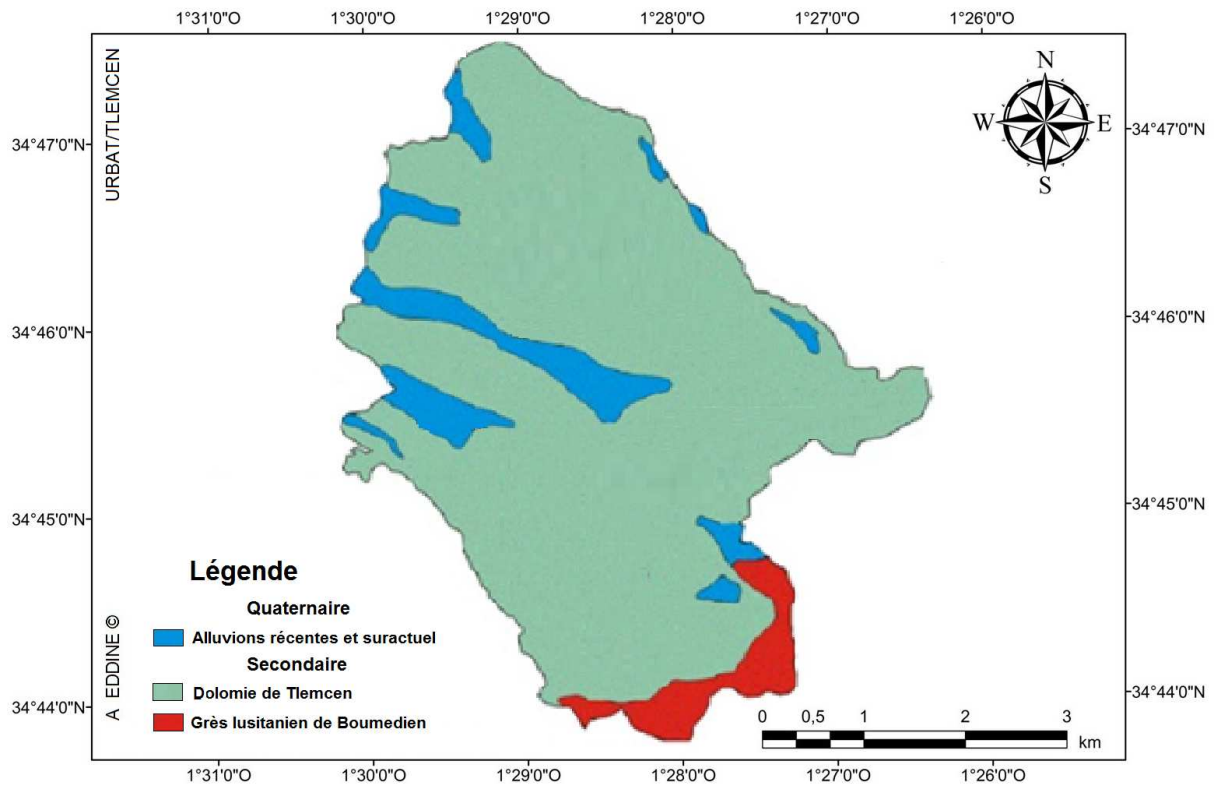


Figure 5 : Carte géologique de la réserve de chasse de Tlemcen (Source : RCT, modifiée par Eddine)

D'après Bricheteau (1954) et Bouazza (1991), les monts de Tlemcen, y compris la RCT, sont formés de deux grands types de sol : les sols rouges méditerranéens et les sols lessivés et podzoliques (Fig. 6).

Les Bulgares dans leur étude réalisée sur la réserve en 1980, décrivent les différents types de sols comme suit :

- **Sol brun-rouge fersiallitique**

Un sol plus ou moins caillouteux qui dépend fortement de la pente et couvre presque la totalité de la réserve avec une superficie estimée à 1341ha. Les conditions climatiques favorisent le maintien de la pédogénèse en permettant le développement d'un horizon humifère en surface, la végétation est généralement de type forestière.

- **Sol brun calcaire**

Ce type est dépourvu de CaCO_3 actif, on le rencontre près de l'ancienne maison forestière avec une superficie de 13 ha. C'est un sol de bonne qualité pour la céréaliculture avec un horizon structural (B) qui fait encore effervescence à l'HCl.

- **Sol rouge fersiallitique à moder**

Ce type caractérise la forêt de Chêne vert et Chêne liège en climat sub-humide avec un profil A(B)C où l'humus est de type moder. On le trouve au niveau de la zone dite Djorf EL Guelaâ et la plaine de Moutas avec une superficie de 79 ha.

- **Ranker à moder et ranker sur grès**

Ce type est caractérisé par un profil simple (A_0A_1) de 20 à 30 cm d'épaisseur et couvre une superficie avoisinante de 554 ha. C'est le type le plus fréquent des rankers appelé aussi ranker d'érosion, il se trouve au niveau des fortes pentes avec des roches dures et acides (grès, granites). Ce type de sol est recouvert par de maigres forêts résineuses qui puisent les éléments nutritifs directement à partir des minéraux en voie d'altération.

- **Sol brun-rouge colluviaux**

Ce type caractérise les bas de pentes, il est constitué du matériel provenant d'érosion. Il est fréquent dans la partie ouest de l'aire protégée avec une superficie de 143 ha.

- **Lithosol sur calcaire**

Ce sont des sols peu évolués, issues d'une roche dure et peu présent dans la réserve. Ils sont caractérisés essentiellement par la faible altération de la matière minérale et la faible teneur en matière organique, ils représentent une superficie restreinte estimée à 9 ha.

- **Sol brun rouge à caractère vertique**

Il s'agit des sols à évolution vertique, caractérisés par la haute teneur en argiles gonflantes ce qui les rend parmi les sols les plus fertiles. Ce type représente environ 7 ha de la totalité de la réserve.

II.1.4. Aperçu topo-morphologique

II.1.4.1. Hypsométrie

La réserve de chasse de Tlemcen occupe la partie la plus élevée de la région avec un relief typiquement montagnard appartenant au massif de Tamaksalet. A partir du modèle numérique du terrain (MNT), nous avons déterminé la tranche altitudinale de cette zone, elle est comprise entre 992 et 1299 m (Fig. 7). Ces monts sont entrecoupés par deux plaines cultivées, la grande plaine de Moutas avec une superficie estimée à 89 ha et une altitude moyenne de 1100 m et la plaine d'El Menakher du côté Ouest de la réserve.

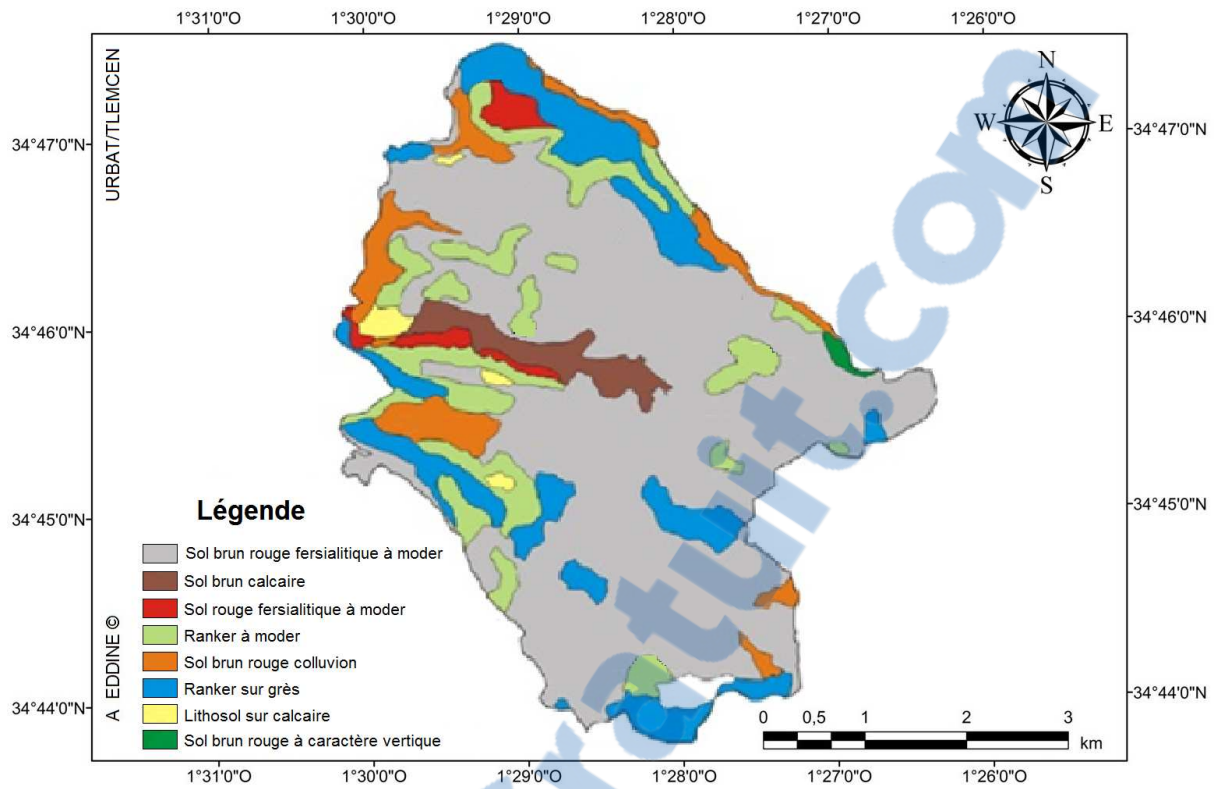


Figure 6 : Carte pédologique de la réserve de chasse de Tlemcen (Source : RCT, modifiée par Eddine)

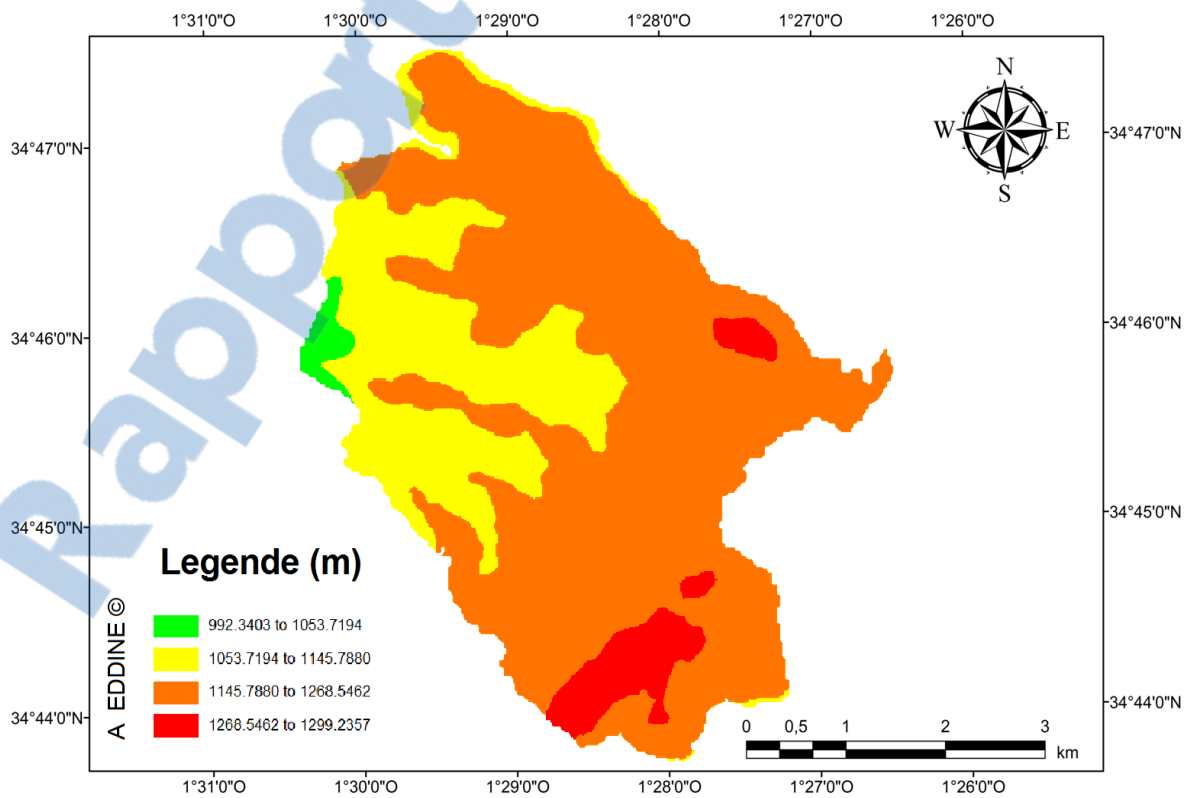
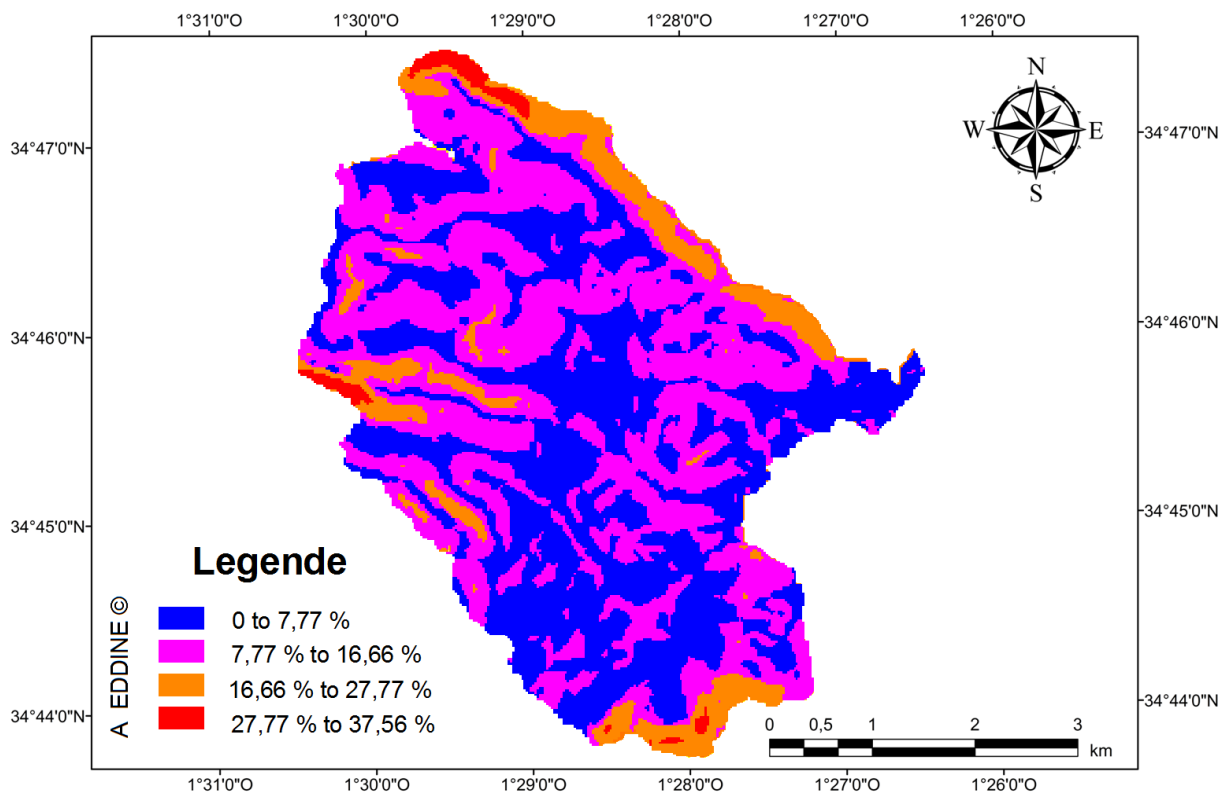


Figure 7 : Carte hypsométrique de la réserve de chasse de Tlemcen (Originale, 2015)

II.1.4.2. Pente

La pente est un facteur important qui a une influence sur la vitesse d'écoulement, la qualité du sol, l'accessibilité au terrain et l'installation des espèces végétales. Le MNT de la région nous a montré que la majorité des terrains au sein de la réserve ne dépasse pas les 17% d'inclinaison où les pentes fortes ont été enregistrées vers les extrémités de la clôture. Par ailleurs, nous avons constaté une anomalie dans la valeur attribuée aux pentes. En réalité, ces dernières atteignent 37.56% au maximum dans la région dite Djorf El Galaa vers l'extrême Nord de la réserve au lieu de 50% révélé dans les études précédentes (Fig. 8).



II.1.4.3. Exposition

Sachant que l'exposition a une influence sur la répartition de la végétation, nous avons établi une carte des expositions propre à la réserve à partir du MNT (Fig. 9). Le versant Nord est occupé principalement par le *Quercus ilex*, *Q.gaginea* et *Pistacia terebinthus*. Dans le versant Sud, on trouve une végétation thermophile tels que *Q.coccifera*, *Q.suber*, *Pistacia lentiscus*, *Juniperus oxycedrus*, *Chamaerops humilis* et *Stipa tenacissima*. A l'Ouest et Nord-ouest, nous rencontrons le *Tetraclinis articulata*.

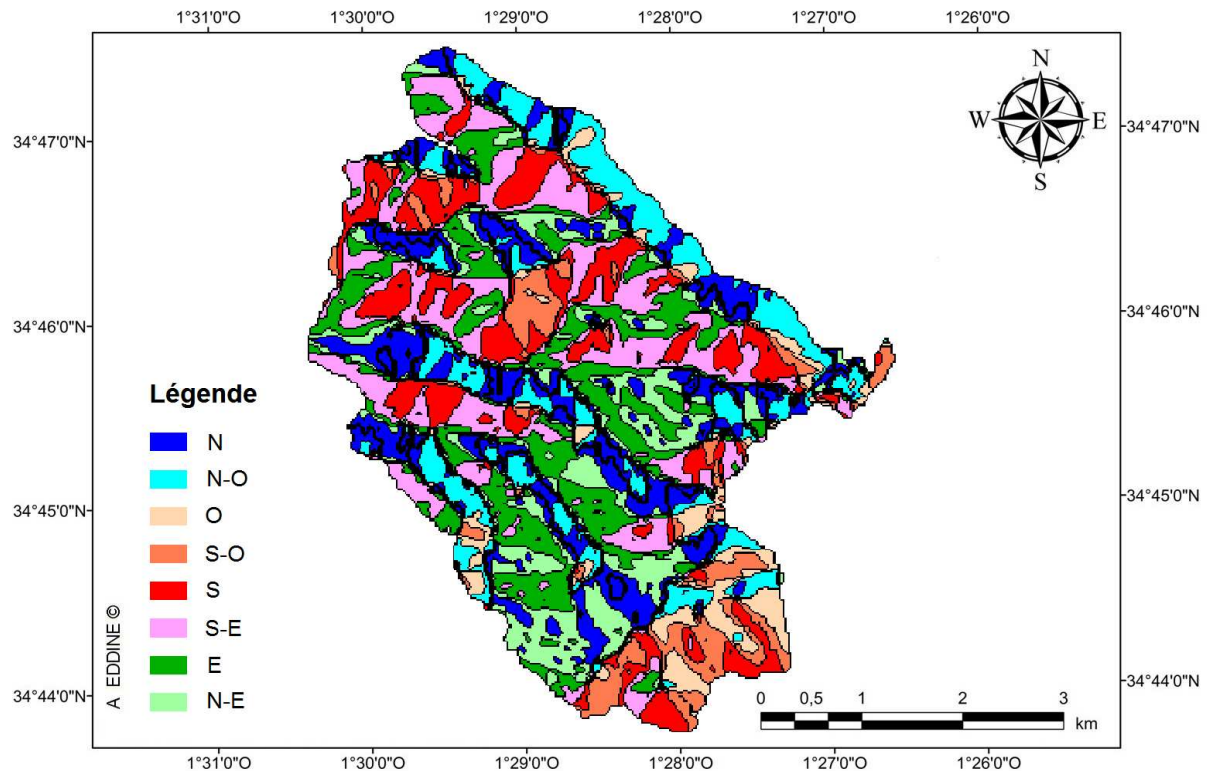


Figure 9 : Carte des expositions de la réserve de chasse de Tlemcen (Originale, 2015)

II.1.5. Aperçu hydrographique et hydrologique

La carte du réseau hydrographique de la réserve traitée par le logiciel ENVI v4.5, après la conversion du fichier MNT au format DEM, était floue à cause du réseau hydrographique qui est peu évolué, la superficie restreinte de la zone d'étude (21.56 km²) et la résolution spatiale de l'MNT utilisé (30×30 m). Pour rendre cette carte lisible, nous avons fait appel à l'image Google Earth dans le but de dresser des poly-lignes représentant les différents talwegs de la région puis les superposer sur le réseau établi précédemment en utilisant un système d'information géographique (SIG) pour confirmation (Fig. 10).

En parcourant le territoire de la réserve, nous avons répertorié tous les points d'eau existants à l'aide d'un GPS pour les représenter par la suite sur la carte du réseau hydrographique en utilisant un SIG (Fig. 10), les points d'eau pointés sur la carte sont:

- Les sources naturelles au nombre de 5 (Ain Djedi 1 et 2, Ain Bhour, Ain Boumedrère 1 et 2). Ces sources ont des débits faibles qui ne dépassent pas 0.5 l/s selon le personnel technique de la réserve ;
- Les bassins au nombre de 18 dispersés à travers le territoire de la réserve dont 17 d'une capacité de stockage de 9 m³ sont destinés à l'abreuvement et un bassin d'une capacité de 30 m³ destiné à la lutte contre les incendies de forêts ainsi que l'abreuvement ;

- Les forages au nombre de 2, ont comme but l'alimentation en eau potable, l'approvisionnement des bassins, la lutte contre les incendies et l'irrigation. Le débit de ces deux forages est de 100 et 400 m³/j selon le personnel technique de la réserve ;
- Les retenues collinaires au nombre de 2, l'une située à l'extrémité nord de la plaine de Moutas et l'autre au niveau de la zone dite Boumedrère. Ces retenues ont été construites dans le cadre de l'aménagement écologique et cynégétique.

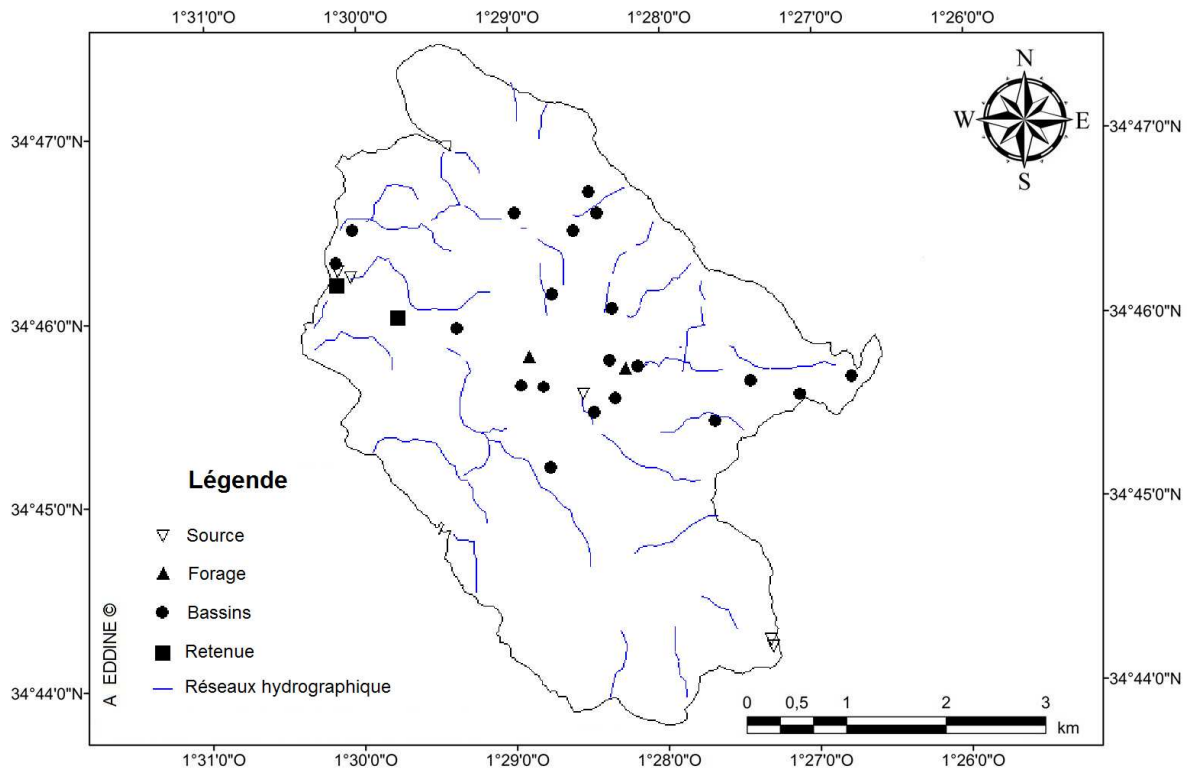


Figure 10 : Carte du réseau hydrographique et ressources hydrique de la RCT (Originale, 2015)

II.2. Climat

Le climat est un facteur déterminant la répartition des espèces ainsi que le fonctionnement des écosystèmes, ce qui le rend indispensable à toute étude écologique (Emberger, 1939 ; Thinthoin, 1948).

Le climat en Algérie relève du régime méditerranéen avec deux périodes bien distinctes (Seltzer, 1946 ; Emberger, 1942):

- Période estivale chaude et sèche ;
- Période hivernale relativement froide et humide.

Le climat en Algérie tend ces dernières décennies vers une aridité avérée. En effet, la comparaison des anciennes données climatiques (1913-1938) avec les nouvelles (1970-1992)

dans la région ouest du pays confirme ce phénomène dû à la baisse de la pluviométrie et l'augmentation des températures (Benabadji & Bouazza, 2000).

Dans la présente étude nous avons utilisé deux séries de données climatiques, une relative à l'ancienne période (AP) 1913-1938 et l'autre à la nouvelle période (NP) 1975-1996 et 1980-2010 respectivement pour la station de Hafir et Beni Bahdel.

II.2.1. Stations météorologiques retenues

Pour déterminer le climat de la RCT et vu l'absence d'une station opérationnelle à son niveau, nous avons utilisé les données météorologiques enregistrées au niveau des stations les plus proches, à savoir celles de Hafir et Beni Bahdel (Tab. 2). Une extrapolation des variables climatiques (températures et précipitations) a été faite pour adopter les données météorologiques à notre zone d'étude en fonction de la différence altitudinale entre la RCT et celle des stations retenues.

Tableau 2 : Caractéristiques des stations de Hafir et Beni Bahdel

Station	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Période
Hafir	34° 47' N	-01° 26' E	1270	(1913-1938)/(1975-1996)
Beni Bahdel	34° 42' N	-01° 30' E	645	(1913-1938)/(1980-2010)

Source : ONM (2013)

II.2.2. Paramètres climatiques analysés

II.2.2.1. Précipitations

D'après Djebaili (1978), la pluviosité est le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat. En effet, ce dernier conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal d'une part et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'autre part, notamment suite aux pluies orageuses.

Par extrapolation et on se basant sur les données de la station de Hafir, nous avons pu déterminer les précipitations au niveau de la réserve. Partant du principe que les précipitations augmentent de 10 mm pour chaque élévation de 100 m (Stewart, 1969), nous avons calculé tout d'abord la différence altitudinale entre Hafir (1279 m) et la réserve de chasse (1145 m) qui est de 125 m. Cette différence nous a conduit à un coefficient de diminution de 0.97 qui se traduit par une diminution de pluies de 12.5 mm/an par rapport à Hafir.

Pour la station de Beni Bahdel, la différence altitudinale est de 500 m ce qui signifie une augmentation des précipitations de 50 mm/an avec un coefficient d'augmentation de 1.12 (Tab. 3).

Tableau 3 : Précipitations moyennes mensuelles extrapolés pour la RCT

Station	J	F	M	A	M	J	JU	A	S	O	N	D	P Annuelle
Hafir(1913-1938)	104.76	105.73	102.82	64.99	64.94	19.4	5.82	3.88	27.16	47.53	43.65	98.94	685.79
Hafir(1975-1996)	65,17	74,03	60,46	52,02	39,1	8,43	7,03	9,28	19,02	25,27	52,45	59,11	471,37
Beni Behdel (1913-1938)	85.12	77.28	107.52	56	57.12	15.68	3.36	2.24	13.44	42.56	45.92	100.8	607.04
Beni Behdel (1980-2010)	72,66	55,08	65,13	47,33	45,02	10,05	2,72	7,23	16,69	41,21	60,1	51,56	474,78

Source : ONM (2013)

Le régime saisonnier est déterminé par un classement décroissant de la pluviosité saisonnière. Concernant la RCT, il est de type HPAE pour les deux périodes (Tab. 4).

Tableau 4 : Régime saisonnier au niveau de la RCT

Station	Hiver	Printemps	Été	Automne	Type du régime
Hafir (1913-1938)	309,43	232,75	29,1	118,34	HPAE
Hafir (1975-1996)	198,31	151,58	24,74	96,74	HPAE
Beni Behdel (1913-1938)	263,2	220,64	21,28	101,92	HPAE
Beni Behdel (1980-2010)	179,3	157,48	19,51	118	HPAE

II.2.2.2. Températures

En plus de la pluviométrie qui reste le facteur limitant en zone semi-aride, les températures jouent un rôle non négligeable dans l'évolution et la distribution des êtres vivants. La température d'une manière générale est définie par 3 variables : 1) température moyenne mensuelle (T), 2) température maximale (M) et 3) température minimale (m). Emberger (1955) a signalé que la température maximale du mois le plus chaud (M) et la minimale du mois le plus froid (m) ont une signification biologique. Tout comme la pluviométrie, la température est également en étroite relation avec l'altitude. Cependant, pour une élévation de 100 m, la valeur de la température maximale « M » diminue de 0.6°C et celle de la température minimale « m » de 0.4°C (Dreux, 1980). Après extrapolation, les valeurs des températures maximales sont respectivement de 33.85°C (AP) et 33.1°C (NP) pour Hafir et de 31.2 °C (AP) et 31.27°C (NP) pour Beni Bahdel. Alors que les températures minimales sont de 2.2°C (AP) et 3.6°C (NP) pour Hafir et de 1.49°C (AP) et 3.2°C (NP) pour Beni Bahdel. Les températures mensuelles au niveau des stations retenues sont présentées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Températures mensuelles enregistrées au niveau de Hafir et Beni Bahdel

Station	J	F	M	A	M	J	JU	A	S	O	N	D	Moy annuelle
Hafir (1913-1938)	5.8	6.3	8.3	10.6	14.2	18.4	23.8	24.2	19.8	15	9.5	6.4	13.53
Hafir (1975-1996)	8.28	8.79	10.66	12.6	16.08	20.19	24	24.4	20.3	16.83	11.72	9.68	15.37
Beni Bahdel (1913-1938)	9.8	10.7	12.3	14.8	18.6	22.1	26.5	27.6	23.4	18	13.2	9.8	17.23
Beni Bahdel (1980-2010)	8.47	10.05	12.3	14.21	18.48	23.59	26	27.95	23.2	17.8	13.54	10.3	17.34

Source : ONM (2013)

II.2.2.3. Neige

L'altitude moyenne au niveau de la réserve dépasse les 1100 m, ce qui favorise un enneigement presque annuel avec des épaisseurs variables. En 2016, la neige a atteint les 50 cm causant beaucoup de chablis.

II.2.2.4. Vent

Le vent est un facteur important qui a une influence sur la dynamique du transport des particules du sol, la dissémination des graines, la pollinisation, l'apport des nuages et par conséquent les pluies et la propagation des feux.

Au niveau de la réserve, des vents forts à très forts ont été enregistrés durant notre travail de terrain. Il s'agit de ceux de l'Ouest et du Nord-ouest qui sont chargés de pluie, et des vents chauds (Sirocco) qui viennent du Sud et du Sud-est. Ces derniers provoquent généralement un dessèchement chez les jeunes plantes.

II.2.3. Synthèse climatique

La température et les précipitations donnent un bon aperçu sur le climat d'une région. La combinaison de ces deux paramètres du climat permet de décrire les différents étages bioclimatiques ainsi que la détermination de la durée de la période sèche dans le cas d'un climat méditerranéen.

II.2.3.1. Diagramme pluviothermique

Bagnouls & Gaussen en 1953 ont proposés une méthode qui consiste à présenter sur le même graphe la température et la pluviométrie de sorte que l'échelle des précipitations soit le double des températures tout en considérant le mois sec lorsque $P \leq 2T$, où P correspond à la précipitation moyenne (mm) et T à la température moyenne (°C).

L'extrapolation des valeurs de précipitations pour la réserve à partir des stations de Hafir et Beni Bahdel, nous a permis d'obtenir des diagrammes pluviothermiques montrant une période

de sécheresse qui s'étale sur 6 mois (fin Mai, Juin, Juillet, Aout, Septembre et début Octobre) avec des températures plus élevées pour la nouvelle période (Fig. 11).

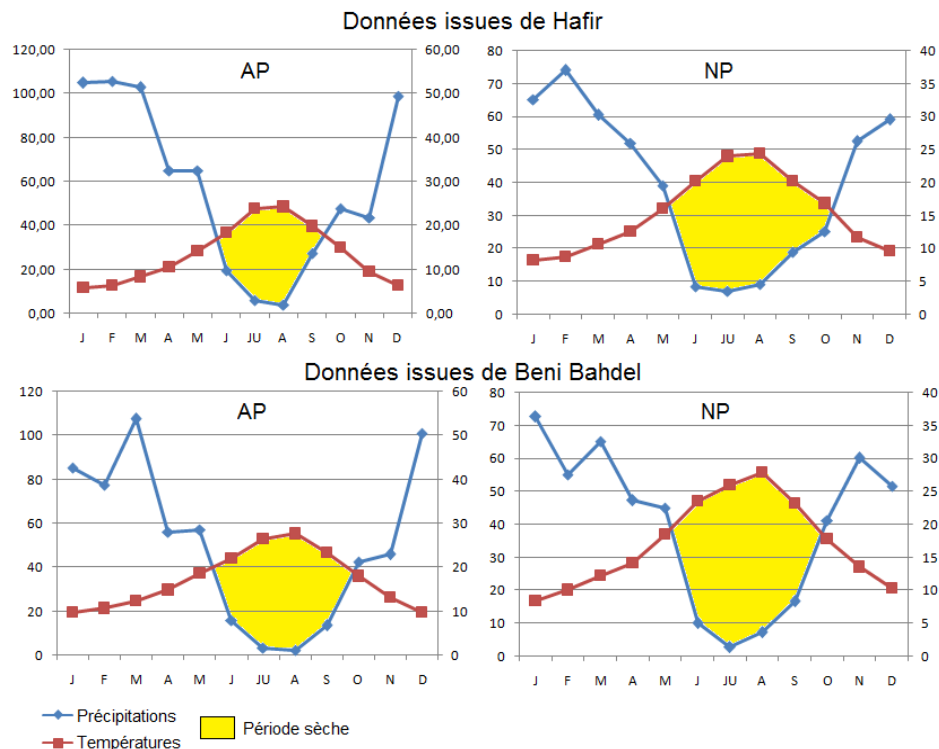


Figure 11 : Diagramme pluviothermique de Bagnouls et Gausson de la RCT (AP : Ancienne période et NP : Nouvelle période)

II.2.3.2. Quotient pluviothermique d'Emberger

Cet indice permet de visualiser la position d'une station météorologique, ou bien une région proche, et par conséquent il aide à délimiter l'aire bioclimatique d'une espèce voire un groupement végétal (Ayache, 2007).

Le quotient pluviothermique d'Emberger est un outil qui caractérise le bioclimat dans la région méditerranéenne, il est beaucoup plus utilisé en Afrique du Nord. La formule établie par Emberger (1955) est définie comme suit :

$$Q2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

Où P : Précipitation moyenne annuelle (mm)

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K)

m : Moyenne des minima du mois le plus froid (°K)

Le Quotient pluviothermique (Tab. 6) et le climagramme d'Emberger (Fig. 12) témoignent d'un changement climatique au niveau de la réserve qui a tendance d'évoluer vers l'aridité. En effet, la RCT qui appartenait à l'étage bioclimatique sub-humide frais durant l'ancienne

période a glissé vers l'étage bioclimatique semi-aride supérieur à hiver tempéré pendant la nouvelle période.

Tableau 6 : Valeur de Q2 et étage bioclimatique de la RCT

Station	Période	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q2	Etage bioclimatique	Sous étage	Variation thermique
Hafir	1913-1938	685,79	33,85	2,2	74,45	Sub humide	Moyen	Frais
Hafir	1975-1996	471,37	33,1	3,6	54,84	Semi aride	Superieur	Tempéré
Beni Bahdel	1913-1938	607,04	31,2	1,49	70,61	Sub humide	Moyen	Frais
Beni Bahdel	1980-2010	474,78	31,27	3,2	58,28	Semi aride	Superieur	Tempéré

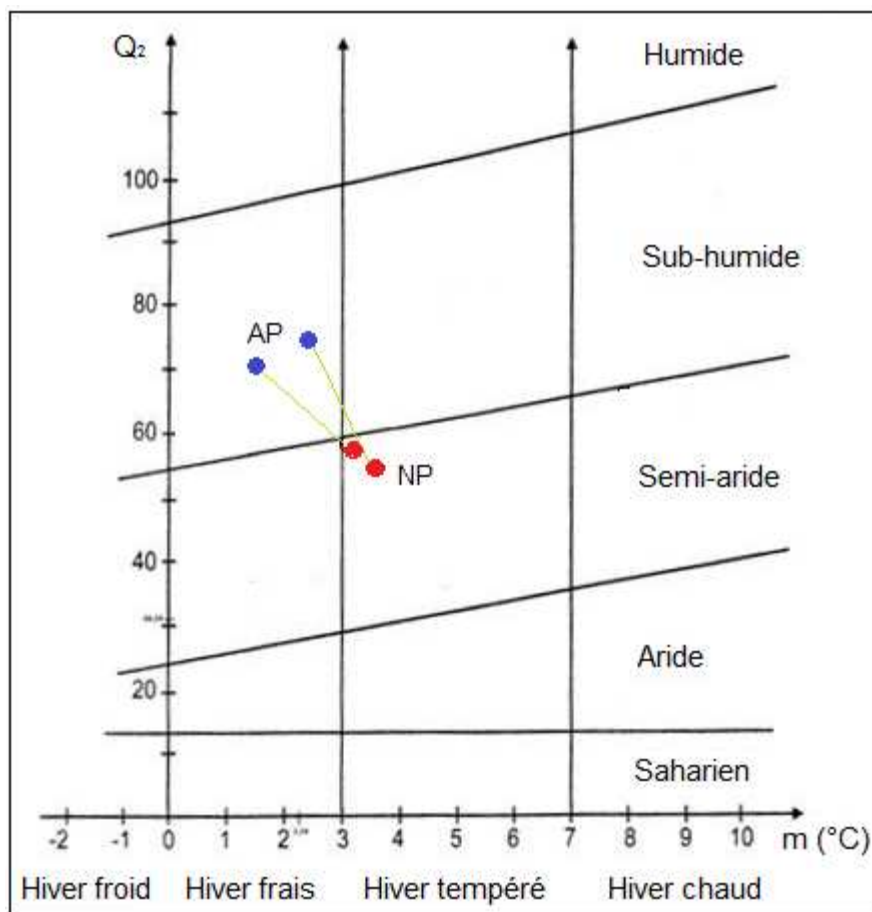


Figure 12 : Climagramme pluviothermique d'Emberger (Q2) (originale, 2016)

II.3. Milieu biotique

La réserve de chasse de Tlemcen autant qu'un écosystème forestier abrite une importante diversité de faune et flore.

II.3.1. Diversité floristique

Le plus récent inventaire du tapis végétal, établi par Babali (2014), au niveau de la RCT a révélé un total de 87 familles représentées par 690 taxons. La famille des Astéraceae est la

plus riche en espèces, elle en compte 92. Le massif forestier de la réserve est représenté principalement par quatre groupements végétaux, la yeuseraie, la zeenaie, la tetraclinaie et la pelouse (Fig. 13).

✓ *La yeuseraie*

La réserve est dominée par un couvert forestier de type matorral à base de Chêne vert (*Quercus ilex*). Cette espèce est indépendante aux variations altitudinales et aux expositions. Des sujets avec des dimensions importantes, poussant sur un sol riche et profond, sont rencontrés aux alentours de la plaine de Moutas. La yeuseraie se présente dans un état dense et impénétrable dans certains endroits, et moyennement dense et dégradé dans d'autres.

Ce groupement est caractérisé par un cortège floristique diversifié composé principalement de Genévrier oxycèdre, Chêne liège, Chêne kermes, Pistachier térébinthe, Pistachier lentisque et d'arbousier commun. Dans la partie dégradée, on note la présence d'importantes étendues de *Chamaerops humilis*, *Ampelodesmos mauritanicum*, *Stipa tenacissima* et *Calicotome intermedia*. Le chêne liège (*Quercus suber*) occupe des superficies restreintes au Nord et au Sud de la réserve où il est toujours présent en mélange avec le Chêne vert.

✓ *La zeenaie*

Le Chêne Zeen (*Quercus fagenia*) représente la strate arborée par excellence avec des sujets atteignant jusqu'à 8 m de hauteur. Ce groupement occupe la partie centrale de la réserve, il pousse généralement dans les expositions Nord associé au chêne vert dans la plus part des cas. Comme sous bois, on note une forte présence de *Chamaerops humilis*, *Ampelodesmos mauritanicum*, *Pistacia lentiscus* et *Quercus coccifera*.

✓ *La tetraclinaie*

Le Thuya de berbérie (*Tetraclinis articulata*) est une espèce endémique en Afrique du Nord (Boudy, 1952). Elle occupe des superficies limitées avec un taux de recouvrement faible, elle est rencontrée au Nord-ouest de la réserve et dans les zones dites Boumedrère, Ras M'nakher, Aïn Ben, Souamaa et Saf el-Ali avec des sujets dispersés. Au niveau de ce groupement, il y a lieu de citer la présence d'*Olea europea*, *Populus alba*, *Populus tremula* et *Ceratonia siliqua*.

✓ *La pelouse*

Ce groupement est connu par une végétation très basse, ouverte et fortement dépendante de la variation saisonnière. Les étendues importantes de cette formation sont représentées essentiellement par les terres labourables avec des cultures d'avoine et de blé, qui constituent une véritable source alimentaire pour le gibier. La plus remarquable de ces étendues est en

premier lieu la plaine de Moutas mais aussi M'nakher et Ain Jediye où nous y trouvons des plantes vivaces comme le ciste, la sauge et le thym.

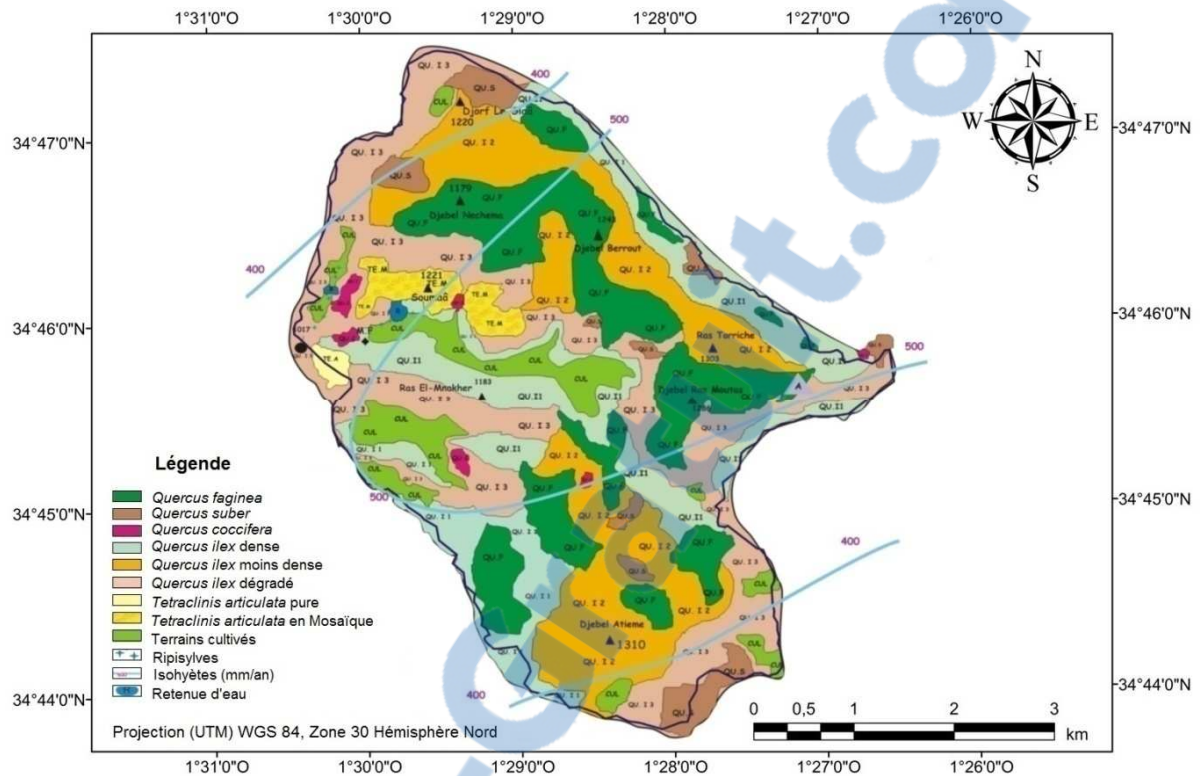


Figure 13 : Carte de la végétation de la RCT (Babali, 2014, modifiée par Eddine)

II.3.2. Diversité faunistique

La réserve en tant que zone clôturée minimise l'action anthropique et offre plus de quiétude aux espèces qu'elle abrite. Les aménagements cynégétiques effectués au sein de la réserve (points d'eau, abreuvoirs, retenues, cultures fourragères,...) ont permis à la faune existante de trouver des conditions optimales de survie.

L'hétérogénéité du couvert végétal et les caractéristiques géomorphologiques de la réserve offrent des habitats idéals pour l'installation d'une faune riche et diversifiée. Cette dernière est composée, selon l'inventaire établi par la réserve, de 134 espèces réparties en 69 oiseaux, 20 mammifères, 16 reptiles, 4 amphibiens et 25 insectes. Pour cette dernière classe, seulement les papillons ont été inventoriés. A cette faune autochtone, s'ajoutent trois espèces introduites dans le cadre du développement cynégétique mené par la réserve, il s'agit du Mouflon à manchettes (*Ammotragus lervia*), de la Gazelle dorcas (*Gazella dorcas*) et du Cerf daim (*Dama dama*).

Lors de notre prospection de terrain, de nombreux troupeaux du sanglier (*Sus scrofa*) ont été observés à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve. Ces bêtes sont connues par leurs dommages causés aux cultures agricoles et la réduction de leur effectif par les battues administratives reste limitée voire absente à travers toute la région.

II.4. Actions anthropiques et aperçu socio-économique

Le milieu naturel de la région méditerranéenne est devenu fragile de plus en plus et perd sa biodiversité comme tous les autres coins du globe terrestre suite aux changements climatiques et les fortes pressions anthropiques (Quézel et *al.*, 1991). Avec l'accroissement de la population humaine et l'augmentation des demandes en matières premières, divers pratiques et actions de destruction du patrimoine naturel sont apparus comme le défrichement, les feux de forêts et le surpâturage.

II.4.1. Occupation du sol

La réserve est caractérisée par une alternance de matorrals de chênes et d'autres espèces arbustives ayant une large couverture avec l'existence de bouquets de strate arborée de taille plus ou moins importante. On y trouve des terrains nus caillouteux mais aussi des terrains agricoles telles que la plaine de Moutas et la zone dite M'nakher. La RCT est entourée par trois petites agglomérations (Tameksalet, Hafir et Ain fetouh) et le barrage de Beni bahdel vers le Sud.

Pour mieux montrer la situation de la réserve et les composantes avoisinantes du terrain, nous avons utilisé une image satellitaire (198, 36) du 24 mars 2014 du Satellite LANDSAT 8 d'une résolution spatiale de 30×30 m. Vu la difficulté rencontrée pour classer les différents objets sur terre suite à leurs mécanisme d'absorption et réflexion, la matrice de confusion de l'image classifiée a montré plusieurs confusions entre les pixels des différentes composantes du terrain. Pour cette raison et pour apporter une réponse à notre question, on s'est limité à la composition colorée (CC) 5 4 2 qui fait apparaître la végétation chlorophylliennes en rouge. Les agglomérations citées précédemment sont mentionnées dans la spatio-carte traitée (Fig. 14).

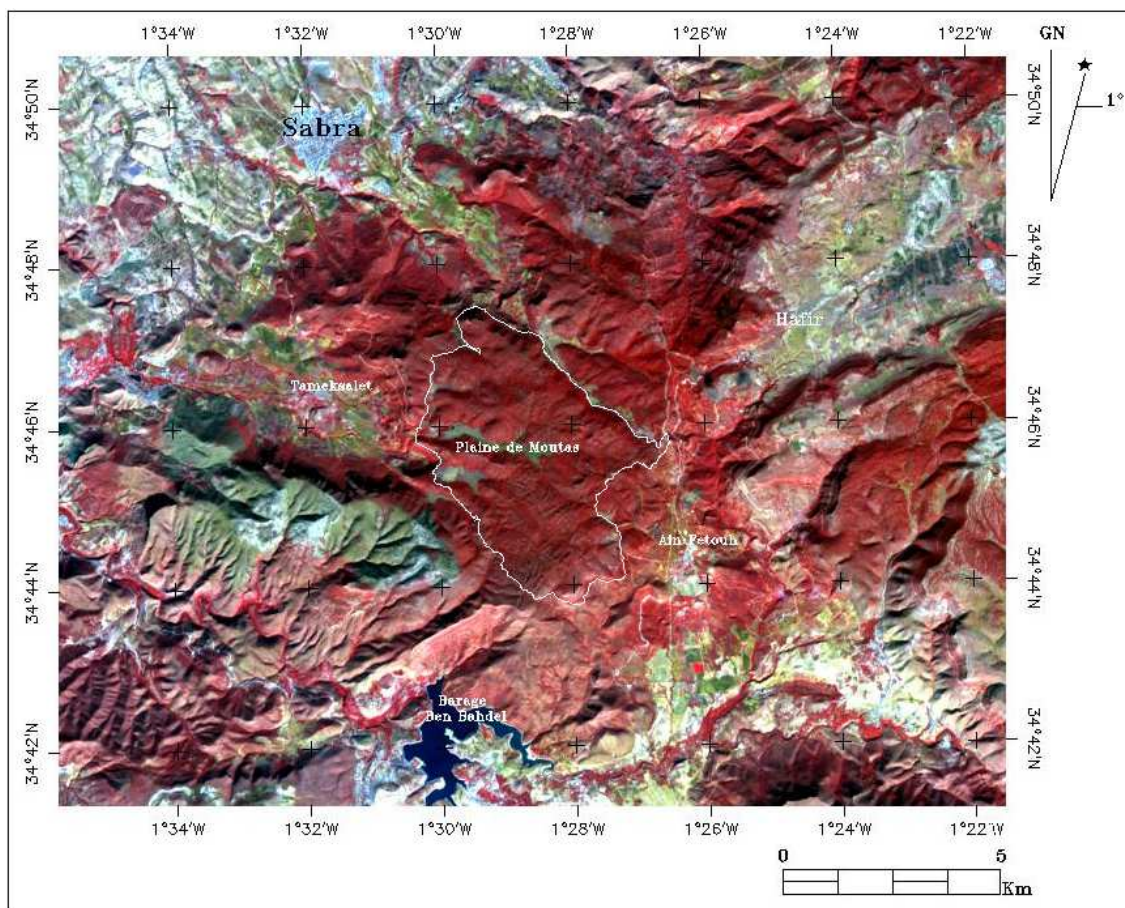


Figure 14 : Spatio-carte (CC 542, Landsat 8) de la région de la RCT (la ligne blanche représente la clôture de la réserve) (Originale, 2016)

II.4.2. Travaux de génie forestier

Afin de faciliter la réalisation des travaux de suivi, la surveillance et de lutte contre les feux de forêts, un réseau de pistes de 35.4 km et une route goudronnée de 5.76 km ont été réalisés (Fig. 15). En matière de dispositif de lutte contre les feux de forêts, la réserve est pourvue d'un ensemble de tranchés par feu (TPF) de 50 ha situé dans leur majorité sur les lignes de crêtes.

Les opérations d'élagage, de réalisation des seuils de correction torrentielle et d'aménagement des pistes et bassins d'eau effectués au niveau de la réserve, sont des actions qui peuvent stresser et déranger la faune existante suite au bruit des engins utilisées.

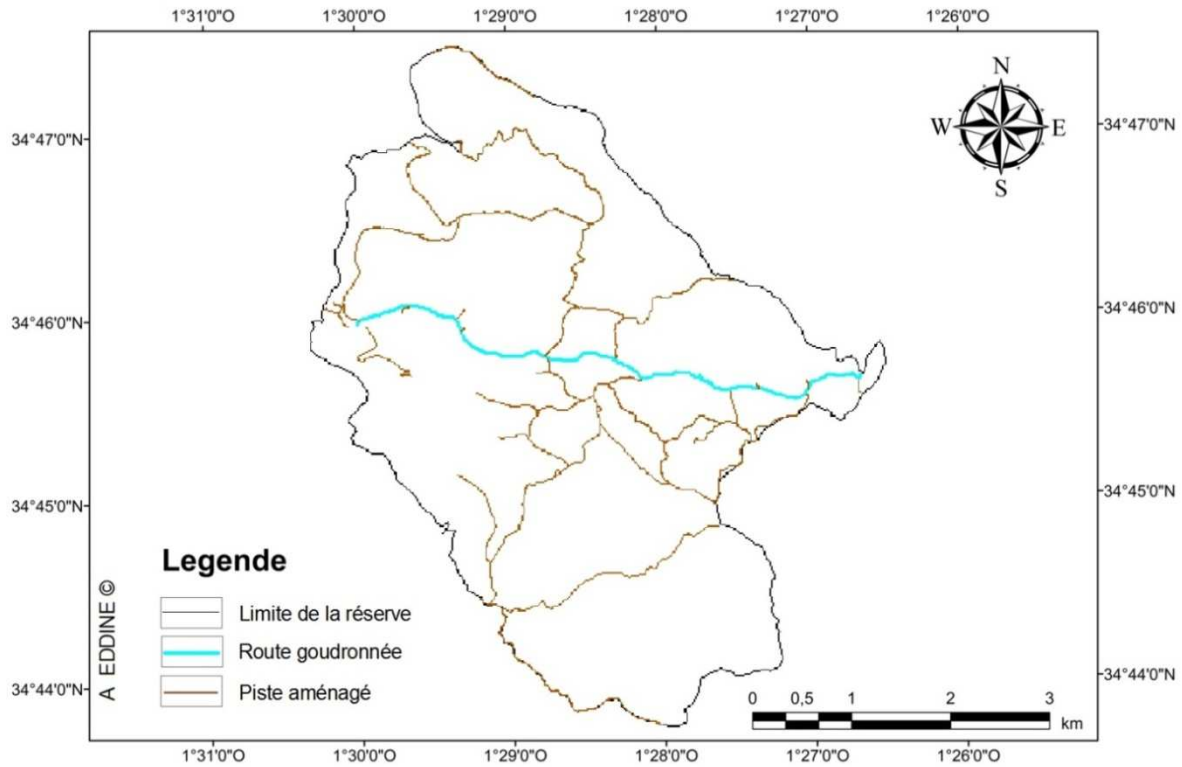


Figure 15 : Réseau d'infrastructure routière au niveau de la RCT (Originale, 2015)

II.4.3. Agriculture

L'agriculture est une pratique traditionnelle chez les riverains de la région. Mais vu la topographie de cette dernière, les terrains à vocation agricole avec un sol profond et riche en matière organique sont restreints. Au sein de la réserve, il existe deux terrains privés (M'nakher et Ain djedi) cultivés généralement en céréaliculture. A ceci s'ajoute la plaine de Moutas exploitée par la réserve en culture d'orge et d'avoine destinée à l'alimentation des mammifères introduits. Des plantations d'arbres fruitiers et forestiers sont également des actions menées au niveau de la réserve. A l'extérieur de celle ci, l'arboriculture fruitière à base d'olivier, agrumes, figuier, abricotier, pêcher et amandier représente la principale activité agricole.

II.4.4. Elevage et pâturage

La population autochtone et comme toutes populations riveraines pratique, en plus de l'agriculture, l'élevage ovin, bovin, caprin et l'aviculture par contre l'apiculture et l'élevage des équidés sont des activités moins importantes. L'effectif du cheptel domestique qui n'a pas cessé d'augmenter et la pénurie de l'alimentation au niveau des parcours avoisinants sont les principales causes qui poussent les éleveurs à tirer profit illégalement du pâturage à l'intérieur

de la réserve et de l'abreuvement de leurs troupeaux dans les bassins d'eau aménagés pour la faune sauvage. Par ailleurs, la présence de cheptels à l'intérieur de la réserve peut constituer une source d'alimentation supplémentaire pour les grands carnivores (Photo. 2).



Photo 3 : Cheptel ovin à l'intérieur de la RCT (Cliché Eddine, 2014)

II.4.5. Incendies de forêts

Le feu est un fléau qui fait disparaître des massifs forestiers entiers y compris leurs diversités faunistiques suite à la perte d'habitats. Etant un territoire gardé et surveillé notamment en période estivale, les incendies déclarés au niveau de la réserve sont très limités. Globalement, les quelques feux qui ont touché la réserve avaient comme origine l'incendie des formations forestières avoisinantes. Ces feux sont en général maîtrisés avant qu'ils parviennent à l'intérieur de la réserve.

CHAPITRE III : ECOLOGIE TROPHIQUE

III.1. Introduction

La scatologie est la science qui étudie les matières fécales (Seton, 1925). Depuis les années 70, le nombre d'études dans ce contexte n'a pas cessé d'accroître (Putman, 1984 ; Halfpenny & Biesiot, 1986 ; Kohn, 1997). Ce domaine est développé à partir des descriptions morphométriques des fèces à des techniques plus précises par l'application de la biologie moléculaire qui a permis d'établir de nouvelles approches pour la gestion des espèces menacées (Reed et *al.*, 1997).

Plusieurs informations peuvent être tirées à partir des fèces et leur contenu telles que l'identification spécifique des prédateurs (Seton, 1925 ; Camardella et *al.*, 2000), le domaine d'activité (Walker, 1996), la composition du régime alimentaire (Johnson & Hansen, 1978 ; Johnson & Aldred, 1982 ; Emmons, 1997 ; Inagaki & Tsukahara, 1993 ; Chinchilla, 1997 ; Kauhala & Auniola, 2001), la variation saisonnière des habitudes alimentaires (Corn & Warren, 1985 ; Aragona & Setz, 2001), l'identification des proies ingérées (Camardella et *al.*, 2000), la dispersion des semences (Fragoso & Huffman, 2000 ; Williams et *al.*, 2000), l'état de santé et la dynamique des parasites internes (Page et *al.*, 2001).

L'étude du régime alimentaire des grands prédateurs revêt une importance majeure dans le domaine de l'écologie vu leur position au sommet de la chaîne trophique. On y procède par deux méthodes : 1) à partir des analyses des contenus stomacaux (Berté et *al.*, 2008) pour les espèces dont les fèces sont difficiles à collecter. Cette technique nécessite le sacrifice d'un certain nombre d'individus, ce qui peut conduire à la déstabilisation des populations et indirectement l'écosystème, en plus du risque de trouver par fois des estomacs vides (Lodé, 1989) ; 2) à partir de l'analyse des crottes (Day, 1968 ; Ariagno, 1985 ; Khidas, 1986 ; Clevenger, 1995 ; Mostefai et *al.*, 2003 ; Amroun et *al.*, 2006, Ansorge et *al.*, 2006), une technique non-invasive qui permet de collecter un nombre important d'échantillons sans stresser les espèces étudiées (Litvatis, 2000).

En Algérie, les études sur l'écologie trophique des grands carnivores sont rares et elles ont porté jusqu'à maintenant sur une seule espèce, le Loup doré d'Afrique, (anciennement Chacal doré) au Djurdjura par Khidas (1986), Oubellil (2011), Amroun et *al.* (2014) et Eddine et *al.* (2017).

III.2. Méthodologie

En ce qui nous concerne et afin de réaliser l'étude du régime alimentaire du Loup doré d'Afrique dans la réserve de chasse de Tlemcen, nous avons procédé par les analyses des fèces, étant donné que c'est la méthode la plus pratique qui présente le plus d'avantages.

III.2.1. Reconnaissance et collecte des fèces

L'identification des crottes est l'étape la plus importante dans toute étude pareille. Pour différencier les excréments du Loup doré d'Afrique de ceux d'autres carnivores de la réserve, comme la Hyène rayée (*Hyaena hyaena*), le Renard roux (*Vulpes vulpes*), le Chat sauvage (*Felis lybica*), la Mangouste ichneumon (*Herpestes ichneumon*), la Genette commune (*Genetta genetta*) ou le Chien domestique (*Canis lupus familiaris*), nous avons pris en considération la taille, l'odeur, les caractéristiques morphométriques et le lieu de dépôts des crottes (Macdonald, 1980 ; Bang & Dahlström, 1991). La confusion entre les crottes du loup et celles du renard n'est pas fréquente puisque les excréments de ce dernier sont plus petits, contiennent rarement des fragments d'os, composés essentiellement par des proies de petits mammifères et des résidus de fruits et contiennent souvent des fragments d'insectes (Ansorge, 2015, com. pers).

Les crottes collectées sont mises dans des sacs en plastique sur lesquelles sont indiquées la date d'échantillonnage et les coordonnées géographiques du point de la collecte après avoir mesuré la largeur et la longueur des différents fragments pour éviter les dommages qui pourraient survenir lors de leurs transport au laboratoire où nous avons mesuré le poids frais et procédé à leur traitement par la suite. Les crottes prélevées dans des endroits où des chiens et des renards ont été contactés ont fait, en plus, l'objet d'une identification moléculaire au niveau de l'institut de recherche de conservation génétique de Senckenberg (Allemagne) afin d'éviter toute confusion et ne pas fausser les résultats par la suite.

III.2.2. Période d'enquête et taille d'échantillonnage

Une période d'une année allant de Juin 2014 à Mai 2015 a été consacrée pour la collecte des échantillons où nous avons parcouru tout le territoire de la réserve à la recherche des crottes du loup avec une moyenne de deux sorties par semaine. Au total 96 sorties ont été réalisées, elles nous ont permis de collecter 247 fèces intactes. Les crottes dégradées n'ont pas été prises en considération.

III.2.3. Traitement des échantillons au laboratoire

Les échantillons collectés ont été systématiquement traités au laboratoire selon le protocole décrit par (Hamdine et al., 1993). Les crottes sont soumises à une stérilisation dans une étuve à une température de 118 °C pendant une heure pour éliminer le risque de contamination par les parasites fréquemment connus dans les excréments des carnivores tels que les œufs de ténia (Amroun et al., 2014). Par la suite, les fèces sont immergées dans de l'eau pendant 24 à 48 h puis lavées et effritées dans un tamis de 200 µm de maille afin d'éviter la perte des petits

fragments. Les résidus obtenus sont séchés dans une étuve à une température de 60 °C durant 24 h. Enfin, les restes d'aliments non digérés (poils, os, matériel végétal, fragments d'insectes) sont séparés et pesés avec une balance de précision (Photo. 4).

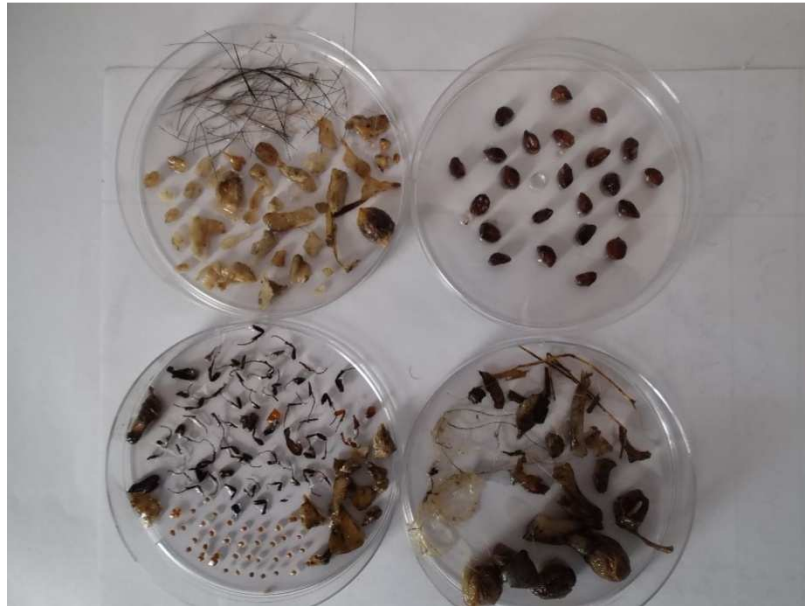


Photo 4 : Tri d'items alimentaires non digérés (Originale, 2015)

III.2.4. Détermination des composants alimentaires

L'analyse des fèces a permis d'obtenir des items alimentaires différents selon le type et la taille des proies consommées. Contrairement aux fragments d'os, les poils des proies ingérées restent, après le processus de digestion, en état relativement intact (Day, 1966). La détermination des proies mammaliennes est basée essentiellement sur l'identification des poils grâce à une observation macroscopique (observation à l'œil nu) et microscopique pour voir leur structure. Les fragments d'os, sabots, griffes et dents examinés sous une loupe binoculaire, ont également joué un rôle non négligeable dans l'identification des items isolés. Lors du traitement des crottes, des poils isolés sont parfois rencontrés. Il s'agit habituellement de poils de sanglier considérés comme des restes de vestiges d'un ancien repas dans le tube digestif du prédateur, ils ne sont pas intégrés dans les calculs (Mattioli et *al.*, 2004). Nous avons rencontré également dans les crottes les propres poils du loup que nous avons considérés comme un résultat du toilettage (Ansorge, 2015, com. pers).

L'identification macroscopique des poils se fait en se basant sur leur couleur, longueur, épaisseur et ondulation (Ansorge, 2015, com. pers). Pour l'observation microscopique, nous avons utilisé un microscope Euromax, série OXION avec un grossissement de (10×10), (10×40) et (10×100), relié à une caméra qui permet d'enregistrer des photos sur ordinateur.

Pour améliorer le contraste de l'observation sous objectif, de l'huile d'immersion a été utilisée en gouttes entre lame et lamelle. L'identité spécifique des poils a été déterminée en examinant la structure de la cuticule qui caractérise chaque espèce (Teerink, 1991 ; Meyer et *al.*, 2002).

La détermination des restes de proies a été réalisée en comparant les items isolés avec des guides d'identification (Day, 1966 ; Chaline et *al.*, 1974 ; Faliu et *al.*, 1980 ; Debrot et *al.*, 1982) mais aussi avec notre propre manuel de poils que nous avons établis à partir d'échantillons prélevés sur des mammifères trouvés morts dans la réserve, tels que les vaches, Cerf daim, sanglier, Lapin de garenne, Hyène rayée et Chat sauvage (Photos. 5 et 6) (Annexe photos). En outre, une bonne partie de nos items a été identifiée au niveau du muséum d'histoire naturelle de Senckenberg (Allemagne), principalement les os, les mâchoires de rongeurs et leurs poils.

La détermination des résidus végétaux a été réalisée en comparaison avec des spécimens de référence collectés au niveau de la réserve et aussi avec l'aide des botanistes. En fin, l'identification des fragments d'insectes a été faite avec l'aide de collègues zoologistes de l'université de Tlemcen. Les restes de reptiles n'ont pas été déterminés jusqu'à l'espèce vu l'absence d'un guide de détermination et la difficulté de faire des analyses génétiques.

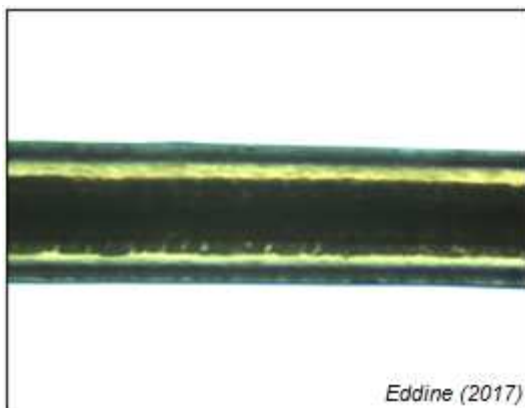


Photo 5 : Poil de *Sus scrofa* (G : 10x40)

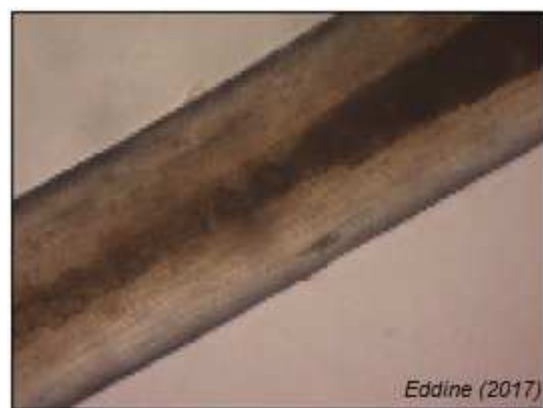


Photo 6 : Poil de *Bos taurus* (G : 10x40)

III.2.5. Détermination de l'âge des proies

La distinction des différentes classes d'âge n'a été envisagée que pour les ongulés vu l'absence de collections des espèces qui occupent la région. Les caractéristiques de la cuticule des poils ont été examinées pour séparer les juvéniles des adultes (De Marinis & Asprea, 2006), d'autres types d'items rencontrés tels que les sabots, les dents et les fragments d'os ont été pris en considération également. Les proies qui n'ont pas été clairement identifiées comme des juvéniles ont été classées comme adultes et utilisées dans le calcul de la biomasse (Ansoerge, 2015, com. pers).

III.3. Evaluation des données collectées

Pour connaître la variation saisonnière des proies consommées, les résultats obtenus ont été groupés selon des périodes de trois mois correspondant aux saisons standards reconnues dans le climat méditerranéen.

III.3.1. Détermination de la fréquence

La fréquence d'occurrence (F_i) d'un item déterminé dans les échantillons analysés est le rapport des crottes dans lequel ce dernier est apparu sur le nombre total des crottes traitées (Ansorge et *al.*, 2006 ; Mahmood et *al.*, 2011).

$$F_i (\%) = \frac{N_i \times 100}{N}$$

Où F_i : Fréquence d'occurrence
 N_i : Nombre de crottes contiennent l'item (i)
 N : Nombre total des crottes traitées

La fréquence relative d'occurrence (Fr) d'un item est donnée par le rapport entre le nombre d'apparition d'un item alimentaire et le nombre total d'apparition de tous les items identifiés (Mostefai et *al.*, 2003 ; Amroun et *al.*, 2006).

$$Fr (\%) = \frac{N_i \times 100}{N}$$

Où Fr : Fréquence relative
 N_i : Nombre d'apparition de l'item (i)
 N : Nombre totale des items trouvés

III.3.2. Calcul de la biomasse

La biomasse des proies ingérées (BM) est obtenue en multipliant le poids sec de chaque item identifié avec le coefficient de sa digestibilité (Goszcezynski, 1974 ; Fairey et *al.*, 1987 ; Jędrzejewska & Jędrzejewski, 1998 ; Ansorge et *al.*, 2006 ; Lanszki et *al.*, 2009 ; Borkowski et *al.*, 2011). Dans ce contexte, Goszcezynski (1974) a déterminé le coefficient de digestibilité pour différentes catégories de proies (Tab. 7) ainsi que la formule de calcul de la biomasse :

$$BM(kg) = T M_i \times V K$$

Où BM : biomasse consommée de l'espèce (i) en (kg)
 $T M_i$: poids sec total de l'espèce (i) en (kg)
 $V K$: coefficient de digestibilité spécifique

Il est à signaler que pour la catégorie alimentaire des déchets organiques, nous n'avons pas calculé la biomasse consommée vu qu'elle ne dispose pas de coefficient de digestibilité.

Tableau 7 : Coefficient de digestibilité spécifique des différentes catégories alimentaires

Catégories de proies		Age	Coefficient de digestibilité
Antilopes			
Cerf	(<i>Capreolus capreolus</i>)	Adl/Juv	118/50
Cerf rouge	(<i>Cervus elaphus</i>)	Adl/Juv	118/50
Sanglier	(<i>Sus scrofa</i>)	Adl/Juv	118/50
Mouflon	(<i>Ovis ammon musimon</i>)	Adl	118
Daim	(<i>Cervus dama</i>)	Adl	118
Cheptel domestiqués		Adl	118
Mammifères de tailles moyennes		Adl	50
Mammifères de petites tailles		Adl	23
Oiseaux		Adl	35
Poissons		Adl	25
Reptiles		-	18
Fruits		-	14
Insectes		-	5

Source : (Goszczyński, 1974)

Pour calculer la biomasse des proies consommées, il faut déterminer préalablement le poids sec des résidus alimentaires non digérés ce qui nécessite l'estimation du pourcentage en volume correspondant aux différents items identifiés par crotte. Si une seule espèce de proie est détectée, cet item est utilisé dans le calcul de la biomasse avec une fraction de volume de 100%. Autrement dit, si nous avons identifié plus d'une espèce de proie qui représente au moins 5% du volume totale de la crotte, une estimation macroscopique est effectuée par la même personne pour tous les échantillons de ce type.

Le poids sec des items identifiés est calculé par l'équation suivante (Goszczyński, 1974):

$$TM_i (g) = \frac{\sum TM \times Vol (\%)}{100 (\%)}$$

Où TM_i : masse sèche de l'espèce (i) en (g)

$\sum TM$: poids sec total de la solution en (g)

Vol : La fraction volumique de l'espèce (i) dans la solution en (%)

III.3.3. Indice de diversité de Shannon

Pour mieux caractériser le spectre alimentaire du loup, nous avons calculé l'indice de diversité de Shannon (H') donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^{i=n} P_i \times \log_2 P_i$$

Où P_i : Fréquence relative d'occurrence de chaque item alimentaire
 n : Nombre d'items alimentaire identifiés

III.3.4. Indice d'équitabilité

L'indice d'équitabilité (E) apporte plus de détails sur la niche trophique (Muhlenberg, 1993). Cet indice est calculé selon la formule proposée par Ramade (2003) :

$$E = \frac{H'}{H_{max}} \text{ avec } H_{max} = \log_2 S$$

Où E : Indice d'équitabilité
 H' : Indice de diversité de Shannon
 H_{max} : diversité maximale

L'indice d'équitabilité (E) vari entre zéro et un. Lorsqu'il tend vers zéro cela signifie que le spectre alimentaire est dominé par une catégorie de proie et quand il tend vers un, on peut dire que la répartition des proies consommées est plus ou moins équilibrée.

III.3.5. Test d'indépendance de Khi-deux

Le test de Khi-deux caractérise la différence entre deux ou plusieurs échantillons indépendants à partir de la différence entre les valeurs observées et attendues. Nous avons effectué ce test pour savoir s'il y a une différence significative dans l'apparition des proies ingérées pendant les quatre saisons en utilisant la formule suivante:

$$\chi^2 = \sum \frac{(obs - exp)^2}{exp}$$

Où obs : valeur observée
 exp : valeur attendue

III.4. Résultats

Au total, 247 crottes ont été récoltées et ont fait objet de vérification et d'analyse par la suite. Les échantillons ont été recherchés à travers tout le territoire de la réserve afin de connaître les habitats fréquentés par le loup. Une cartographie a été établie à cet effet (Fig. 16).

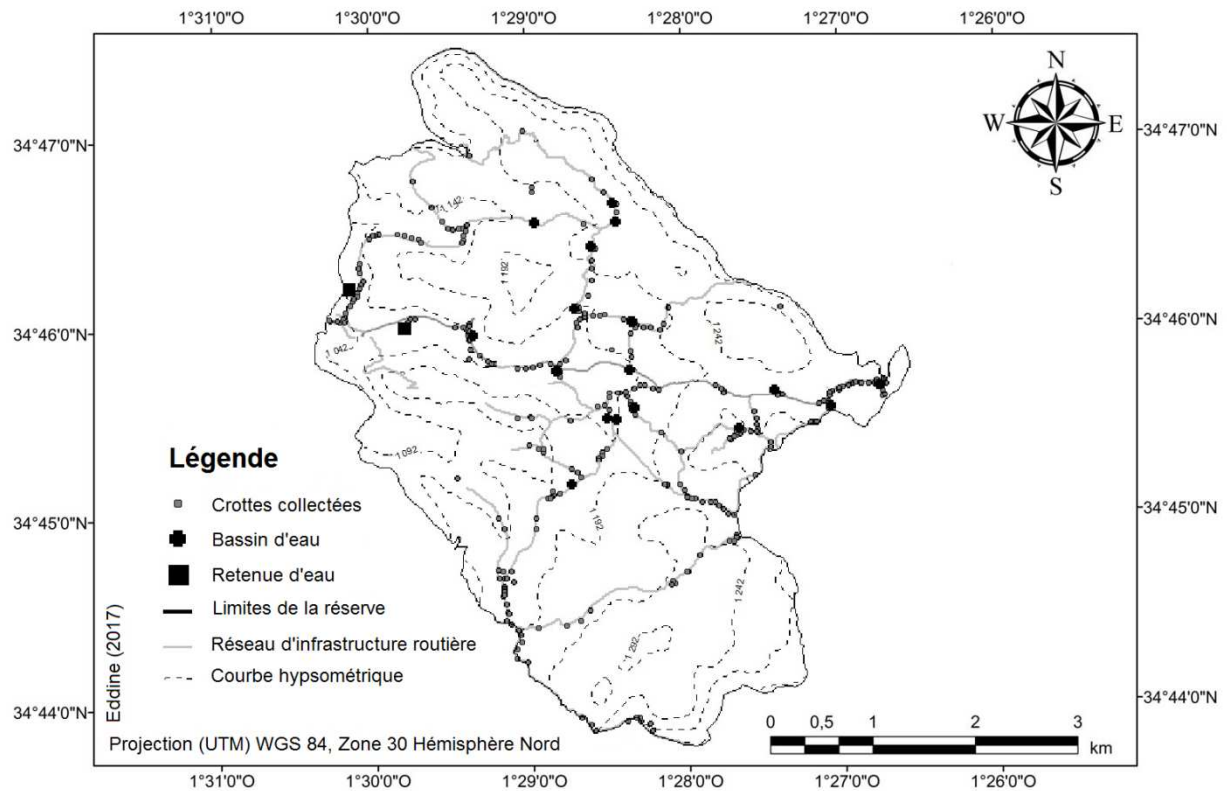


Figure 16 : Distribution des échantillons collectés au sein de la RCT

III.4.1. Identification moléculaire des crottes

L'extraction et l'amplification de l'ADN ont été effectuées avec succès pour les échantillons de matières fécales concernés. Les séquences d'ADN obtenues ont été comparées avec ceux de la base des données NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank>) pour vérifier l'identité du prédateur. La discrimination entre les espèces de canidés a confirmé que 11 échantillons appartenaient au Loup doré d'Afrique (*Canis anthus*) et un échantillon appartenait à un Chien domestique (*Canis lupus familiaris*) qui a été exclu des analyses du régime alimentaire.

IV.4.1. Pesée et mensuration des crottes

La masse fraîche des échantillons varie de 13 et 148 g avec une moyenne de 31,02 g. Cette grande variabilité dans le poids des fèces est liée surtout à leur date de défécation (anciennes, fraîches) ainsi qu'aux conditions climatiques auxquelles elles sont exposées. Alors que la masse sèche, après dessiccation, comprenant des items alimentaires non digérés tels que les poils, les os et les matières végétales varie entre 0,8 et 21,7 g.

Par ailleurs, la longueur des crottes au moment de leur collecte oscille entre 97 et 236 mm avec une moyenne de 112,2 mm. Par contre, le diamètre quant à lui est compris entre 18 et 25

mm avec une moyenne de 16,7 mm. La mesure du diamètre n'était toujours pas aisée et parfois certaines crottes n'ont pas fait l'objet de mesures à cause de leurs formes.

III.4.3. Identification spécifique des proies ingérées

A partir des 246 crottes décortiquées, nous avons déterminé 543 items alimentaires appartenant à 30 espèces différentes et trois familles, en plus des matières d'origine anthropiques (déchets organiques). Les proies identifiées sont réparties comme suit : 14 espèces de mammifères dont trois sont domestiques (*Bos taurus*, *Ovis aries* et *Capra hircus*), 12 espèces végétales dont la plupart sont des fruits et graines (*Juniperus oxycedrus*, *Chamaerops humilis*, *Rosa* sp, *Ceratonia siliqua*, *Arbutus unedo*, *Prunus persica*, *Prunus armeniaca*, *Prunus* sp, *Cucumis melo*), trois espèces d'oiseaux (*Anas platyrhynchos*, *Alectoris barbara* et *Gallus gallus domesticus*), trois familles d'insectes (Buprestidae, Carabidae et Scarabaeidae) et une espèce de reptile (Tab. 8).

Les excréments contenaient généralement un à trois items alimentaires avec 35% composé de deux items, 33,3% de trois et 25,6% d'un seul. Il y a eu des cas où nous avons trouvé même des crottes avec quatre et cinq items (Fig. 17).

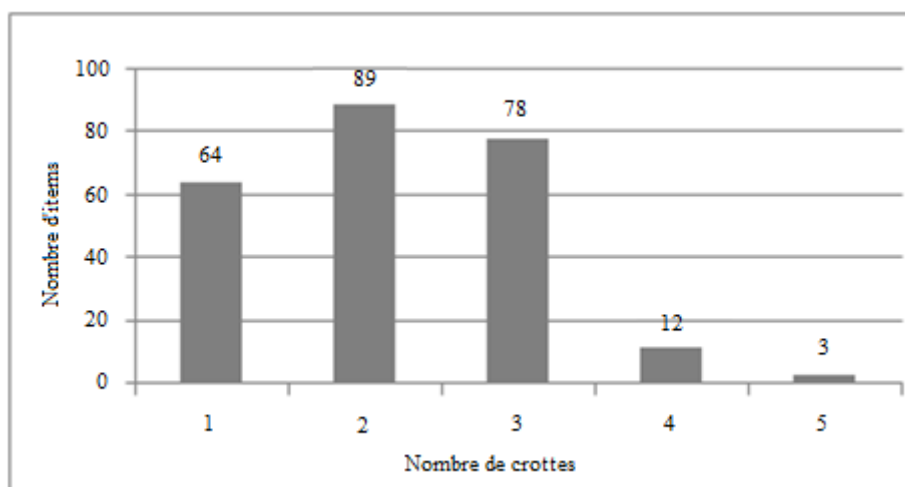


Figure 17 : Nombre d'items par crotte du Loup doré d'Afrique

IV.4.3. Caractéristique du régime Alimentaire

A première vue, l'analyse coprologique montre que le régime alimentaire est caractérisé par une composition poly-spécifique qu'on peut subdiviser en sept principales catégories : mammifères, oiseaux, insectes, reptiles, fruits et végétaux, items indéterminés et déchets organiques (Fig. 18). Les différents types d'aliments ne sont pas ingérés avec les mêmes proportions et certains, le cas des végétaux, possèdent une valeur nutritive quasiment nulle.

Les figures 18 et 19 illustrent respectivement les prélèvements en fréquences d'occurrences et en biomasse des différentes catégories alimentaires. Ainsi, les mammifères représentent les proies les plus importantes dans le spectre alimentaire du loup (Fi 67,47% et BM 78,12%) suivis par les fruits et végétaux (Fi 77,23% et BM 15,17%). Les autres catégories sont faiblement consommées notamment en termes de biomasse.

Dans la catégorie des mammifères, les grandes proies, représentées essentiellement par le sanglier et les ovins, constituent la plus importante part du régime trophique du loup avec une fréquence d'occurrence de 35,37% et une biomasse de 55,62%.

Les mammifères sauvages occupent la plus grande proportion parmi tous les types d'aliments consommés avec 56,27% de la biomasse totale ; et la prépondérance du sanglier est régulièrement affirmée tout le long de l'année. Cette proie a été rencontrée dans le 1/3 des crottes analysées (28,05%) et représente à elle seule 41,51% de la biomasse totale.

Par la suite, viennent les lagomorphes, représentés par le Lièvre brun (*Lepus capensis*) et le Lapin de garenne (*Oryctolagus cuniculus*), avec une fréquence d'occurrence de 8,17% et une fraction de biomasse de 6%. Suivi par les petits mammifères (rongeurs) qui sont prédatés avec une fréquence d'occurrence de 12,19% et occupant une biomasse de 2,37%. Ce type d'aliments est représenté par la famille des Muridae (*Apodemus sylvaticus*, *Rattus rattus*, *Mus musculus* et *Lemniscomys barbarus*) avec une préférence pour *Mus musculus*, rencontré dans 13 crottes, le Rat rayé (*Lemniscomys barbarus*) n'a été identifié qu'à deux occasions. En outre, pour les insectivores, des restes non digérés de l'Hérisson d'Algérie (*Atelerix algirus*), ont été rencontrés dans cinq échantillons.

Quant à la consommation des oiseaux, elle est faible (Fi 14,63%, BM 4,84%) et touche seulement trois espèces dont deux sauvages, le Canard colvert (*Anas platyrhynchos*), la Perdrix gabra (*Alectoris Barbara*), et une espèce de Poule domestique (*Gallus gallus domesticus*).

Les fruits et les végétaux sont fréquemment ingérés (Fi 63% BM 15,17%). Ce type d'aliment comprend principalement le chamaerops, les baies de genévrier, la caroube, les pêches, les arbouses et les abricots.

Les insectes ont été trouvés dans 35 fèces, cela correspond à une part de 14,23% des échantillons examinés. Cette catégorie est faiblement consommée (BM 0,6%), elle est représentée par trois familles, Buprestidae, Carabidae et Scarabaeidae.

Concernant les mammifères domestiques et excepté les ovins qui constituent une part relativement importante dans le spectre alimentaire du loup (Fi 7,32%, BM 14,11%), les

bovins (Fi 3,66%, BM 6,73%) et les caprins (Fi 0,45%, BM 1,01%) s'ajoutent également à son menu avec de très faibles quantités.

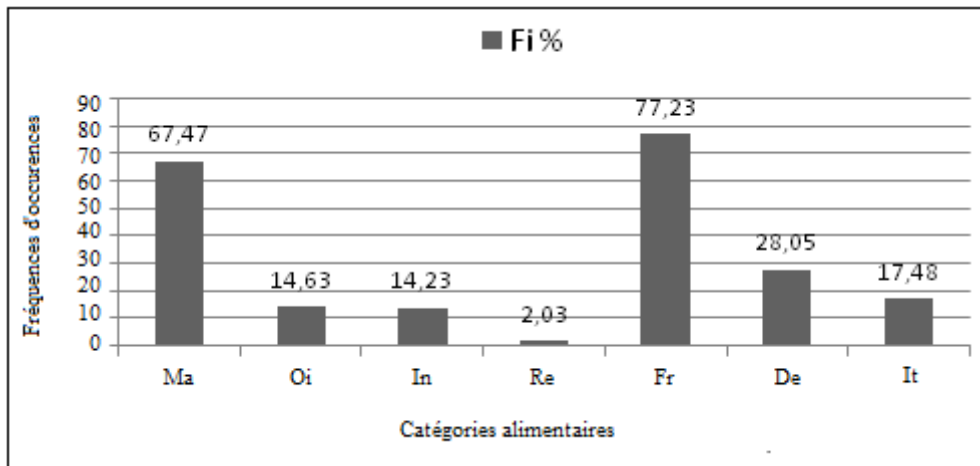


Figure 18 : Fréquences d'occurrence des différentes catégories de proies (Ma : Mammifères, Oi : Oiseaux, In : Insectes, Re : Reptiles, Fr : Fruits et végétaux, De : Déchets et It : Items indéterminés)

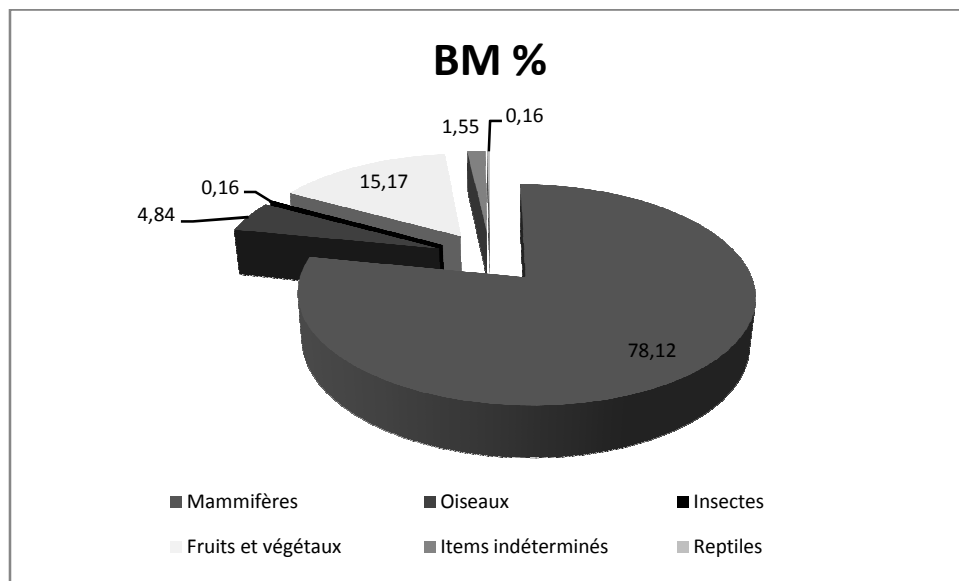


Figure 19 : Biomasse des différentes catégories de proies ingérées par le Loup doré d'Afrique dans la RCT

Tableau 8: Composition du régime alimentaire du Loup doré d'Afrique (*C. anthus*) dans la RCT (Fi%: fréquence d'occurrence, Fr%: fréquence relative d'occurrence, BM%: proportion de la biomasse, N: nombre des crottes analysées, n: nombre d'apparition des items alimentaires)

Items alimentaires	Eté (N = 51)				Automne (N = 54)				Hiver (N = 84)				Printemps (N = 57)				Total (N = 246)			
	N	Fi %	Fr %	BM%	n	Fi %	Fr %	BM%	N	Fi %	Fr %	BM%	N	Fi %	Fr %	BM%	n	Fi %	Fr %	BM%
Mammifères sauvages	37	72.54	28.03	54.73	23	42.59	19.01	50.28	36	42.85	23.68	55.87	42	73.68	30.43	60.8	138	56.09	25.41	56.27
<i>Sus scrofa</i>	12	23.53	9.1	30.93	18	33.33	14.88	46.21	17	20.24	11.18	40.56	22	38.6	15.95	45.27	69	28.05	12.71	41.51
<i>Dama dama</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.19	0.66	3.55	1	1.75	0.72	2.82	2	0.81	0.37	1.96
<i>Histrix cristata</i>	2	3.92	1.52	1.96	1	1.85	0.83	1.08	5	5.95	3.29	5.69	3	5.26	2.18	3.74	11	4.47	2.03	3.24
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	9	17.65	6.81	13.83	2	3.7	1.65	1.98	3	3.57	1.97	2.27	5	8.77	3.62	6.48	19	7.72	3.5	5.81
<i>Lepus capensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.19	0.66	0.9	-	-	-	-	1	0.45	0.18	0.19
<i>Atelerix algirus</i>	2	3.92	1.52	2.52	-	-	-	-	3	3.57	1.97	1.66	-	-	-	-	5	2.03	0.92	1.09
<i>Felis lybica / catus</i>	1	1.96	0.74	0.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.45	0.18	0.1
<i>Apodemus sylvaticus</i>	2	3.92	1.52	1.68	1	1.85	0.83	0.25	3	3.57	1.97	0.62	4	7.02	2.9	1	10	4.07	1.84	0.91
<i>Rattus rattus</i>	2	3.92	1.52	1.2	1	1.85	0.83	0.76	-	-	-	-	2	3.51	1.45	0.83	5	2.03	0.92	0.61
<i>Mus musculus</i>	5	9.8	3.78	1.21	-	-	-	-	3	3.57	1.97	0.62	5	8.77	3.62	0.66	13	5.28	2.39	0.66
<i>Lemniscomys barbarus</i>	2	3.92	1.52	0.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.81	0.37	0.19
Mammifères domestiques	7	13.72	5.3	26.92	2	3.7	1.65	13.12	10	11.9	6.57	20.14	9	15.78	6.52	25.84	28	11.38	5.15	21.85
<i>Bos taurus</i>	3	5.88	2.27	10.56	2	3.7	1.65	13.12	3	3.57	1.97	5.64	1	1.75	0.72	2.66	9	3.66	1.66	6.73
<i>Ovis aries</i>	4	7.84	3.03	16.36	-	-	-	-	7	8.33	4.61	14.5	7	12.28	5.08	19.77	18	7.32	3.31	14.11
<i>Capra hircus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.75	0.72	3.41	1	0.45	0.18	1.01
Reptiles	3	5.88	2.27	0.19	1	1.85	0.83	0.19	-	-	-	-	1	1.75	0.72	0.25	5	2.03	0.92	0.16
Oiseaux sauvages	9	17.64	6.81	3.64	6	11.1	4.96	6.31	3	3.57	1.97	1.14	4	7.01	2.9	1.66	22	8.94	4.05	2.75
Oiseaux domestiques	6	11.76	4.54	4.21	1	1.85	0.83	1.15	3	3.57	1.97	1.28	4	7.01	2.9	1.91	14	5.69	2.58	2.09
Insectes	16	31.37	12.12	0.37	3	5.55	2.47	0.06	5	5.95	3.29	0.05	11	19.3	7.97	0.17	35	14.23	6.45	0.16
Animaux indéterminés	2	3.92	1.52	1.9	3	5.55	2.47	3.12	3	3.57	1.97	0.55	3	5.26	2.18	1.58	11	4.47	2.03	1.55
Total des proies animales	80	-	60.61	91.96	39	-	32.23	74.23	60	-	39.45	79.03	74	-	53.63	92.21	253	-	46.59	84.83
Fruits et graines	18	35.29	13.63	6.83	51	94.44	42.14	21.71	63	75	41.45	20.16	23	40.35	16.66	5.39	155	63.01	28.55	13.11
<i>Juniperus oxycedrus</i>	-	-	-	-	15	27.77	12.4	5.48	8	9.52	5.26	1	9	15.79	6.52	1.66	32	13.01	5.89	1.75
<i>Chamaerops humilis</i>	-	-	-	-	28	51.85	23.14	15.36	53	63.1	34.87	18.97	5	8.77	3.62	0.66	86	34.96	15.84	8.83
<i>Rosa sp</i>	-	-	-	-	2	3.7	1.65	0.35	1	1.19	0.66	0.14	-	-	-	-	3	1.22	0.55	0.1
<i>Ceratonia siliqua</i>	6	11.76	4.54	1.32	-	-	-	-	-	-	-	-	8	14.04	5.8	2.74	14	5.69	2.58	1.09
<i>Arbutus unedo</i>	-	-	-	-	6	11.11	4.96	0.52	1	1.19	0.66	0.05	-	-	-	-	7	2.85	1.29	0.11
<i>Prunus persica</i>	7	13.73	5.3	3.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	2.85	1.29	0.8
<i>Prunus armeniaca</i>	1	1.96	0.76	0.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.45	0.18	0.08
<i>Cucumis melo</i>	2	3.92	1.52	0.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.81	0.37	0.16
<i>Prunus sp</i>	2	3.92	1.52	0.85	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.75	0.72	0.33	3	1.22	0.55	0.19
Feilles des plantes	13	25.49	9.84	1.21	19	35.18	15.7	3.99	12	14.28	7.89	0.81	23	40.35	16.66	2.4	67	27.23	12.34	2.06
<i>Quercus ilex</i>	3	5.88	2.27	0.37	6	11.11	4.96	0.85	10	11.9	6.58	0.71	9	15.79	6.52	1.16	28	11.38	5.16	0.88
<i>Quercus faginea</i>	2	3.92	1.52	0.19	2	3.7	1.65	0.27	1	1.19	0.66	0.05	2	3.51	1.45	0.33	7	2.85	1.29	0.19
Grass	3	5.88	2.27	0.56	8	14.81	6.61	2.55	1	1.19	0.66	0.05	9	15.79	6.52	0.5	21	8.54	3.87	0.72
Végétaux indéterminés	5	9.8	3.78	0.09	3	5.55	2.47	0.32	-	-	-	-	3	5.26	2.18	0.41	11	4.47	2.03	0.27
Total des items végétaux	31	-	23.48	8.04	70	-	57.84	25.77	75	-	49.35	20.97	46	-	33.33	7.79	222	-	40.89	15.17
Sol et déchets organiques	21	41.18	15.91	-	12	22.22	09.93	-	17	20.24	11.2	-	18	33.33	13.04	-	68	28.05	12.52	-
Total	132	-	100	100	121	-	100	100	152	-	100	100	138	-	100	100	543	-	100	100

III.4.5. Proportion des juvéniles dans le régime alimentaire

La détermination des individus au stade juvénile parmi les proies consommées est toujours une tâche difficile et représente seulement une estimation minimale dans le cas où nous réussissons à le faire. La seule proie dont nous avons pu estimer l'âge jeune est le sanglier. Malheureusement, il n'existe aucune donnée sur les fissures de poils de cet animal qui nous permet la détermination de son âge précis (Ansorge, 2015, Com. Pers). Les proies juvéniles ont été identifiées dans 20 échantillons, ce qui représente 29,85% du total d'apparition de cette espèce. Le calcul de la biomasse des juvéniles a été fait conformément aux méthodes proposées par Goszczyński (1974). Ainsi, la part des juvéniles représente une proportion de 11,91% de la biomasse totale consommée et 28,69% du total de la biomasse du sanglier. Cette proportion diffère d'une saison à une autre où la valeur la plus importante a été observée pendant le printemps (Fig. 20).

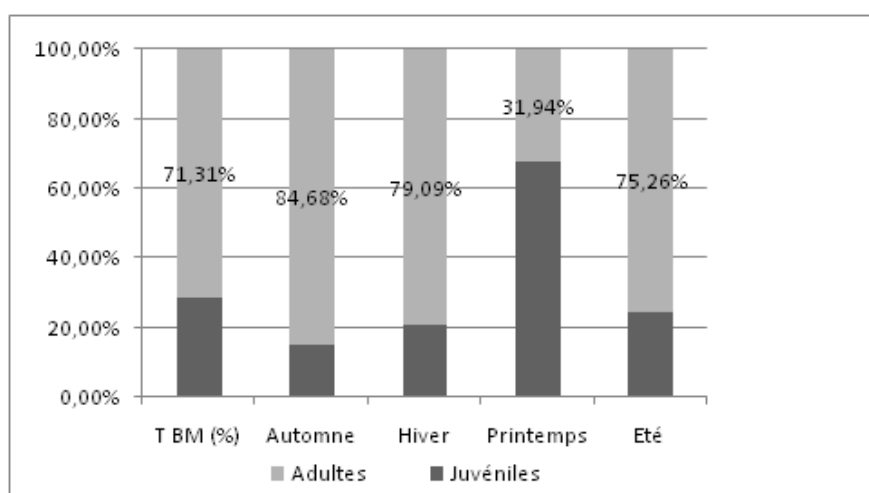


Figure 20 : Proportion des juvéniles et adultes de sanglier dans le spectre alimentaire du Loup doré d'Afrique au niveau de la RCT

III.4.6. Contribution des animaux domestiques

Les proies animales domestiques (*Bos taurus*, *Ovis aries*, *Capra hircus* et *Gallus gallus domesticus*) constituent une part importante dans la biomasse consommée par le loup et atteignent 23,94% de la biomasse totale (Fig. 21). Ces proies sont consommées soit à partir de cadavres d'animaux morts jetés dans la réserve, généralement c'est le cas des bovins, soit chassées à partir des cheptels (ovins, caprins) qui y pâturent.

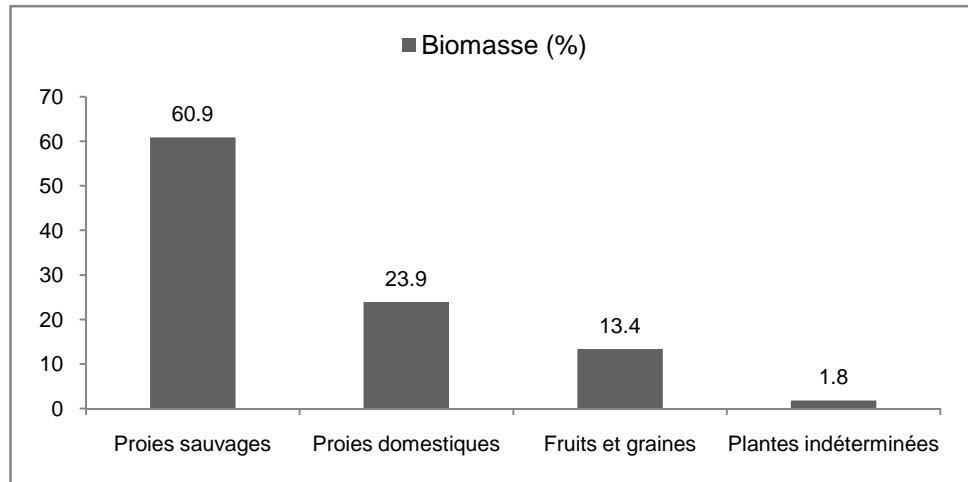


Figure 21 : Biomasse des grands types d'aliments ingérés par le Loup doré d'Afrique dans RCT

III.4.7. Variation saisonnière du régime alimentaire

Le test d'indépendance de Khi-deux a montré une variation significative dans l'alimentation saisonnière du Loup doré d'Afrique avec $X^2 = 255.24$, ddl = 96 et $p = 0.000$ (Fig. 22). Les proies appartenant à la catégorie des mammifères ont été identifiées pendant tout le cycle annuel avec des proportions différentes mais soumises au test de Khi-deux, aucune différence significative n'a été enregistrée dans l'apparition de ces proies à travers les quatre saisons ($X^2 = 27.77$, ddl = 24, $p = 0.267$). De même, la consommation des oiseaux et des insectes n'est pas influencée par la variation des saisons et le Khi-deux a montré respectivement ($X^2 = 2.518$, ddl = 3, $p = 0.472$ et $X^2 = 18.272$, ddl = 6, $p = 0.06$) qu'il n'y a pas de différence significative dans la prédation de ces deux catégories. Seul, la catégorie des fruits et végétaux, qui joue un rôle non négligeable dans l'alimentation du loup, est fortement dépendante à la variation saisonnière comme le révèle le test de Khi-deux ($X^2 = 172.02$, ddl = 24, $p = 0.000$).

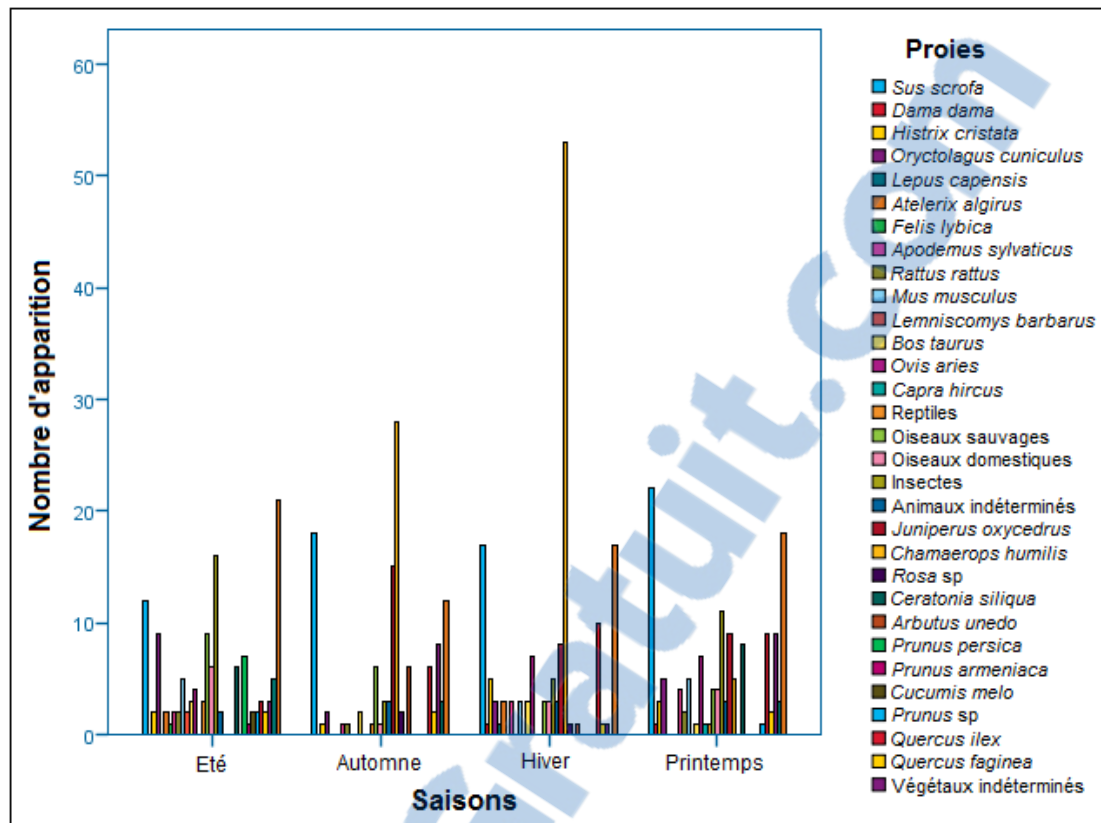


Figure 22 : Variations saisonnières du régime alimentaire du Loup doré d'Afrique dans la RCT

IV.4.7.1. Période estivale

Durant cette saison allant de Juin à Aout 2014, nous avons récolté 51 crottes. L'examen de ces dernières a montré que la catégorie des mammifères semble dominer le spectre alimentaire du loup, avec une fréquence relative d'occurrence (Fr) de 33,33% ce qui correspond à une biomasse de 81,65%, où le sanglier (Fr 9,1%, BM 30,93%) et le lapin (Fr 6,81%, BM 13,83%) constituent les principales proies prédatées. Parmi les mammifères consommés pendant cette période, il y a lieu de citer le Chat sauvage (*Felis lybica*) qui est l'unique carnivore, identifié une seule fois dans le régime alimentaire annuel de ce canidé. La catégorie des fruits et végétaux (Fr 19,7% BM 7,95%) est beaucoup plus composée par les fruits de la saison. Les oiseaux et les insectes avec leurs fréquences relatives d'occurrences respectives de 11,35% (BM 7,85%) et 12,12% (BM 0,37%) sont plus consommés en été par rapport aux autres saisons. La famille des Buprestidae, parmi les insectes, a marqué sa forte présence et le *Lemniscomys barbarus* a été rencontré que lors de cette saison. Les reptiles rencontrés à trois occasions (Fr 2,27% BM 0,19%) et les items indéterminés (Fr 5,3% BM 1,99%) présentent les plus faibles fréquences. Enfin, les déchets organiques (Fr 15,91%) semblent occuper une part relativement importante (Fig. 23).

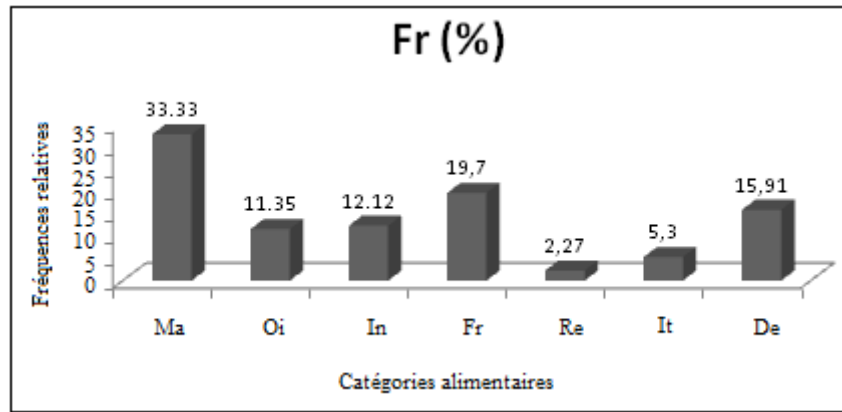


Figure 23 : Composition du régime alimentaire du Loup doré d’Afrique en période estivale (Ma : Mammifères, Oi : Oiseaux, In : Insectes, Re : Reptiles, Fr : Fruits et végétaux, De : Déchets et It : Items indéterminés)

III.4.7.2. Période Automnale

Cette saison s’étalant de Septembre à Novembre 2014 est caractérisée par une dominance nettement remarquable de la catégorie des fruits et végétaux (Fig. 24). En effet, les 54 crottes analysées révèlent une fréquence relative élevée de la consommation de ce type d’aliment (Fr 55,37%) ce qui présente une proportion de biomasse de 25,45% où *Chamaerops humilis* (Fr 23,14%, BM 15,36%) et les baies de *Juniperus oxycedrus* (Fr 12,4%, BM 5,48%) sont les espèces les plus recherchées. La catégorie des mammifères (Fr 20,6%, BM 63,4%) vient en second lieu par ordre d’apparition et dans laquelle le sanglier (Fr 14,88%, BM 46,21%) semble être une proie de choix contrairement aux rongeurs (Fr 1,66%, BM 1,01%), représentés par deux espèces (*Apodemus sylvaticus*, *Rattus rattus*), dont la consommation est très faible durant cette saison. Les déchets organiques marquent leur présence avec une fréquence relative d’occurrence de 9,93% suivis par les catégories des oiseaux (Fr 5,79%, BM 7,46%), items indéterminés (Fr 4,94%, BM 3,44%), insectes (Fr 2,47%, BM 0,06%) et les reptiles (Fr 0,83%, BM 0,19%).

III.4.7.3. Période hivernale

La saison hivernale (Décembre 2014, Janvier et Février 2015) a connu la récolte de la plus importante quantité de crottes. En effet, 84 échantillons ont fait l’objet d’analyse coprologique qui a montré que la catégorie des fruits et végétaux est au sommet du spectre alimentaire en terme de fréquence relative d’occurrence de 49,35% qui couvre une biomasse de 20,97% suivi par celle des mammifères (Fr 30,25%) mais avec une biomasse beaucoup plus importante (BM 55,87%) où nous avons rencontré *Lepus capensis* pour la première fois. La catégorie des déchets organiques (Fr 11,2%) occupe la 3^{ème} part dans l’alimentation hivernale du loup

ensuite viennent celles des oiseaux (Fr 3,94%, BM 2,42%), insectes (Fr 3,29%, BM 0,05%) et les items indéterminés (Fr 1,97%, BM 0,55%) avec de faibles prélèvements. Pour la catégorie des reptiles, elle était totalement absente (Fig. 25).

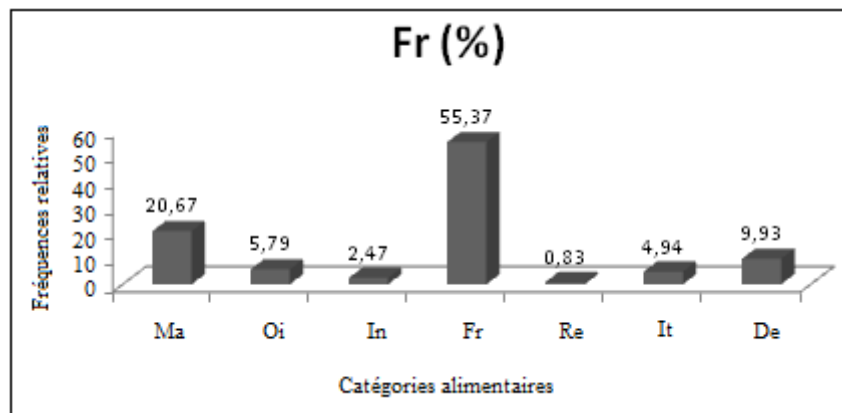


Figure 24 : Composition du régime alimentaire du Loup doré d'Afrique en période automnale (Ma : Mammifères, Oi : Oiseaux, In : Insectes, Re : Reptiles, Fr : Fruits et végétaux, De : Déchets et It : Items indéterminés)

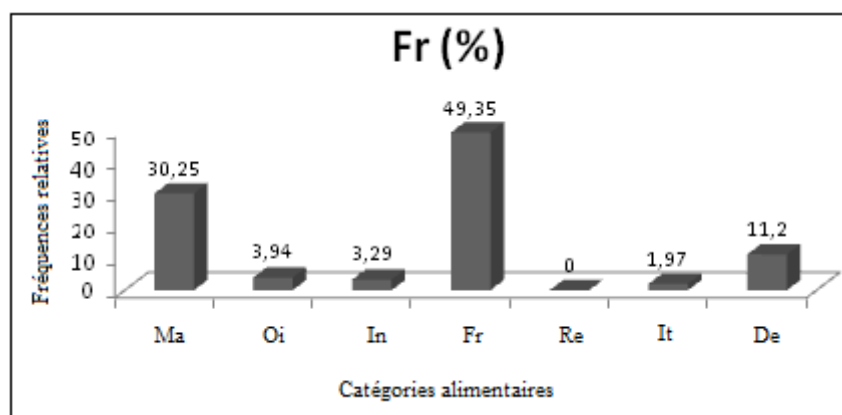


Figure 25 : Composition du régime alimentaire du Loup doré d'Afrique en période hivernale (Ma : Mammifères, Oi : Oiseaux, In : Insectes, Re : Reptiles, Fr : Fruits et végétaux, De : Déchets et It : Items indéterminés)

III.4.7.4. Période printanière

Pour cette période allant de Mars à Mai 2015, nous avons examiné 57 crottes qui ont marqué la dominance des mammifères avec une fréquence relative d'occurrence de 36,96% et une biomasse de 60,08% où le sanglier a atteint sa plus haute valeur (Fr 15,95%, BM 45,27%) par rapport aux autres saisons. La catégorie des fruits et végétaux succède par la suite par un important prélèvement (Fr 31,15%, BM 7,38%) exercé surtout sur *Quercus ilex*, *Juniperus oxycedrus* et *Chamaerops humilis*. Les déchets organiques, au même titre que dans les autres saisons, constituent un type d'aliment non négligeable (Fr 13,04%). Les insectes (Fr 7,97%, BM 0,17%), les oiseaux (Fr 5,8%, BM 3,57%) et les items indéterminés (Fr 4,36%, BM

1,99%) représentent les catégories les moins consommées. Quant à la catégorie des reptiles (Fr 0,72%, BM 0,25%), sa consommation est presque nulle (Fig. 26).

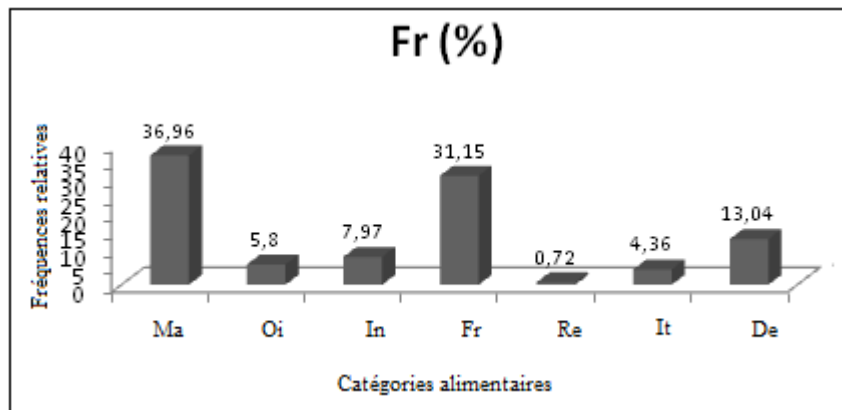


Figure 26 : Composition du régime alimentaire du Loup doré d'Afrique en période printanière (Ma : Mammifères, Oi : Oiseaux, In : Insectes, Re : Reptiles, Fr : Fruits et végétaux, De : Déchets et It : Items indéterminés)

III.4.8. Diversité et équitabilité

La richesse spécifique la plus élevée a été observée pendant la saison d'Été avec 23 items différents en revanche la plus faible a été enregistrée durant l'Automne avec seulement 17 items. Suite à cela l'indice de diversité de Shannon a montré que la diversité du régime alimentaire du loup est élevée et similaire pendant l'Été (2,33) et le Printemps (2,31) alors qu'elle est faible et identique en Hiver (1,97) et Automne (1,96) (Fig. 27). Les valeurs de l'indice d'équitabilité sont proches à travers les quatre saisons où elles tendent vers un. Elles sont beaucoup plus semblables durant l'Été et le Printemps ainsi que pendant l'Automne et l'Hiver.

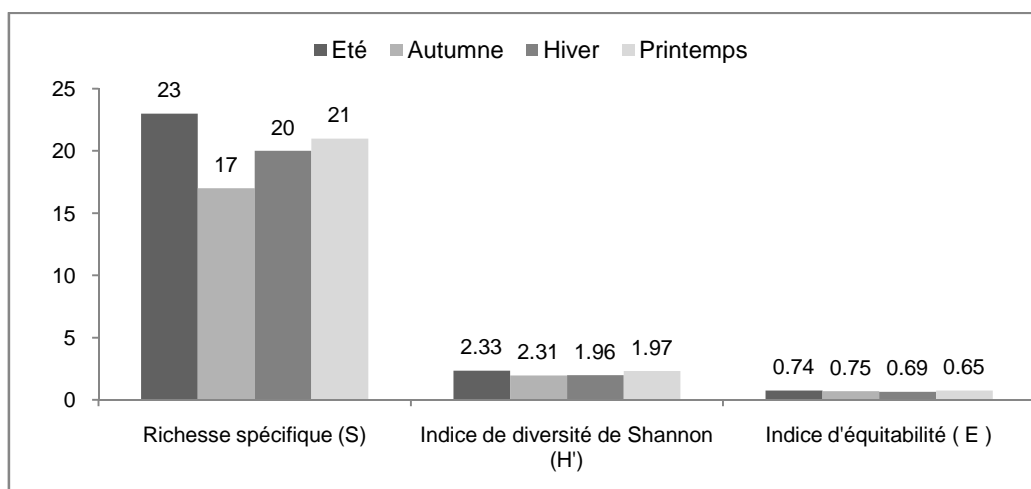


Figure 27 : Richesse spécifique, Indice de diversité de Shannon et Indice d'équitabilité des proies ingérées par le Loup doré d'Afrique dans la RCT (2014-2015)

III.5. Discussion

L'identification de la matière fécale sur le terrain n'est pas toujours sûre, car cette dernière peut facilement se confondre avec celle d'autres espèces de carnivores sympatriques qui occupent la même région (Chame, 2003 ; Lovari et *al.*, 2009). Il est fort probable que beaucoup d'études basées sur les analyses coprologiques souffrent d'un certain taux de fausse identification des fèces et seule l'utilisation des approches moléculaires comme celles décrites par Nowak et *al.* (2014) permettront d'obtenir des données fiables avec des taux de confusion plus faibles. La vérification de l'identité des crottes, que nous avons collectées, par l'application des techniques de biologie moléculaire a fait ressortir un seul faux échantillon appartenant à un Chien domestique et que nous avons exclu de nos analyses.

L'étude du régime alimentaire du loup dans la réserve de chasse de Tlemcen montre qu'il se nourrit principalement de mammifères sauvages et domestiques. Cette prédilection envers ces proies a été soulignée dans d'autres lieux pour le Chacal doré et d'autres espèces sympatriques (Khidas, 1986 ; Mukherjee et *al.*, 2004 ; Amroun et *al.*, 2006 ; Lanszki et *al.*, 2009 ; Amroun et *al.*, 2014). Le taux élevé de consommation de cette catégorie d'aliments peut s'expliquer par sa forte valeur énergétique qu'elle procure au prédateur ainsi que sa disponibilité dans la réserve. Le sanglier est la proie de choix la plus fréquente dans le spectre alimentaire du loup, elle représente environ 40% de la biomasse totale consommée. Amroun et *al.* (2014) ont confirmé la préférence du Chacal doré pour la prédation du sanglier, avec ses différentes classes d'âge (marcassins, juvéniles et adultes), au Djurdjura. Ces résultats ne sont pas surprenants si on regarde la densité élevée du sanglier observée lors de notre prospection de la RCT. La forte consommation de ce mammifère durant le printemps peut s'expliquer par la présence des marcassins qui sont des proies faciles pour le loup ce qui va dans le sens de l'hypothèse d'une chasse active (Amroun et *al.*, 2014). Les sangliers adultes sont des proies dangereuses pour le loup en raison de leurs défenses et leur comportement agressif (Jędrzejewska & Jędrzejewski, 1998). A cet égard, les individus adultes sont probablement consommés en tant que cadavres, chose dont ont parlé Moehlman & Jhala (2013). Le Lapin de garenne et les ovins représentent les secondes proies mammaliennes, en termes de fréquence, dans le régime alimentaire du loup. Le Lièvre brun est présent mais avec une maigre proportion, ce qui explique sa faible abondance dans la zone d'étude. Le Chat sauvage est le seul carnivore identifié dans les échantillons analysés, mais nous ignorons s'il a été consommé par le loup comme carcasse ou s'il a été activement tué en défendant son territoire.

La proportion de bétail dans le spectre alimentaire des canidés peut varier d'une région à une autre, elle dépend de plusieurs facteurs tels que l'abondance des proies sauvages et le

degré de protection du bétail (Genov & Vassilev, 1991 ; Lanszki et *al.*, 2009 ; Nadeem et *al.*, 2012). Dans notre cas, la contribution de ce type d'aliment dans la composition trophique du loup représente environ 21% de la biomasse totale ingérée, un taux de consommation inférieur à celui du Chacal doré d'Eurasie dans le Sud de la Grèce (55,9%) (Giannatos et *al.*, 2010) et au Pakistan (71,2%) (Nadeem et *al.*, 2012). Les bovins n'occupent qu'une petite fraction (6,7%) de la biomasse totale. Ils sont fort probablement consommés à partir de carcasses trouvées dans la réserve ou ses environs. Effectivement, lors de nos visites de terrain, nous avons bien vu des vaches mortes jetées par des éleveurs de la région. La coïncidence de l'apparition de cette proie dans les fèces analysées peut expliquer que ces animaux ont été consommés comme cadavres. Les ovins et les caprins pourraient être chassés aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de la réserve puisque nous avons vu fréquemment du cheptel pâturant dans ces zones.

Les oiseaux sont généralement plus difficiles à capturer par rapport à de nombreux mammifères (Kaunda & Skinner, 2003). Cette catégorie d'aliments est rencontrée avec des fréquences inférieures à celles des proies mammaliennes, elle occupe environ 5% de la biomasse totale dont 2,8% est la part des espèces sauvages et 2,1% des espèces domestiques. Ces valeurs concordent avec celles trouvées chez le Chacal doré d'Eurasie en Hongrie avec 4,3% (Lanski et *al.*, 2006), au Pakistan avec 7,5% (Nadeem et *al.*, 2012) et sur le Loup doré d'Afrique en Algérie avec 8,6% établit par Amroun et *al.* (2014) et 4,46% soulignée par Oubellil (2011) et en Tunisie avec 6,4% (Maynard, 2015).

La Poule domestique (*Gallus gallus domesticus*) est l'unique oiseau domestique rencontré dans les échantillons analysés. L'origine de cet aliment vient sans doute des volailles appartenant aux riverains qui se trouvent aux alentours de la réserve. Nos caméras ont filmé à plusieurs reprises des loups traversant la clôture dans les endroits où elle est endommagée. Ceci explique la présence de certaines catégories d'aliments, comme les animaux domestiques et les fruits des vergers qui se trouvent en dehors de la réserve.

Plusieurs études ont montrés que les rongeurs tels que le Mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*), la Souris de maison (*Mus musculus*) et le Rat noir (*Rattus rattus*) sont les principales proies des canidés de taille moyenne dans diverses régions (Moehlman, 1989 ; Khan & Beg, 1986 ; Lanszki & Heltai, 2002 ; Amroun et *al.*, 2006 ; Lanski et *al.*, 2006 ; Jaeger et *al.*, 2007 ; Chourasia et *al.*, 2012 ; Markov & Lanski, 2012). Les fèces du loup examinées dans la présente étude ne contenaient que de faibles proportions de rongeurs en comparaison avec les études citées précédemment. Là il y a lieu de souligner que notre zone d'étude en tant qu'écosystème forestier offre des conditions idéales pour le développement de

cette catégorie de proie néanmoins nous supposons que l'abondance élevée des proies de grandes tailles à l'intérieur et à proximité de la réserve rendent la chasse aux petits rongeurs largement inutiles pour ce prédateur.

L'apparition des insectes dans le régime du loup est généralement faible et elle n'a été relativement importante que pendant la saison d'Eté et de Printemps. Les insectes pourraient être ingérés accidentellement lorsque le loup consomme des plantes ou des carcasses. Mais il semble qu'au moins les plus grands, comme les coléoptères, sont activement capturés (Giannatos et *al.*, 2010). Les reptiles sont la catégorie la moins recherchée par le loup dans la RCT, chose révélée également par Amroun et *al.* (2014) au niveau du parc national de Djurdjura.

Le matériel végétal est fortement présent dans le régime alimentaire du loup avec une fréquence relative d'occurrence (Fr) qui dépasse les 40%. Cette catégorie est composée généralement de fruits, graines et autres sources végétales (feuilles, tiges,...) occupant une part d'environ 15% de la biomasse totale. Nos résultats concernant cette catégorie ne se démarquent pas de ceux trouvés par Amroun et *al.* (2014) au Djurdjura (Fr 38,72%) et Nadeem et *al.* (2012) au Pakistan (Fr 51%). L'origine des résidus végétaux identifiés dans les crottes est attribuée soit indirectement aux proies herbivores consommées par le loup, soit à leur consommation directe pour faciliter le transit intestinale, le soulagement digestif, l'élimination des toxines et parfois pour avoir de l'eau (Mattioli et *al.*, 1995 ; Amroun et *al.*, 2014). Tandis que, les fruits représentent une source d'énergie facile lorsqu'ils sont disponibles, en particulier pendant la saison estivale, tels que *Prunus persica*, *Prunus armeniaca* et *Cucumis melo* contrairement au *Chamaerops humilis* et *Juniperus oxycedrus* qui sont fortement consommés pendant les saisons froides.

Quant aux déchets organiques, apparemment cette catégorie contribue substantiellement au régime alimentaire du loup. Au cours de nos visites de terrain, nous avons surveillé une décharge au niveau de la réserve, où des visites permanentes de ce carnivore ont été enregistrées. En effet, Macdonald (1979) a montré que les déchets organiques peuvent être une source importante de nourriture dans l'alimentation du Chacal doré.

Le Loup doré d'Afrique semble ne pas varier son régime alimentaire selon les saisons et prélève presque les mêmes types d'aliments dans les mêmes proportions. Soumises au test du Khi-deux, les prélèvements saisonniers des différentes catégories alimentaires ne montrent pas de différences significatives à l'exception des fruits et végétaux dont la consommation est élevée pendant l'automne et l'hiver. Les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité ont montré qu'il n'y a pas une spécialisation saisonnière sévère dans le spectre alimentaire du loup

au niveau de la réserve, mais plutôt un léger changement vers les ressources alimentaires disponibles dans la saison respective. La saison la plus diversifiée en matière de proies ingérées est bien la saison estivale avec la présence de nombreuses plantes énergétiques (fruits de saison). Cela rejoint les résultats obtenus sur le régime alimentaire de la même espèce au Djurdjura par Oubellil (2011) et ceux sur le Chacal doré au Pakistan par Mahmood et *al.* (2013). Il est important de noter que les animaux domestiques représentent une part considérable dans le spectre alimentaire du Loup doré d'Afrique et par conséquent c'est le facteur crucial qui est derrière sa persécution. Les riverains, principalement les éleveurs, considèrent le loup comme une espèce nuisible à leur bétail.

CHAPITRE IV : ETHOLOGIE

V.1. Introduction

Le comportement nocturne et la difficulté d'observation des carnivores (Macdonald, 1983) rendent difficile la description de leurs activités et le suivi de leur déplacement sans avoir recours à l'utilisation des techniques appropriées telle que la télémétrie (Admasu *et al.*, 2004). Le piégeage photographique est l'une des méthodes modernes qui permet le suivi permanent des espèces mobiles (Zimmermann *et al.*, 2014).

L'impact des interactions biotiques telles que la prédation et la compétition interspécifique dans la détermination des limites de distribution des espèces est peu connu même quand elles ont un effet majeur (Wisz *et al.*, 2013). La concurrence est souvent forte entre les espèces sympatriques et particulièrement chez les prédateurs (Ritchie & Johnson, 2009).

Les espèces sympatriques ayant le même niveau trophique ont tendance à présenter une différenciation de niche et de partage des ressources existantes (Pianka, 1969 ; Shoener, 1986). Parmi ces dernières, le territoire dont le partage est considéré comme un aspect essentiel de l'activité de l'animal, il affecte son comportement et indirectement sa fitness (Virgos & Casanova, 1997).

L'objectif de cette partie est de répondre aux questions suivantes :

- Connaître les périodes d'activités du Loup doré d'Afrique ;
- Savoir si ce canidé s'organise en groupe ou s'il a un comportement individuel ;
- Y a-t-il une forte compétition entre les carnivores sympatriques au niveau de la RCT ?
- Connaître le degré de persécution du loup dans la région d'étude.

IV.2. Méthodologie

IV.2.1. Activités

Pour avoir des informations précises sur l'activité journalière du Loup doré d'Afrique (*Canis anthus*), nous avons utilisé des caméras pièges que nous avons placé dans différents points de la réserve (pistes, routes, sentiers, habitats forestiers...etc.) avec une cadence régulière, toutes les semaines ou tout les 15 jours en fonction de l'autonomie des batteries utilisées et la capacité de stockage des cartes de mémoires. Parallèlement, nous avons réalisé le suivi de deux autres carnivores considérés comme espèces sympatriques du loup dans la réserve, il s'agit de la Hyène rayée (*Hyaena hyaena*) et du Renard roux (*Vulpes vulpes*).

Pour la réalisation des pièges photographiques, nous avons disposé de deux modèles de caméra, le Ltl Acorn 5210A (Photo. 7) et le Maginon Wildcamera WK 2 HD qui capturent des vidéos avec une résolution de (640x480) et font des images de haute qualité. Les caméras pièges ont été programmées à capturer trois photos et une séquence vidéo de 20 à 30 secondes

dans un intervalle de déclenchement d'une minute et parfois plus (trois voire cinq minutes). Le choix de la sensibilité des détecteurs se faisait en fonction des conditions climatiques, principalement le vent et la température : 1) Pendant les moments de vent, nous diminuons la sensibilité du détecteur pour minimiser son déclenchement car les moindres mouvements, de feuilles ou de branchages par exemple, peuvent le déclencher et nous faire perdre par conséquent de la capacité de stockage ; 2) La température peut avoir un effet important et rend la détection instable, surtout durant les journées chaudes où la différence de température entre l'animal et l'air est faible ce qui peut rendre les petits mammifères par exemple moins sensibles pour déclencher les caméras (<http://www.naturespy.org/2014/10/ltl-acorn-5210a-review/>).

Le camouflage des caméras est généralement réussi surtout qu'elles ne font pas de bruit et épousent la couleur des troncs et branches d'arbres. En effet, des bergers, forestiers et visiteurs sont passés devant sans s'en rendre compte. Il était parfois même difficile pour nous de les repérer lors de nos passages. Cette technique nous a fourni une observation permanente de jour comme de nuit de tout ce qui bouge devant le champ de capture des caméras, et aussi elle nous a permis de compléter nos observations directes effectuées lors des sorties sur terrain.

Dans la présente étude, nous avons utilisé neuf caméras mais seulement durant une semaine car pour des raisons douanières, Koen De Smet (co-directeur de thèse) était dans l'obligation de les faire retourner en Belgique. Par la suite, nous nous sommes débrouillés à avoir trois caméras que nous avons utilisées pendant les trois années de terrain.



Photo 7 : Caméra piège modèle Ltl Acorn 5210A fixé sur un tronc d'arbre

IV.2.2. Organisation sociale

Généralement, c'est la saison de reproduction qui est la plus propice pour l'étude de l'organisation sociale chez les animaux sauvages. Au cours de cette période, il y a une grande probabilité de détecter tous les individus des groupes défendant leurs territoires par des hurlements (Jaeger et *al.*, 1978 ; Peters & Wozencraft, 1989) ainsi que par le marquage à travers l'odeur et le dépôt des crottes (Gorman & Beverley, 1989 ; Hayward & Hayward, 2010). De plus, les groupes sont plus cohérents et l'activité des individus est plus concentrée près des tanières (Ruprecht et *al.*, 2012).

Pour l'étude du comportement et l'organisation sociale des animaux, plusieurs méthodes sont utilisées, allant des techniques les plus invasives qui nécessitent la capture des individus puis les suivre par télémétrie avec des colliers émetteurs (Kamler & Macdonald, 2014 ; Masenga et *al.*, 2016), aux approches non invasives qui évitent le contact physique avec les animaux tout en permettant leur détection. Ces dernières sont extrêmement utiles compte tenu de la difficulté d'accès aux carnivores.

L'observation directe représente la première technique permettant d'obtenir des informations sur le comportement sociale des carnivores, néanmoins elle est fortement dépendante des espèces diurnes, facilement observables et tolérantes à la présence humaine (Frame et *al.*, 1979 ; Way, 2003). D'autres méthodes tel que le piégeage photographique, permettent la détection indirecte des individus et la déduction des aspects de leur organisation sociale comme la composition et la taille des groupes sans pour autant provoquer de perturbations pour les animaux (Kelly & Holub, 2008 ; Balestrieri et *al.*, 2016). Par ailleurs, la surveillance acoustique est l'une des techniques les plus efficaces et peu coûteuses qui est utilisée avec succès pour détecter la présence, déterminer les modes de répartition et estimer la densité des groupes dans leurs territoires (Krofel, 2008 ; Banea et *al.*, 2012 ; Šálek et *al.*, 2014 ; Comazzi et *al.*, 2016).

Durant le suivi des groupes du loup au niveau de la RCT, nous avons fait appel à trois sources d'informations d'ordre écologique qui sont : 1) les observations directes, 2) les enregistrements des caméras pièges et 3) la surveillance acoustique, une technique utilisée pour la première fois en Algérie pour les carnivores.

IV.2.2.1. Observation directe

Des observations directes du loup ont été enregistrées dans la réserve à l'œil nu et à l'aide de jumelles d'une manière opportuniste et systématique en ciblant les territoires des groupes répertoriés lors de nos prospections de terrain.

Des tentations de capture ont été essayées, dans plusieurs endroits de la réserve, à l'aide d'une cage piège que nous avons fabriqué à cet effet mais hélas sans résultat.

IV.2.2.2. Piégeage photographique

Trois caméras pièges ont été opérationnelles pendant 12 jours, avec un changement d'emplacement tous les quatre jours, le long des sentiers et près des tanières détectées lors de nos investigations sur le terrain.

Selon Jackson et *al.* (2005), l'effort des caméras pièges est mesuré par le nombre de jours où chaque caméra était active dans un endroit donné. Le taux de détection du Loup doré d'Afrique, la Hyène rayée et le Renard roux est calculé en tenant compte du nombre d'enregistrements indépendants avec la présence de chacune de ces espèces pour 36 pièges nocturnes.

IV.2.2.3. Surveillance acoustique

Des relevés acoustiques ont été effectués au niveau de la réserve pendant la saison de reproduction (du 26 Décembre 2016 au 6 Janvier 2017) où l'activité des loups est concentrée près des tanières, qui représentent la zone centrale de leur territoire. Quatre stations appelantes ont été pointées préalablement dans la réserve en se basant sur le MNT dans le but de minimiser l'effet des obstacles topo-morphologiques sur les réponses émises par ce canidé (Fig. 28). Afin de stimuler la réponse des loups, des hurlements du Chacal doré d'Eurasie provenant de Hongrie et de Slovaquie ont été diffusés en utilisant un mégaphone pour amplifier le son à partir de chaque station appelante (Krofel & Alvarès, 2016, com. pers). Les émissions ont été actives pendant 30 secondes suivies d'une pause de trois minutes. Cette séquence est répétée jusqu'à quatre fois pour chaque point appelant (Giannatos et *al.*, 2005 ; Krofel, 2008). Les enquêtes ont été effectuées à une heure environ après le coucher du soleil (Alvarès, 2016, com. pers).

La direction de chaque réponse, les coordonnées géographiques des stations appelantes, le nombre d'individus répondant à la diffusion (individus/groupe) et le pourcentage de réponse après chaque émission ont été enregistrés. Nous avons supposé que seuls les groupes territoriaux du loup répondaient aux hurlements diffusés ou hurlaient spontanément sans un stimulus précédent même si un seul individu est entendu (Giannatos et *al.*, 2005). Après la détection acoustique d'un groupe territorial, la zone est prospectée de nouveau afin de répertorier les tanières actives.

Pour garantir l'efficacité de cette technique, les enquêtes ont été effectuées le plus souvent la nuit dans de bonnes conditions météorologiques (sans pluie ni de vent fort). L'effort de

l'enquête acoustique est mesuré en fonction du nombre de stations appelantes par jour (Krofel, 2016, com. pers).

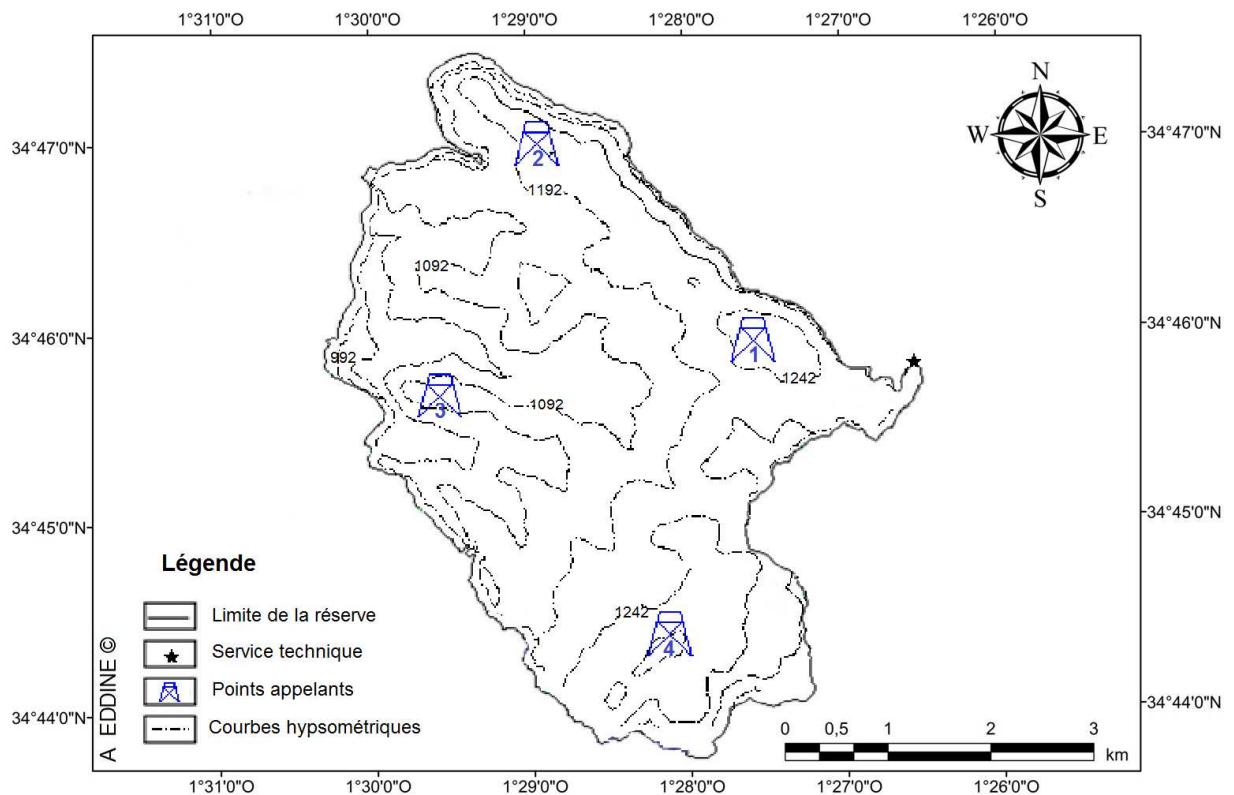


Figure 28 : Répartition des points appelants dans la RCT (Originale, 2017)

IV.2.3. Abondance, répartition et coexistence avec les carnivores sympatriques

Plusieurs méthodes ont été utilisées pour estimer l'abondance des mammifères au niveau de la réserve :

- l'indice kilométrique d'abondance (IKA) qui est une technique de comptage de la faune terrestre (Tsakem, 2006). L'IKA est défini par le rapport entre le nombre d'individus observés et la distance parcourue exprimée en kilomètres. Pour appliquer cette méthode, 11 transects de un kilomètre chacun ont été choisis au niveau de la réserve d'une manière aléatoire en tenant compte du type de substrat, qui permet d'identifier les empreintes. Chaque transect a été parcouru lentement avec la même allure, pendant les quatre saisons, tout en cherchant de part et d'autre les indices de présence (empreintes, crottes) des animaux (loup, renard, hyène, ongulés, rongeurs et autres) (Fig. 29). Lors de la recherche des indices de présence, nous avons pris en considération la forme, la taille et la direction des empreintes dans le comptage des individus pour chacune des espèces inventoriées. Les zones auxquelles appartiennent les 11 transects ont été décrites par rapport à la

hauteur de la végétation et son taux de recouvrement, le nombre de tanières, la disponibilité en eau, la proximité des décharges et la présence humaine. Ceci dans un but de connaître l'effet de ces facteurs sur la répartition des grands prédateurs au niveau la réserve.

- le recensement nocturne, qui est une technique moins coûteuse et nécessite peu de personnel mais qui requiert une bonne visibilité (Mayle et *al.*, 1999), a été effectué entre 20h et 01h du matin à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve en utilisant les phares d'un véhicule tout terrain et un projecteur tout en essayant de rapprocher au maximum les espèces rencontrées pour les prendre en photos. La vitesse de progression était en relation avec l'état des pistes parcourues et la richesse des transects où les données collectées sont estimées en indices kilométriques pour pouvoir les comparer avec la méthode des IKA.
- le piégeage photographique est devenu une technique très répandue dans le suivi des carnivores (Zimmermann et *al.*, 2014). Dans la présente étude, nous avons utilisé seulement trois caméras pièges pour les raisons que nous avons évoquées précédemment. Afin de pouvoir différencier entre deux individus différents et avoir plus de détails sur eux, nous avons installé deux caméras au niveau du même point pour capturer les deux cotés de l'animal.

L'utilisation des indices de présence est la méthode la plus efficace dans le suivi des carnivores (Thornton et *al.*, 2004), c'est ce que nous avons adopté pour étudier la coexistence des carnivores sympatriques de la réserve par station ainsi que leurs répartitions pendant la période allant de Juin 2014 jusqu'au Mai 2015. Les empreintes et les crottes représentaient l'indice le plus abondant sur terrain et donc le plus utilisé dans notre suivi.

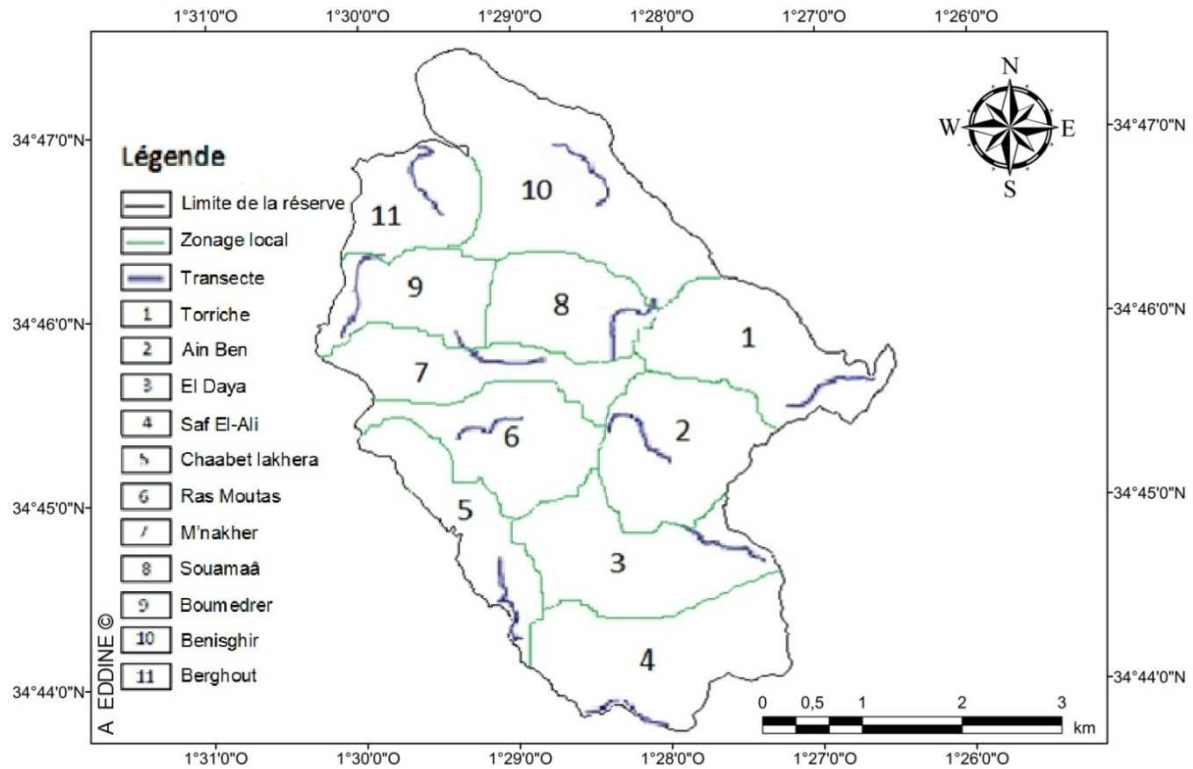


Figure 29 : Répartition des transects réalisés dans la RCT (Originale, 2015)

IV.3. Analyse des données

IV.3.1. Détermination des groupes et de leur densité

La distribution des groupes territoriaux est obtenue à partir des données de l'enquête acoustique qui sont analysées, dans un contexte géographique, grâce au logiciel SIG (MapInfo v7.8). Chaque réponse à nos appels a été représentée sur une carte de la RCT en tenant compte de la distance, la direction et l'aspect du terrain. Chaque groupe est défini par un centroïde avec un cercle d'un rayon de 500 m, ce qui correspond à une approximation du territoire du groupe (Moehlman, 1983 ; Khidas, 1990). Les groupes ont été identifiés et localisés en se basant sur les points suivants (Krofel, 2016, com. pers) :

- les groupes territoriaux sont pris en considération lorsque des groupes ou des individus isolés ont répondu à la diffusion hurlante ;
- l'extrémité de chaque vecteur représentait une réponse d'un groupe d'individu et elle est caractérisée par une « longueur » et un « roulement ». La longueur représente la distance approximative entre le point appelant et la réponse reçue ; le roulement est l'angle entre le Nord et la direction de la réponse ;

- le nombre et l'emplacement des groupes ont été définis en fonction des informations fournies par un ou plusieurs vecteurs. Afin d'éviter de compter un groupe deux fois, les enquêtes ont été effectuées pendant des nuits différentes ;
- chaque groupe est défini par un centroïde avec une moyenne de 1000 m de rayon, ce qui correspond à une approximation du territoire du groupe ;
- les groupes entendus à une distance < 1000 m sont considérés comme un seul groupe, indépendamment de la date et de l'heure ;
- les groupes entendus à une distance > 1000 m sont considérés comme des groupes différents, indépendamment de la date et de l'heure ;
- lorsqu'un groupe est défini par un vecteur, son centroïde est placé à l'extrémité du vecteur ;
- lorsque le groupe est défini par plus d'un vecteur, son centroïde est placé à l'intersection des vecteurs ou au niveau du point moyen entre leurs extrémités lorsque les vecteurs ne se croisaient pas ;
- lorsque l'emplacement d'un groupe est connu précédemment, son centre est déplacé là où la tanière est située, ce qui a permis d'obtenir une localisation plus précise du territoire.

La superficie totale sondée par les relevés acoustiques a été déterminée selon la méthode proposée par Giannatos et *al.* (2005). Ces auteurs estiment que la distance auditive humaine maximale se situe dans un rayon de 1,8 à 2 km autour de la source sonore, durant les jours sans vent et sans pluie, à partir d'un point d'observation ouvert et sans bruit de fond. En se référant à cela, la zone considérée pour une réponse audible du Loup doré d'Afrique se trouvait à une distance de 1,8 à 2 km autour de chaque point appelant, ce qui représente respectivement une superficie de 10,18 et 12,57 km². La superficie totale de sondage a été calculée par rapport au nombre total des stations appelantes.

La densité des groupes est calculée en prenant en considération : 1) le nombre de "Groupes détectés" avec des enquêtes acoustiques afin de suivre une procédure comparable à celle de Giannatos et *al.* (2005) et Krofel (2008) et 2) le nombre total des «Groupes» et des «Groupes supplémentaires». Les groupes supplémentaires représentent les groupes dont leur centroïde est localisé en dehors de la superficie clôturée. Ils ont été déterminés par des observations directes ou grâce aux hurlements spontanés en tenant compte des critères suivants :

- Les groupes détectés à une distance supérieure à 1000 m par rapport aux autres groupes définis à l'intérieur de la réserve ;

- Les groupes détectés à une distance inférieure à 1000 m entre eux ont été considérés comme étant un seul groupe ;
- Quand le groupe est défini par un hurlement spontané, son centroïde est placé vers l'extrémité du vecteur ;
- Lorsqu'un groupe est détecté par des hurlements ou par une observation directe, son centroïde est placé là où l'observation a été faite.

La densité des groupes détectés est calculée pour un rayon de 1,8 km et 2 km en divisant le nombre de groupes par la superficie totale de la zone sondée. Cette dernière couvre la totalité de la surface de la réserve qui correspond à 21.56 km² plus 19.16 à 28.72 km² comme surface limitrophe des bordures de la réserve si on respecte la longueur du rayon utilisé.

IV.3.2. Taille des groupes détectés

La taille d'un groupe est déterminée par les sondages acoustiques, les piégeages photographiques et les observations directes. Les résultats obtenus nous ont permis d'avoir des estimations sur la taille des groupes identifiés suite à la détection des individus à une distance maximale de 1000 m du centroïde. Sur les nombreux enregistrements photographiques et observations effectués pour le même groupe, c'est le nombre maximum d'individus observés qui a été considéré pour déterminer sa taille. Une comparaison de la taille des groupes, dont les individus ont été détectés par les trois méthodes, a été réalisée.

IV.3.3. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

L'analyse statistique multivariée est aujourd'hui un outil incontournable pour étudier des données provenant de nombreuses observations faites sur plusieurs variables (Mostefai, 2010). L'analyse factorielle des correspondances est une méthode d'analyse multivariée, mise au point par Benzécri (1973), qui s'applique aux tableaux de contingence (comptage). Elle est basée sur une métrique du Khi-deux et considère d'une façon symétrique les lignes et les colonnes de la matrice. Sa finalité, comme toutes les méthodes d'ordination, est de trouver le meilleur résumé possible dans un espace de dimensions réduites. Ce meilleur résumé est constitué d'un petit nombre d'axes qui maximise l'inertie projetée (Mostefai, 2010).

Nos données collectées à partir des IKA et des enregistrements des caméras pièges ont été ordonnées dans un tableau de contingence (Annexe. 2) puis soumises à une AFC en utilisant le logiciel XLSTAT. Cette analyse est capable de faire ressortir d'une manière robuste les relations entre les variables étudiées, ce qui nous a permis de déterminer les différents groupes

représentatifs ainsi que les facteurs les plus importants qui affectent la répartition des carnivores au sein de la réserve.

IV.3.5. Indice de similarité de Sørensen (ISS)

Les données de présence/absence des trois espèces de carnivores sympatriques étudiées (Loup doré d'Afrique, Hyène rayée et Renard roux) ont été utilisées pour le calcul de l'indice de similarité de Sørensen (ISS) qui permet d'avoir une idée sur la coexistence et le partage des ressources entre deux espèces animales. L'ISS est obtenu par la formule suivante :

$$S_{ij} = \frac{2a_{ij}}{2a_{ij} + b_{ij} + c_{ij}}$$

Où a_{ij} : nombre de sites où les deux espèces sont présentes

b_{ij} et c_{ij} : nombre de sites où l'une des deux espèces est présente

Lorsque les valeurs de l'ISS tendent vers zéro cela signifie qu'il n'y a pas une occupation simultanée par les deux espèces sélectionnées dans le même habitat ou à la limite, elle est faible si elle existe. En revanche, si l'indice tend vers un, l'occupation est simultanée et maximale (Sørensen, 1948).

IV.4. Résultats

IV.4.1. Activités

Sur les 96 pièges photographiques effectués entre 2014 et 2015, le Loup doré d'Afrique a été observé dans 634 prises, dans divers endroits et pendant différents moments de la journée. A ceci s'ajoute 132 observations directes à l'œil nu ce qui fait un total de 766 observations enregistrées. Ceci nous a permis de dresser l'histogramme d'activité journalière du loup au sein de la réserve, ainsi que ceux de la Hyène rayée et du Renard roux. La hyène et le renard ont été respectivement détectés dans 187 et 15 enregistrements indépendants (Annexe. 3). La figure 30 fournit une idée sur les périodes de chasse et le temps que passe le loup dans son abri.

Les résultats obtenus montrent que ce canidé est actif le jour comme de nuit à longueur d'année. En regardant son spectre d'activités, nous remarquons que le maximum d'observations est effectué durant la nuit, entre 23h et minuit avec 84 enregistrements, entre 21h et 22h avec 71 enregistrements et entre 3h et 4h du matin avec 59 enregistrements. Pendant le jour, l'espèce a été détectée 55 fois entre 17h et 18h avec des valeurs plus ou moins égales entre 6h-10h et 16h-17h. Il est à signaler que les enregistrements pendant le jour dépendent des saisons. Durant l'été, les journées sont plus longues et le décalage horaire du

levé et du coucher de soleil peut atteindre jusqu'à 2h par rapport à l'hiver. Pour bien décrire le régime d'activité du loup, nous avons traité nos données par saison (Annexe. 4).

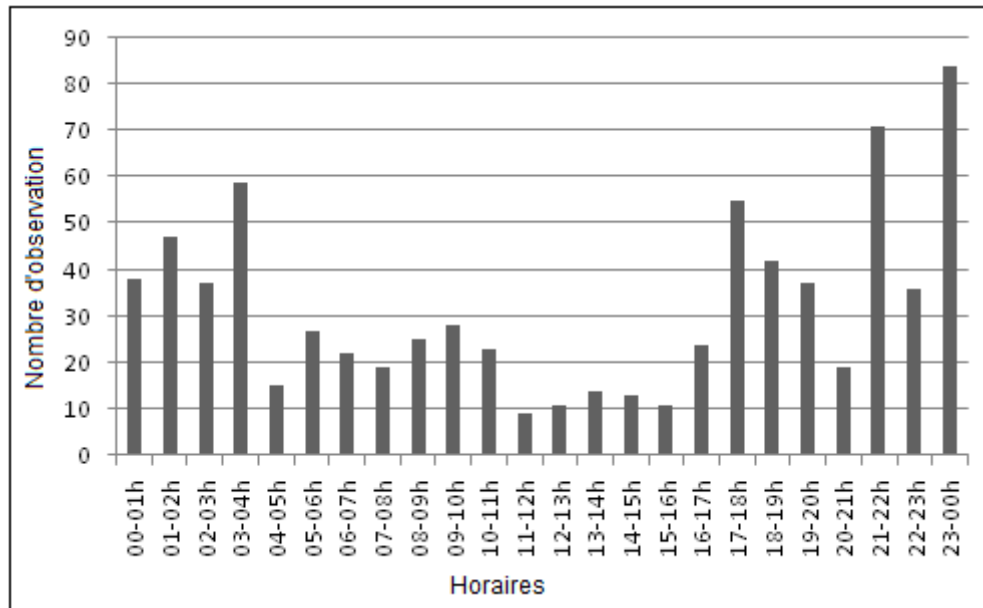


Figure 30 : Spectre d'activité journalière du Loup doré d'Afrique dans la RCT (2014-2015)

IV.4.2. Effort d'échantillonnage

IV.4.2.1. Surveillance acoustique

Quatre stations appelantes ont été conduites au sein de la réserve couvrant une superficie totale d'arpentage de 40.72 à 50.28 km² (soit un rayon de 1,8 à 2,0 km respectivement) y compris les 21.56 km² de la réserve. Des réponses positives du loup ont été obtenues au niveau des quatre stations appelantes. Un total de huit réponses a été enregistré dont la moitié provenait des hurlements à l'intérieur de la réserve et appartenaient à trois groupes. Tandis que, l'autre moitié provenait des hurlements de l'extérieur et appartenait à quatre groupes (Tab. 9).

Tableau 9 : Résultats généraux de l'enquête acoustique (SA : Station Appelante)

Zone surveillée	N° SA	N° du jour	SA/Jour	Superficie surveillée (km ²)		Réponses (%)	N° de réponses
				1.8 km	2 km		
Intérieur RCT	4	2	2	21.56	21.56	50	4
Extérieur RCT	-	-	2	19.16	28.72	50	4
Total	4	2	2	40.72	50.28	100	8

La plupart des réponses du loup ont été détectées après la première diffusion dans la zone prospectée (53,6% au sein de la réserve et 70,9% à l'extérieur). D'autres réponses ont été enregistrées seulement après la deuxième (27,7% et 16,6%) ou la troisième (18,7% et 12,5%) diffusion consécutive mais aucune à la quatrième. La réponse cumulée a montré qu'après la 3^{ème} diffusion toutes les réponses ont été obtenues à travers les stations appelantes (Fig. 31). En plus des réponses induites aux stations appelantes, sept autres hurlements spontanés ont été détectés, sans stimulus préalable, dont trois à l'intérieur de la réserve et quatre à l'extérieur.

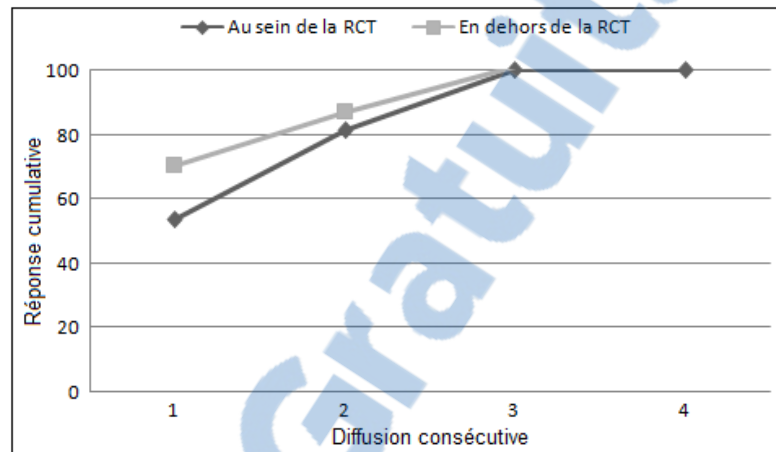


Figure 31 : Taux de réponses cumulatives du Loup doré d'Afrique aux diffusions consécutives

IV.4.2.2. Caméras pièges et observations directes

Dans cette partie nous nous sommes basés sur les enregistrements de trois caméras pièges qui ont été actives pendant 12 jours durant la période de reproduction, ce qui représente un effort de 36 pièges nocturnes (Tab. 10) où 183 captures avec présence animale ont eu lieu (Photo. 8). La figure 32 montre le taux de toutes les espèces capturées y compris les animaux domestiques tels que les ovins, bovins et chiens. L'espèce la plus fréquemment piégée était le loup, avec un total de 87 captures. Par contre, aucune photo n'a été enregistrée pour le Renard roux. En parallèle à cela, nous avons réussi à réaliser neuf observations directes dont sept nocturnes et deux diurnes.

Tableau 10 : Captures des caméras pièges et taux de détection du Loup doré d'Afrique au sein de la RCT

Espèce	N° caméras	Pièges de nuit	N° Stations de piège	N° total d'enregistrements	Loup doré d'Afrique
<i>C. anthus</i>	3	36	9	183	87
<i>H. hyeana</i>	-	-	-	-	17
<i>V. vulpes</i>	-	-	-	-	0



Photos 8 : Deux groupes distincts de Loup doré d’Afrique au sein de la RCT, A) Pendant la journée, B) La nuit au tour d’un cadavre

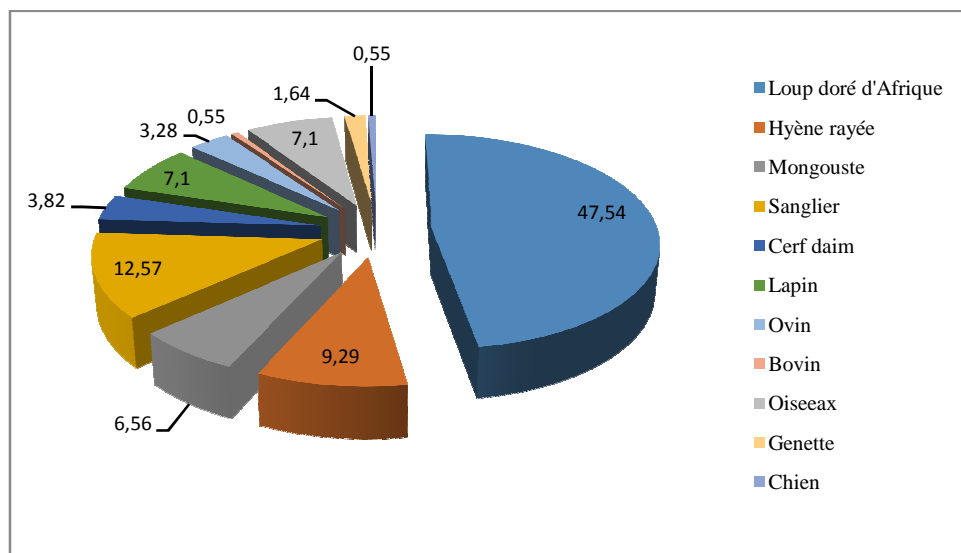


Figure 32 : Taux de capture des différentes espèces par les caméras pièges

IV.4.3. Densité des groupes

L’investigation acoustique nous a permis d’identifier trois groupes de Loup doré d’Afrique (G1, G2 et G3) dispersés à l’intérieur de la réserve et quatre groupes à l’extérieur (Fig. 33). La densité des groupes détectés est respectivement de 1,98 et 1,39 groupes/10 km².

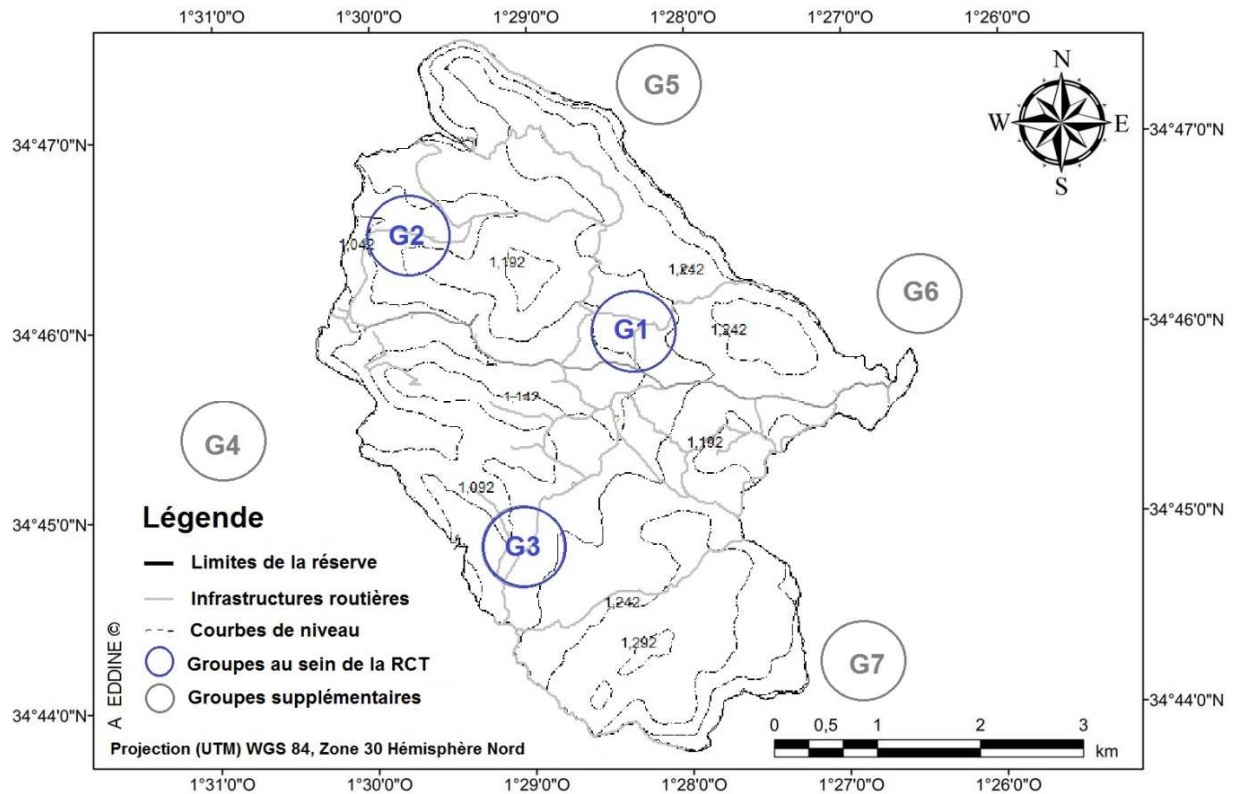


Figure 33 : Répartition des groupes du Loup doré d'Afrique à l'intérieur et à l'extérieur de la RCT

IV.4.4. Taille des groupes

Sept groupes de Loup doré d'Afrique ont été identifiés au total pendant les 12 jours de suivi (du 26 Décembre 2016 au 06 Janvier 2017). Trois d'entre eux (G1, G2, G3) ont été détectés avec les caméras pièges et observés directement dans leurs territoires respectifs à l'intérieur de la réserve. Alors que les quatre autres groupes (G4, G5, G6, G7) ont été déterminés et localisés par les enregistrements acoustiques à l'extérieur de la réserve. De plus, nous avons observé le groupe sept (G7), composé de trois individus, faisant des incursions chaque nuit à proximité de la clôture pour chercher de la nourriture mise à leur disposition par les agents forestiers.

Le nombre d'individus par groupe a été estimé par la surveillance acoustique, les captures de caméras pièges et l'observation directe. Les deux premières techniques donnent des estimations plus ou moins proches alors que l'observation directe reste en deçà avec de faibles valeurs (Tab. 11). Vu le caractère farouche du Loup doré d'Afrique et le champ de visibilité réduit à cause de la densité du couvert végétal, les observations directes étaient très limitées et couvrent seulement deux individus au maximum pour le G1 et le G2 et trois individus pour le G7. D'une manière estimative, la taille des groupes est de huit individus pour le G1, de quatre

à six pour le G2, de quatre à cinq pour le G3. A l'extérieur de la réserve, le G4 et le G5 comprennent un individu chacun, le G6 et le G7 avec trois individus chacun. Le G1 regroupe le plus grand nombre d'individus avec huit adultes capturés à la fois. Par ailleurs, deux adultes accompagnés de quatre chiots âgés de trois à quatre mois ont été capturés en dehors de cette période (Juin 2017) dans le territoire du groupe G1 (Photo. 9).

Tableau 11 : Nombre d'individus estimés par groupe avec les trois méthodes à l'intérieur et à l'extérieur de la réserve (SA : Surveillance acoustique, CP : Caméra piège, OD : Observation directe)

	Méthodes	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Intérieur de la réserve	SA	8	4	4	-	-	-	-
	CP	8	6	5	-	-	-	-
	OD	2	2	1	-	-	-	3
Extérieur de la réserve	SA	-	-	-	1	1	3	2



Photo 9 : Groupe G1 avec quatre chiots de l'année 2017

IV.4.5. Abondance et coexistence des trois carnivores

L'IKA était la technique la plus efficace pour notre échantillonnage comparée aux autres méthodes utilisées dans la mesure où les sorties nocturnes n'ont permis de rencontrer le loup

qu'occasionnellement et les enregistrements des caméras pièges n'ont pas fait de différenciation entre les individus dans la plus part des cas.

Les IKA réalisés, en se basant sur l'identification des empreintes et des crottes des grands carnivores (Photos. 10, 11 et 12), nous ont permis d'estimer le nombre d'individus rencontrés pour chacune des espèces en question ainsi que leurs positions le long des transects. Les résultats ont montré une forte présence du loup à travers toutes les stations surveillées avec un nombre d'individus approximatif de 30 suivis par la hyène rencontrée au niveau de dix stations avec des taux différents. Par contre la présence du renard n'a été signalée que dans trois zones sachant que dans la troisième station (St 3), l'espèce a été capturée une seule fois (Tab. 12).



Photo 10 : Empreintes des trois grands carnivores dans la RCT
A) Renard roux, B) Loup doré d'Afrique, C) Hyène rayée



Photo 11 : Crotte du Loup doré d'Afrique



Photo 12 : Crotte de la Hyène rayée

Il est bien connu dans le comportement des carnivores que les points de dépôts des crottes servent à la délimitation de leurs territoires. Lors de la prospection des transects, nous avons rencontré des cas d'overmarking définies par le dépôt des crottes du Loup doré d'Afrique sur

celles de la Hyène rayée ou l'inverse, mais aussi entre les individus du Loup appartenant à différents groupes (Photo. 13).

Tableau 12 : IKA des trois carnivores sympatriques au niveau de la RCT (2014-2015)

(LDP : Loup doré d'Afrique, HR : Hyène rayée, RR : Renard roux)

Transect	Été			Automne			Hiver			Printemps		
	LDA	HR	RR	LDA	HR	RR	LDA	HR	RR	LDA	HR	RR
1	0,06	0,02	0	0,07	0	0	0,07	0,01	0	0,08	0,02	0
2	0,03	0	0,01	0,05	0	0,01	0,09	0	0	0,06	0	0,01
3	0,05	0	0	0,08	0,01	0	0,04	0,01	0	0,01	0	0,01
4	0,07	0,04	0	0,11	0,02	0	0,09	0,01	0	0,02	0	0
5	0,03	0	0	0,03	0,01	0	0,05	0	0	0,08	0,04	0
6	0,01	0,01	0	0	0,03	0	0,05	0,04	0	0,02	0,01	0
7	0,04	0,05	0	0,07	0,04	0	0,08	0,07	0	0,03	0,02	0
8	0,01	0,04	0	0,06	0,04	0	0,07	0,05	0	0,1	0	0,06
9	0,02	0,01	0	0,02	0	0	0,05	0	0	0,05	0,06	0
10	0,05	0,04	0	0,08	0,02	0	0,13	0,03	0	0,04	0,03	0
11	0,11	0,06	0	0,05	0,04	0	0,06	0,04	0	0,01	0,03	0



Photo 13 : Overmarking au niveau de la RCT

A) Crotte du Loup doré d'Afrique (noire) au dessus de celle de la Hyène rayée (blanche), B) Crottes de 2 individus du Loup doré d'Afrique

L'indice de similarité de Sorensen a montré l'occupation et la coexistence des trois espèces de carnivores surveillées. Le Loup doré d'Afrique et la Hyène rayée ont parcouru un grand espace au sein de la réserve avec des valeurs d'ISS très élevées durant les quatre saisons. Ces valeurs ont été faibles entre le loup et le renard et encore plus faibles entre la hyène et le renard (Tab. 13).

Tableau 13 : ISS entre les trois carnivores sympatriques au niveau de la RCT

	LDA/HR	LDA/RR	HR/RR
Eté	0,81	0,36	0
Automne	0,69	0,17	0,08
Hiver	0,73	0	0
Printemps	0,84	0,43	0,17

IV.4.6. Facteurs déterminants la répartition des carnivores

Le but que nous recherchons en utilisant l'AFC est de connaître la distribution des trois espèces sympatriques de carnivores par rapport aux variables biotiques et abiotiques du milieu. La projection de l'AFC (Fig. 35) montre que les deux principaux axes (F1 et F2) représentent 73,1% de l'inertie totale du jeu de données sur les dix axes générés (Annexe. 5). En fonction de la disposition des trois canidés le long des deux axes et de la connaissance de leurs exigences écologiques, nous avons pu déduire les variables environnementales auxquelles ils sont dépendants et qui sont susceptibles de différencier entre eux. L'axe 1, qui comprend 47,55% du total de la variance, montre que le loup est beaucoup plus inféodé aux stations 1, 4, 6 et 7 et indique d'une manière claire une forte corrélation de ce prédateur avec les grandes proies, les points d'eau et la présence humaine. En outre, l'axe 1 oppose nettement la distribution du loup à celle de la hyène qui est beaucoup plus inféodée aux stations 1, 2, 3, 8 et 9 et qui présente une forte corrélation avec la hauteur de la végétation, le taux de couverture, la présence humaine et les petites proies. L'axe 2 qui renferme 25,55% de l'inertie totale isole les stations 5, 10 et 11 de toute fréquentation par les trois carnivores. Les deux axes, quant à eux, montrent que le loup et la hyène sont inféodés tous les deux aux stations 1, 2, 3, 6, et 8 et présentent une corrélation avec certaines mêmes variables telles que la hauteur de la végétation, le taux de recouvrement, la présence humaine, les grandes et les petites proies. Par ailleurs, les deux axes isolent clairement le renard de toutes les variables et les stations étudiées.

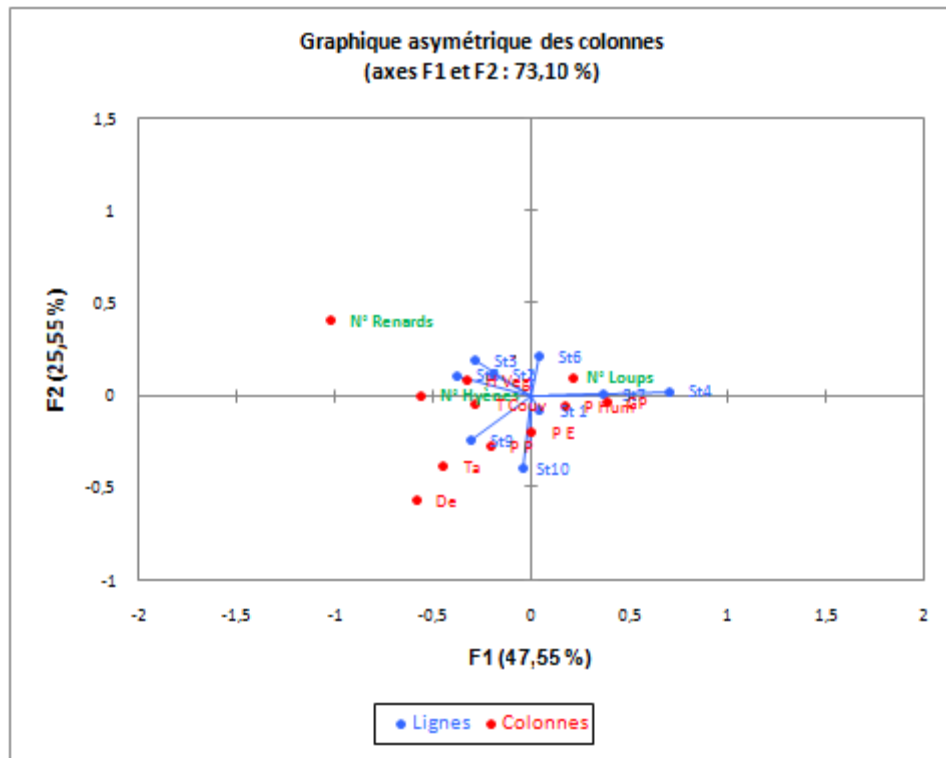


Figure 34 : Projection sur les deux premiers axes de l'analyse factorielle des correspondances des stations, des variables et des 3 espèces de carnivores (GP : Grandes proies, PP : Petites proies, P Hum : Présence humaine, T Cou : Taux de couverture, H Veg : Hauteur de végétation, PE : Points d'eau, Ta : Tanières et De : Décharge)

IV.5. Discussion

La présente étude fournit les premières informations sur le comportement et l'organisation sociale du Loup doré d'Afrique (*Canis anthus*) en Algérie, après sa classification comme une espèce à part entière occupant tout le Nord et l'Est d'Afrique. Ce canidé est le prédateur le plus répandu en Algérie. Il se caractérise par une large aire de répartition vu sa capacité d'adaptation à divers écosystèmes et la plasticité de son régime alimentaire. Au niveau de la RCT, il est présent partout avec une activité permanente de jour comme de nuit qui commence à s'accroître avant le coucher du soleil et dure jusqu'à 4h du matin.

La surveillance acoustique et le piégeage photographique, nous ont permis d'évaluer la densité de ses groupes et leur taille au niveau de la réserve et dans les zones limitrophes. Nous tenons à signaler que les travaux déjà menés sur l'éthologie de cet animal se sont basés surtout sur des observations naturalistes et des données opportunistes (Moehlman, 1983, 1987 ; Khidas 1990 ; Admasu et *al.*, 2004). Les enregistrements que nous avons réalisés par les caméras pièges ont montré une nette variabilité au niveau de la taille et la couleur de la fourrure chez les individus du loup (Fig. 2, Chap. I), chose qui a été déjà révélée dans divers

endroits dans le monde par Rueness *et al.* (2011), Gaubert *et al.* (2012) et Koepfli *et al.* (2015).

Trois groupes territoriaux ont été ainsi identifiés à l'intérieur de la réserve. Ces derniers ont souvent réagi aux hurlements diffusés par un mégaphone et parfois même sans stimulation préalable ce qui suggère que le Loup doré d'Afrique utilise ses vocalisations pour défendre indirectement son territoire. Ce même comportement a été signalé par Van Lawick-Goodall & Van Lawick-Goodall (1970) en Tanzanie pour la même espèce et par Harrington & Mech, (1978) chez le Loup gris (*Canis lupus*) en Europe. Nos résultats révèlent que *C. anthus* vit dans des groupes territoriaux bien définis dans l'espace avec un nombre d'individus qui peut aller jusqu'à huit adultes par groupe, ce qui concorde avec les observations naturalistes de Moehlman (1983, 1987). Par ailleurs, les travaux de Van Lawick-Goodall & Van Lawick-Goodall (1970), Moehlman (1983) et Khidas (1990) ont montré que cette espèce défend un territoire, de superficie variable en fonction des écosystèmes occupés, qui peut aller de 0,1 à 3,1 km². Selon certains auteurs (Moehlman 1983, Van Lawick-Goodall & Van Lawick-Goodall 1970), le Loup doré d'Afrique ne pénètre pas dans le territoire d'un autre groupe, dans le cas contraire il s'expose à un comportement agressif de défense de la part des individus du groupe en question.

La densité des groupes au sein de la réserve (1,98 /10 km²) est élevée comparée à celle de l'extérieur (1,39/10 km²) tout en sachant que les groupes détectés à l'extérieur peuvent inclure dans leurs territoires défendus une partie de la réserve là où la clôture est endommagée, ce qui permet l'incursion d'un certain nombre d'individus et par conséquent l'augmentation de la densité des groupes. La densité du loup au niveau de la réserve est beaucoup plus élevée que celle enregistrée pour le Chacal doré d'Eurasie en Serbie, Bulgarie et Croatie où elle se situe entre 0,1 et 0,9 groupes/10 km² (Banea *et al.*, 2012).

L'effectif moyen par groupe est estimé à six adultes représentés par le couple reproducteur et les individus de la génération précédente qui n'ont pas encore quitté le groupe (Stacey & Ligon, 1991). L'organisation sociale chez les mammifères d'une manière générale est fortement influencée par les facteurs écologiques et humains (Macdonald, 1983 ; Johnson *et al.*, 2002 ; Rutledge *et al.*, 2010), où notamment la disponibilité alimentaire et la quiétude peuvent avoir une influence sur la taille des groupes. L'estimation de l'effectif du loup au niveau de la zone que nous avons prospectée est de 30 individus dont le centroïde des groupes territoriaux se trouve à l'intérieur de la réserve avec environ 19 individus adultes. Le nombre important d'empreintes observées au niveau du transect dix et quatre, nous laisse supposer que des individus des groupes G5, G6 et G7, pénètrent à l'intérieur de la réserve pour tire

profit des ressources alimentaires disponibles. Les loups au niveau de la réserve chassent même en pairs ou en groupe quant il s'agit d'une proie de grande taille tel que le sanglier et cela a été confirmé lors de notre investigation.

Au cours de notre enquête, nous avons essayé de demander des explications sur les causes de persécution du loup par les populations riveraines. Les réponses obtenues ont révélé que la prédation des bétails et volailles ainsi que les croyances superstitieuses représentent les principales causes de braconnage du loup. Ceci a été bien observé en dehors des zones protégées (Annexe photos) où l'animal se fait massacrer presque systématiquement par les riverains et les chasseurs. Ce conflit n'a pas cessé d'augmenter au fil du temps, compte tenu le nombre d'animaux tués chaque année, ce qui peut engendrer d'une manière significative le déclin des groupes.

Le Loup doré d'Afrique n'est pas le seul carnivore présent au niveau de la réserve, d'autres prédateurs partagent avec lui ce territoire. La Hyène rayée connu comme étant un animal nocturne a été observée directement pendant le jour lors de notre investigation de terrain mais aussi capturée par les caméras pièges (Annexe photos). L'observation de la hyène en activité ainsi que d'autres espèces telles que la mangouste et le porc-épic pendant la journée peut s'expliquer par la quiétude qui règne dans la réserve. Le Renard roux, quant à lui a été observé quelques rares fois uniquement durant la nuit. Ce qui concorde avec les travaux de Tokeshi (1999) qui a signalé que le Renard roux (*Vulpes vulpes*) et le fennec (*Vulpes zerda*) sont exclusivement nocturnes.

La recherche des facteurs déterminant la répartition des grands carnivores sympatriques au sein de la réserve à travers l'analyse factorielle des correspondances fait ressortir que la présence du loup est fortement liée à la distribution des proies de grandes tailles mais aussi aux points d'eau. Alors que la hyène est beaucoup plus dépendante des petites proies, la hauteur et le taux de couverture de la végétation. En fin, le Renard roux semble ne pas avoir de relations avec les variables testées et fréquente les endroits où la hyène est absente. Les résultats de l'AFC sont propres à la réserve et ne peuvent en aucun cas être généralisés à l'aire de répartition de ces carnivores étant donnée la superficie restreinte de la zone prospectée et le nombre limité de variables analysées.

La présence de ces trois canidés sympatriques a été confirmée par leurs indices de présence, principalement les empreintes et les crottes, mais aussi avec des photos enregistrées par les pièges photographiques. En outre, toutes les stations investiguées étaient occupées au moins par l'une des trois espèces pendant les quatre saisons. Nous avons répertorié la présence du Renard roux dans les mêmes endroits où le Loup doré d'Afrique était observé

mais avec un décalage horaire. Kronfeld-Schor & Dayan (2003) ont décrit cela comme étant un mécanisme écologique adopté par les espèces sympatriques pour réduire l'intensité de la concurrence entre eux. Par contre, le renard était absent dans les endroits où la hyène a été contactée et aucune observation ne lui a été enregistrée. Par ailleurs, l'overmarking était bien présent entre le loup et la hyène. En plus de celui marqué par les crottes, les deux prédateurs ont été capturés en même temps et dans le même endroit par les caméras pièges autour d'une même carcasse (Annexe photos). La forte valeur de l'indice de similarité entre le loup et la hyène confirme leur coexistence et le partage du même territoire. En revanche, la faible valeur d'ISS entre la hyène et le renard, va dans le sens que ce dernier évite les endroits fréquentés par la hyène.

Rapport-Gratuit.com

CHAPITRE V : DIVERSITE GENETIQUE

V.1. Introduction

Linné en 1758 a décrit le Chacal doré (*Canis aureus*) et sa vaste répartition à travers le monde. Il est bien connu dans toute la moitié nord de l'Afrique, de même qu'au Moyen-Orient, et une partie de l'Asie méridionale jusqu'en Inde et en Thaïlande. En Algérie, il côtoie tous les types de milieux en allant du Tell jusqu'au Sahara. Mais au cours de ces dernières années de nombreux écologistes et généticiens qui travaillent sur les carnivores et particulièrement ceux qui s'intéressent à la diversité du genre *Canis* en Afrique du Nord ont posé la question sur la systématique de cette espèce. Ferguson (1981) et Rueness et al. (2011) ont signalé la présence d'individus, au niveau de nombreux pays Nord africains, phénotypiquement différents à la description du Chacal doré faite par Linné (1758).

Les travaux de Gaubert et al. (2012) basés sur les deux fragments d'ADN mitochondrial, celui de la région de commande et le cytochrome *b*, ont révélé l'existence d'une sous-espèce de loup nommée le Loup d'Egypte (*Canis lupus lupaster*) dans toute la moitié nord de l'Afrique y compris l'Algérie où ils ont analysé 5 échantillons provenant du nord-est du pays. La plus récente investigation de Kopfeli et al. (2015), montre que l'espèce de loup (*Canis anthus*) nouvellement décrite, anciennement appelée Chacal doré (*Canis anthus*), occupe toute la région Nord-ouest d'Afrique. Ceci nous a poussé à faire des analyses moléculaires pour savoir sur quelle espèce nous travaillons exactement et quels sont les processus qui gouvernent la distribution de sa lignée généalogique autrement dit sa phylogéographie en Algérie.

V.2. Méthodologie

V.2.1. Collecte des échantillons

Lors de la période de la collecte des échantillons, nous avons essayé d'adopter des techniques utilisées par de nombreux chercheurs (Leite et al., 2015 ; Harms et al., 2015 ; Godinho et al., 2011) : 1) L'utilisation d'une cage piège dont les dimensions et le fonctionnement de la trappe ont été établis en ce référent aux critères universels des cages de capture (Photo. 14) ; 2) des brosses plates ont été fixées sur les troncs d'arbres à une hauteur déterminée (30 à 40 cm) avec l'utilisation de l'huile de valériane pour attirer les carnivores (Photo. 15). Les espèces piégées par la forte odeur de huile vont frotter leur corps sur les brosses ce qui conduit à l'arrachement de certains poils et parfois on assiste, en plus, à des dépôts de crottes ; 3) L'utilisation d'un fils barbelé planté au niveau des sentiers à une hauteur

de 45 cm du sol peut donner de bons résultats (Photo. 16). Pour éviter le risque d'avoir des poils provenant de plusieurs individus sans pouvoir le connaître, chose qui peut fausser les analyses génétiques, nous avons placés des caméras pièges pour surveiller le sentier ; 4) le prélèvement des échantillons à partir des individus morts (Photo. 17) et 5) l'analyse génétique des crottes (Zachos et *al.*, 2009).

La salive est aussi une bonne source d'ADN pour faire l'identification des prédateurs qu'on peut avoir soit à partir des individus morts ou bien piégés, soit au niveau des morsures laissées sur les proies prédatées (Harms et *al.*, 2015).



Photo 14 : Cage de capture



Photo 15 : Brosse fixée sur un tronc d'arbre



Photo 16 : Piège à fils barbelé



Photo 17 : Cadavre de Loup doré d'Afrique

Pendant la période allant de Juin 2014 au Mai 2015, nous avons collecté 247 échantillons de crottes où 12 parmi eux ont fait l'objet d'une identification génétique ainsi que trois échantillons de tissus et poils. Dans le but de confirmer l'existence de ce canidé sur tout le territoire du pays et de connaître sa phylogénie, nous avons élargi notre échantillonnage pour couvrir les différents écosystèmes (Forêt, Steppe et désert) reconnues en Algérie. Nous avons prélevés juste les échantillons de tissus et poils avec follicules dont on est sûr qu'ils appartiennent à l'espèce afin de minimiser le coût des analyses génétiques qui coutent cher. Dans certains cas, nous avons accepté des crottes récoltées dans des zones où il était difficile d'avoir des échantillons de tissus tels que le Tassili-Najer et l'Ahaggar. Au total, dix

échantillons de crottes et 30 échantillons de tissus et poils ont été collectés à travers le pays entre 2015 et 2016. Les points de prélèvements ont été répertoriés pour établir une carte de distribution des échantillons en utilisant un system d'information géographique (Fig. 35).

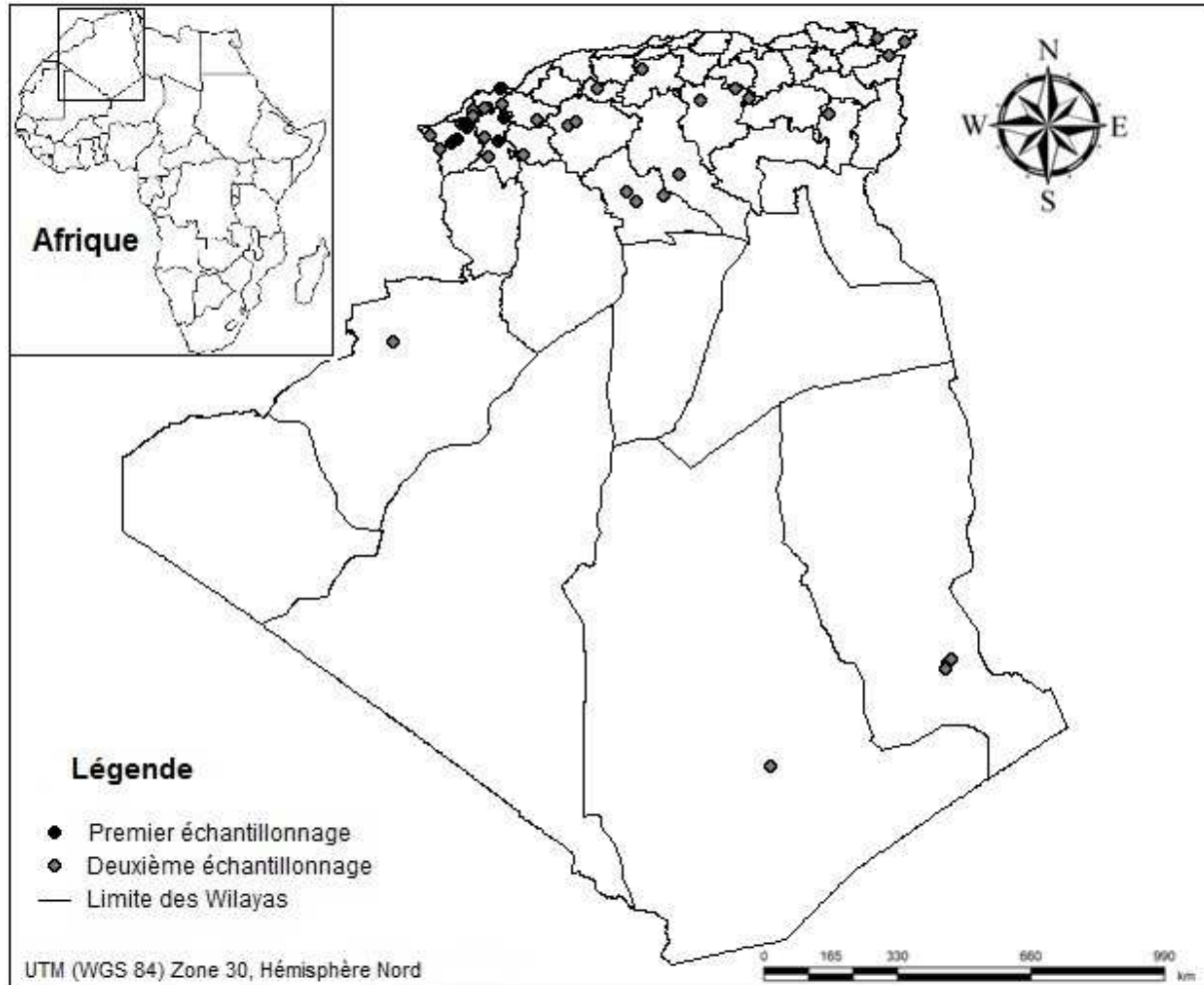


Figure 35 : Carte de distribution des points de prélèvement des échantillons

V.2.2. Extraction d'ADN

V.2.2.1. Premier lot d'échantillons

Un premier lot de 15 échantillons a été analysé en 2015 au niveau de l'institut « Senckenberg World of biodiversity » en Allemagne. Un institut où on travaille déjà sur la conservation génétique des carnivores notamment le Loup gris (*Canis lupus*), le Chat sauvage (*Felis silvestris*) et les Hamsters. L'extraction a été réalisée en utilisant des kits QIAGEN « QIAamp DNA Investigator Kits » pour les échantillons non-invasifs (poils et crottes) et « DNAeasy Blood and Tissue Kits » pour les échantillons invasifs (tissus).

- **Protocol d'extraction d'ADN à partir des poils et crottes**

Le protocole d'extraction d'ADN dans ce cas comprend plusieurs étapes qui sont les suivantes :

- nettoyage parfait de la paillasse avec le chlorix (désinfectant) à 96% puis l'éthanol à 70% pour éviter le risque de contamination connu dans ce domaine surtout avec les échantillons non-invasifs, qui ne contiennent qu'une petite quantité d'ADN ;
- mettre des poils (4-20) dans des tubes de collection « endorf » d'une capacité de 1,5 ml contenant 300 μ l d'*ATL buffer* ;
- centrifugation pendant 1 min puis ajout de 20 μ l de *Proteinase K* et 20 μ l de *DDT* ;
- incubation à une température de 56°C durant une 7-9 h (Photo. 18) ;
- centrifugation puis ajout de 1 μ l de *Carrier ARN* afin d'éliminer l'ARN ;
- les tubes sont placés enfin dans un agitateur pour provoquer le processus de sédimentation ;
- préparation des « Columns », petites plaques dont une partie contient des tubes endorf de 1,5 ml avec filtres et l'autre partie des tubes de 2 ml sans filtres (Photo. 19) ;
- placement des columns, les tubes contenant les échantillons et les boîtes de produits du kit d'extraction dans la « QIAcube », une machine qui fait l'extraction d'ADN à partir de 12 échantillons à la fois (Photo. 20). Pour les échantillons contenant plus de cinq poils nous avons ajouté 80 μ l d'*ATE buffer* et pour ceux qui ont moins nous avons ajouté que 30 μ l ;
- une fois dans la « QIAcube », les échantillons doivent passer par les étapes suivantes : 'Investigator kit' → Forensescose work samples → Purification 2 times → 20 μ l de solution ;
- enfin, récupérer l'ADN extraite à partir des tubes à filtres après 2 h environ.



Photo 18 : Incubateur avec plaque mobile



Photo 19 : Préparation du Column



Photo 20 : QIAcube avec ses principales composantes

- **Protocol d'extraction d'ADN à partir des tissus**

Le protocol d'extraction d'ADN à partir des tissus doit passer par les étapes suivantes :

- nettoyage de l'espace de travail avec le chlorix et l'éthanol ;
- couper jusqu'à 25 mg de tissu en petits morceaux puis les placer dans un tube de collection de 1,5 ml ;
- ajout de 180 μ l de la solution *ATL buffer* et 20 μ l de *protéinase K*, puis mixage à l'aide d'un agitateur ;
- incubation des tubes dans un thermo-mixeur à une température de 56 °C pendant 7 à 9h, voir plus, jusqu'à ce que les tissus soient complètement lysés. La période d'incubation est fortement dépendante du type, l'âge et la quantité de tissus utilisé suite aux conditions de conservation ;
- agitation pendant 15s puis ajout de 200 μ l de la solution *AL buffer* ;
- ajout de 200 μ l d'éthanol (96%), centrifugation pendant 1 min puis transférer les contenus des tubes dans des nouveaux tubes à filtre de 2 ml ;
- centrifugation à 8000 tpm (tour par minute) pendant 1 min ;
- récupérer les filtres et jeter les tubes collecteurs avec leurs contenus puis placer les filtres dans des nouveaux tubes de collection (2 ml) ;

- ajout de 500 µl de la solution *AW1* et centrifuger pendant 1 min à 8000 tpm puis jeter encore une fois les tubes collecteurs et déplacer les filtres dans des nouveaux tube de 2ml ;
- ajout de 500 µl de la solution *AW2* et centrifuger pendant 3 min à 14000 tpm pour sécher la membrane des filtres ;
- placer les filtres dans des tube de collection propre d'une capacité de 1,5 ml et ajout de 200 µl de la solution *AE* directement sur la membrane du filtre ;
- incubation à une température ambiante (22 °C) pendant 1 min puis centrifuger à 8000 tpm durant 1 min ;
- enfin, récupération des tubes contenant l'ADN extraite pour les conserver à une température de - 20 °C en jetant les filtres.

V.2.2.2. Deuxième lot d'échantillons

Un deuxième lot composé de 40 échantillons a été analysé en 2016 dans un autre centre de recherche au Portugal, le CIBIO (Research Centre in Biodiversity and Genetic Ressources). L'extraction d'ADN a été faite avec et sans utilisation de kits selon deux protocoles.

- **Protocol d'extraction d'ADN à partir des crottes**

L'extraction d'ADN à partir des crottes est un peu délicate. Ces dernières n'en renferment qu'une petite quantité et les risques de contamination sont élevés. C'est pour cela que nous avons travaillé dans une salle isolé avec des mesures de précautions élevés (Photo. 21). Les crottes ont été séchées dans une étuve à 50°C pendant 24 h pour évaporer l'éthanol dans lequel ont été conservées. Un contrôle négatif a été fait pour chaque ensemble d'échantillons afin de vérifier la contamination. Le protocole d'extraction suivi est celui dit Guanidine Thiocyanate (SILICA), il comprend les étapes suivantes :

- utilisation d'une masse de 500 mg de la partie postérieure des crottes, puis lui ajouter 30 ml de la solution *PBS* (6,08 g de KH_2PO_4 , 8,62 g de NaCl , 1000 ml de H_2O) dans un flacon de 50 ml. Avec une pipette Pasteur, nous avons lavé rigoureusement la crotte pour favoriser l'élution des cellules épithéliales ;
- pipetage de 15 ml du surnageant pour les mettre dans des tubes de 20ml et centrifugation à 4000 tpm pendant 25 minutes ;
- ajout de 2 ml de solution *L6* puis incubation à une température ambiante (20°C) avec une agitation constante ;
- centrifugation à 4000 tpm pendant 10 min, récupération du surnageant dans un nouveau flacon de 15 ml, lui ajouter 250 µl de solution de silice et agitation pendant 5 min ;

- centrifugation pendant 2 min à 4000 tpm puis élimination du surnageant ;
- ajout de 4 ml de solution *L2* et agitation jusqu'à la dissolution entière, puis centrifugation à 4000 tpm pendant 2 min (cette étape est répétée deux fois) ;
- ajout de 4 ml d'éthanol (80%), puis centrifugation à 4000 tpm durant 2 min. Après, soustraction de tout l'éthanol et incubation à 60 °C pour séchage ;
- dilution avec 500 µl d'eau ultra-pure et agitation pour dissoudre le sédiment, puis incubation à une température ambiante ;
- centrifugation à 4000 tpm pendant 5 min et récupération du surnageant dans un nouveau tube ependorf de 1,5 ml ;
- centrifugation à 8000 tpm pendant 1 min pour la sédimentation des résidus de silice ;
- récupération du surnageant et filtration, en utilisant un filtre Microcon YM-30, ref 42410 Millipore, puis centrifugation à 13000 tpm pendant 10 min pour purifier l'ADN extraite ;
- élimination du surnageant et ajout de 500µl d'eau ultra-pure aux tubes à filtre puis centrifugation à 13000 tpm pendant 15 min ;
- ajout de 100 µl d'eau ultra-pure dans un nouveau tube et renversement du filtre, puis centrifugation à 14000 tpm pendant 1 min pour avoir enfin l'ADN extraite.

NB : Les composants de *L6*, *L2* et la préparation de la solution de silice sont bien décrits en Annexe (Annexe. 6 et 7).

- **Protocol d'extraction d'ADN à partir des tissus et poils avec follicule**

L'extraction a été réalisée selon le protocole d'ADN génomique microplaques avec l'utilisation d'EasySpin comme kit d'extraction en respectant les étapes suivantes :

- couper jusqu'à 30 mg de tissu et le mettre dans des tubes de collection de 1,5 ml ;
- ajout de 300 µl de solution *ACL* et 20 µl de *protéinase K* ;
- incubation à 55 °C pendant une période de 3 à 4 h puis mixage sur une plate-forme à bascule pour que le tissu soit complètement lysé ;
- refroidissement à une température ambiante (20 °C), puis agitation pendant 20 secondes et centrifugation durant 5 min à 14000 tpm ;
- pipetage de 300 µl de surnageant et les mettre dans des columns EasySpin (tubes à filtre) puis y ajouter 300 µl de la solution *AB*. Renversement des tubes à une température ambiante pendant 2 minutes pour mixer le produit;
- centrifugation à 4000 tpm pendant 2 min ;
- ajout de 500 µl de solution de lavage, puis centrifugation pendant 1 minute à 8000 tpm, cette étape est répétée deux fois ;

- jeter les sédiments puis centrifugation durant 5 min à 14000 tpm pour éliminer les résidus de solution de lavage ;
- placement des filtres dans des tubes de 1,5 ml et y ajouter 50 μ l de la solution d'élution directement sur la membrane du filtre puis incubation à 55 °C pendant 10 minutes ;
- centrifugation pendant 5 min à 14000 tpm. Cette étape est répétée deux fois pour avoir une deuxième élution avec une ADN beaucoup plus claire ;
- enfin, récupération des tubes contenant l'ADN extraite en jetant les filtres.



Photo 21 : Extraction d'ADN à partir des crottes dans une salle isolée et protégée contre la contamination (originale, 2016)

V.2.2.3. Evaluation de l'ADN extraite

L'évaluation du succès des extractions d'ADN, tant en quantité qu'en qualité, est faite par électrophorèse dans un gel d'agarose à 0,8% coloré par un gel rouge (Biotium) dans du une solution de TBE 0,5x (Tris-Borate-EDTA tampon Tris 89 mM, acide borique 89 mM, EDTA 2 mM, pH 8,0) à 300 V pendant 10 à 15 minutes. Après la migration des [acides nucléiques](#) chargés négativement sous l'effet d'un [champ électrique](#), le gel est placé sur une table à rayonnement UV sous une caméra pour le visualiser sur ordinateur et l'imprimer en photo. L'estimation de la taille des fragments est faite en comparaison avec l'échelle du marqueur utilisé dans le premier puits après la migration. Lorsque la quantité et la qualité de l'extraction d'ADN étaient élevées, nous avons effectué une dilution avec l'eau ultra-pure, si non elle a été utilisée directement pour les réactions de PCR (Réaction en Chaîne par Polymérase) et de séquençage. L'ADN extraite a été conservée à une température de -20 °C.

V.2.3. Amplification et séquençage d'ADN mitochondrial

V.2.3.1. Amplification

➤ *Premier lot d'échantillons*

L'amplification du fragment d'ADN mitochondrial du cytochrome *b* (Cyt *b*) a été réalisée par PCR en utilisant les paires d'amorces GVL14724 et H15149 (Gaubert et *al.*, 2012). L'amplification s'est faite dans un volume total de 15 µl composé de 3 µl d'ADN extraite, 3 mM $MgCl_2$, 0,2 mM de *dNTP*, 0,1 pg / pl de *BSA*, 0,5 µM de chaque amorce et 0,66 U/pl de *Taq*. Le protocole d'amplification adopté est celui utilisé pour les loups à l'institut de Senckenberg, il comprend les étapes suivantes :

- température initiale de 95 °C pendant 15 min, suivie par 30s à 94 °C, 60 °C pendant 90s ;
- deux cycles de 72 °C pendant 1 min puis 94 °C pendant 30s ;
- cinq cycles de 58 °C pendant 90s puis 72 °C pendant 1 min, 94 °C pendant 30s, 54 °C pendant 90s ;
- huit cycles de 72 °C pendant 1 min suivie par 94 °C pendant 30s et 50 °C pendant 90s ;
- onze cycles de 72 °C pendant 1 min puis une période d'extension à une température de 72 °C.

➤ *Deuxième lot d'échantillons*

L'amplification du fragment de la région de commande (D-loop) a été réalisée cette fois ci en utilisant les amorces DLH (5'CCT GAG GTA AGA ACC AGA TG 3') et THR (5'CAT TAC CTT GGT CTT GTA AAC C 3') (Kocher et *al.*, 1989). Des réactions de PCR ont été réalisées dans 10 µl de volume de réaction comprenant: 5 µL de Master Mix (PCR Master Mix, QIAGEN), 0,4 µl de chaque amorce avant et arrière, 3,2 µl d'eau pure, et 1 µl d'ADN. Pour des échantillons de basse qualité, des quantités plus élevées d'ADN ont été utilisées allant jusqu'à 4 µl dans certains cas. Le contrôle négatif a été utilisé comme témoin dans toutes les PCR pour vérifier les contaminations. Toutes les PCR ont été réalisées dans un Thermo-Cycleur BioRad T100. Le protocole de PCR a suivi les étapes suivantes :

- dénaturation initiale à 95 °C pendant 15 min ;
- Quarante cycles chacun composé de : 95 °C pendant 30s, 52 °C (température de recuit d'amorce) durant 45s et 72 °C pendant 45s ;
- extension finale à une température de 60 °C pendant 10 min.

V.2.3.2. Evaluation du produit de PCR

Les produits de PCR ont été évalués par électrophorèse dans un gel d'agarose à 2%, en appliquant une échelle d'ADN de masse (marqueur 5, Eurogenetec) et suivant les mêmes

conditions indiquées dans l'électrophorèse d'extraction. Le gel a été visualisé sur une table à rayonnement UV sous la caméra pour le visualiser sur ordinateur et l'imprimer en photo.

V.2.3.3. Séquençage

Avant le séquençage, les produits de PCR ont été purifiés à l'aide d'ExoSap (ExamSAP-IT® PCR Product Cleanup, Affymetrix), tel qu'indiqué par le fabricant, pour éliminer tout excès d'amorces et d'autres réactifs d'amplification. Ils ont été ensuite suivis par le protocole standard du kit de séquençage Big-Dye cycle (BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kits, AB Applied Biosystems) en utilisant les amorces avant dans un Thermo-Cycleur BioRad T100. Les produits de réaction de séquençage ont été nettoyés avec Sephadex selon le protocole du fabricant, pour éliminer les dNTP (désoxy nucléotide triphosphates) et d'autres réactifs. Enfin, la réaction de séquençage a été effectuée sur un analyseur génétique AB1 3130xl (AB : Applied Biosystems). Les électrophérogrammes résultants ont été vérifiés et alignés en utilisant le logiciel SEQSCAPE v2.5.

V.2.4. Amplification et génotypage des microsatellites

Au total, 22 tissus du second lot d'échantillon prélevés dans la partie Nord Algérienne ont été génotypés pour 48 marqueurs microsatellites, répartis sur 5 mixtes (Kit2, Kit3, Kit4, AP1, AP2), développés au niveau du CIBIO selon la technique proposée par Godinho et *al.* (2011, 2015) (Tab. 14). Les marqueurs ont été choisis à partir d'une large gamme pour chiens, dont 38 ont été déjà testés pour le Loup doré d'Afrique (Koepfli et *al.*, 2015).

Les PCR ont été effectuées dans un volume total de 10 µl comprenant 5 µl de Master Mix (QIAGEN), 1 µl de kit, 3 µl d'eau pure et 1 µl d'ADN (l'ADN a été jusqu'à 4 µl pour les mauvais échantillons). Les conditions de thermocyclage ont été respectées selon le protocole du fabricant où différents profils d'attelage ont été utilisés pour chaque multiplex selon les températures de recuit (une température précise qui permet à l'amorce d'attacher à l'échantillon d'ADN) de chaque mixte. Les mixtes AP1 et AP2 ont le même programme de PCR (Fig. 36). Ensuite, le produit de PCR a été évalué par électrophorèse dans du gel d'agarose à 2% puis visualisé sur une table à rayonnement UV sous une caméra pour le visualiser sur ordinateur et l'imprimer en photo.

Tableau 14 : Liste des marqueurs microsatellites sélectionnés par mixte

Mixte	Marqueur	Référence
KIT 2	AHT111	Holmes et <i>al.</i> , 1993
	AHT103	Holmes et <i>al.</i> , 1993
	C04.140	Ostrander et <i>al.</i> , 1993
	C09.173	Ostrander et <i>al.</i> , 1993
	C20.253	Ostrander et <i>al.</i> , 1993
	CPH14	Fredholm & Winterø, 1995
	C13.758	Mellersh et <i>al.</i> , 1997
	C14.866	Mellersh et <i>al.</i> , 1997
	FH2001	Francisco et <i>al.</i> , 1996
	VWF	Shibuya et <i>al.</i> , 1994
KIT 3	AHTk211	Lingaas et <i>al.</i> , 1996
	AHTk253	Lingaas et <i>al.</i> , 1996
	C22.279	Ostrander et <i>al.</i> , 1993
	AHTTh171	Breen et <i>al.</i> , 2001
	AHTTh260	Breen et <i>al.</i> , 2001
	FH2848	Breen et <i>al.</i> , 2001
	INRA21	Mariat et <i>al.</i> , 1996
	REN162C04	Guyon et <i>al.</i> , 2003
	REN169D01	Guyon et <i>al.</i> , 2003
	REN169O18	Guyon et <i>al.</i> , 2003
	REN247M23	Guyon et <i>al.</i> , 2003
	REN54P11	Guyon et <i>al.</i> , 2003
	AHT137	Holmes et <i>al.</i> , 1995
	AHT121	Holmes et <i>al.</i> , 1995
	FH2054	Francisco et <i>al.</i> , 1996
	INU005	Finnzymes, CIBIO, Portugal
	INU030	Finnzymes, CIBIO, Portugal
INU055	Finnzymes, CIBIO, Portugal	
KIT 4	C08.410	Ostrander et <i>al.</i> , 1995
	C09.474	Ostrander et <i>al.</i> , 1995
	C08.618	Ostrander et <i>al.</i> , 1995
	C20.446	Ostrander et <i>al.</i> , 1995
	CXX.459	Ostrander et <i>al.</i> , 1995
	FH2161	Francisco et <i>al.</i> , 1996
	CPH2	Fredholm & Winterø, 1995
	CPH9	Fredholm & Winterø, 1995
	CPH05	Fredholm & Winterø, 1995
	C22.763	Oberbauer et <i>al.</i> , 2003
	Amelogenin	Breen et <i>al.</i> , 2001
	REN64E19	Breen et <i>al.</i> , 2001
AP 1	FH2079	Francisco et <i>al.</i> , 1996
	PEZ1	Neff et <i>al.</i> , 1999
	PEZ5	Neff et <i>al.</i> , 1999
	PEZ8	Neff et <i>al.</i> , 1999
AP 2	AHT132	Breen et <i>al.</i> , 2001
	FH2010	Francisco et <i>al.</i> , 1996
	C27.442	Ostrander et <i>al.</i> , 1995
	PEZ3	Neff et <i>al.</i> , 1999

Mixte Kit3			Mixte Kit2		
98 °C	3'		95 °C	15'	
98 °C	15"		95 °C	30"	
60 °C	1' 15"	40*	56 °C	45"	35*
72 °C	45"		72 °C	45"	
72 °C	5'		95 °C	30"	
10 °C	Infini		53 °C	45"	8*
			72 °C	45"	
			60 °C	30'	
			10 °C	Infini	
Mixte Kit4			Mixte AP1 et AP2		
95 °C	15'		95 °C	15'	
95 °C	30"		95 °C	30"	
60 °C	45"	7* (-0,5 °C/cycle)	58 °C	45"	20* (-0,1 °C/cycle)
72 °C	45"		72 °C	45"	
95 °C	30"		95 °C	30"	
57 °C	45"	22*	56 °C	45"	15*
72 °C	45"		72 °C	45"	
95 °C	30"		95 °C	30"	
53 °C	45"	8*	53 °C	45"	10*
72 °C	45"		72 °C	45"	
60 °C	30'		60 °C	30'	
10 °C	Infini		10 °C	Infini	

Figure 36 : Programme des thermo-cycleurs pour les cinq mixtes des marqueurs utilisés

V.3. Analyse des données

V.3.1. Identification spécifique

Pour l'identification spécifique, les séquences d'ADNmt de la région de commande obtenues ont été traitées avec le logiciel GENEIOUS v7.1.5 et vérifiées visuellement pour voir s'il y avait des anomalies telles que les pics anormaux et/ou les doubles pics. L'outil de recherche de base d'alignement (BLAST, NCBI) a permis de comparer les séquences obtenues à une base de données de séquences de gènes (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank>) pour vérifier l'identité des échantillons analysés (Benson et al., 2013).

V.3.2. Analyse phylogénétique

Les distances génétiques entre les séquences ont été traitées avec le logiciel MEGA v7 (Molecular Evolutionary Genetic Analysis) en utilisant le modèle de « *p-distance* » (Kumar et al., 2016), tout en incluant des séquences du Loup gris (*Canis lupus*) et du Chacal doré d'Eurasie (*Canis aureus*) téléchargés comme espèces à part (out group) de la banque de gènes (NCBI). L'alignement des séquences a été réalisé par l'application de l'option « Align by

Muscle ». Les distances génétiques ont été calculées par paires d'individus en utilisant le « *p-distance model* » dans le but de savoir si le Loup doré d'Afrique est beaucoup plus proche au Loup gris ou au Chacal doré d'Eurasie.

Pour estimer l'époque du plus récent ancêtre commun (TMRCA, Time of the Most Recent Common Ancestor) entre les séquences des individus analysés, y compris les séquences téléchargées, nous avons fait appel au logiciel BEAST v1.7.5 (Drummond et al., 2012) avec l'utilisation des modèles de calculs différents. La longueur de la chaîne de Marko Monte-Carlo (MCMC) était de 10^7 générations, prospecté tout les 1000. Les différents modèles ont été comparés pour le maximum de vraisemblance (ML, Maximum Likelihood), qui rend les résultats observés plus probables, grâce au logiciel TRACER v1.6. Les fichiers des arbres phylogénétiques, obtenus par le logiciel BEAST ont été regroupés dans un seul fichier via un autre logiciel, le LOGCOMBINER v1.7.5. L'arbre phylogénétique de synthèse avec des probabilités antérieures de séparation des trois espèces pour chaque nœud (TMRCA) a été obtenu en utilisant le logiciel TREEANNOTATOR v1.7.5, puis visualiser et éditer avec le logiciel FIGTREE v1.4.3 (Leite et al., 2015).

La diversité des haplotypes et des nucléotides a été calculée en utilisant le logiciel DNASP v5 (Librado & Rozas, 2009) et le réseau de connexion entre les individus analysés a été établi en utilisant le logiciel TCS v1.21 (Clement et al., 2000) tout en considérant la limite de connexion à la parcimonie à 95%.

V.3.3. Paramètres des microsatellites et diversité génétique

Les produits de PCR ont été évalués par électrophorèse dans du gel d'agarose à 2%. L'analyse de la longueur des fragments pour la notation des allèles a été effectuée avec le logiciel GENEMAPPER v4.1 pour tester l'apparition des allèles nuls, abandons et les bandes de bégaiement afin de ne pas fausser les résultats (Wattier et al., 1998 ; Ewen et al., 2000). Nous avons testés le déséquilibre des liaisons (*LD*) par paire de marqueurs amplifiés avec succès et avec moins de données manquantes en utilisant la version v4.2 du logiciel GENEPOP en ligne (Raymond & Rousset, 1995 ; Rousset, 2008). Le logiciel ARLEQUIN v3.5.2.2 a été utilisé pour calculer l'équilibre de Hardy-Weinberg (*HWE*), le nombre d'allèles, les fréquences alléliques, l'hétérozigosité attendue et observée (*He* and *Ho*) et l'indice de fixation (*Fis*) (Weir & Cockerham, 1984). Nous avons considéré le *DL* et *HWE* comme significatif à un niveau corrigé par Bonferroni, l'une des méthodes utilisées pour contrôler le problème des comparaisons multiples, (Rice, 1989). Les allèles privés et la différenciation génétique (*Fst*) ont été estimés par le logiciel GENALEX v6.5.

Pour déduire la structure de la population du Loup doré d'Afrique dans le Nord Algérien, nous avons eu recours au logiciel de regroupement bayésien STRUCTURE v2.3.3 (Falush et al., 2003). Nous avons utilisé la fonction de traitement par lot pour effectuer un total de 40 courses à raison de 5 répétitions par cluster (K=1 à K=8), avec une longueur de simulation de 10^6 MCMC (Markov chain Monte Carlo) interactions et un « burn-in » de 25×10^4 . Le modèle de mélange et l'option des fréquences d'allèles corrélées ont été choisies, car cette configuration est plus appropriée dans les cas des structures subtiles des population (Falush et al., 2003). Les résultats de la structure obtenue ont été soumis au logiciel en ligne « STRUCTURE HARVESTER v0.6.93 » (Earl & VonHoldt, 2011) pour évaluer la probabilité de chaque valeur (K) et estimer le nombre le plus probable de clusters en tenant compte de la valeur maximale de différenciation de ces derniers (ΔK), une quantité liée au taux de changement de la probabilité logarithmique des données par rapport au nombre de clusters, (Evanno et al., 2005).

V.3.4. Analyse des coordonnées principales (ACoP)

Pour bien visualiser les modèles de différenciation génétique des individus analysés et confirmer les résultats obtenus sur la structure des populations du Loup doré d'Afrique, une analyse des coordonnées principales a été effectuée en utilisant le logiciel GENALEX v6.5 (Peakall & Smouse, 2006). L'ACoP est une extension conceptuelle de la technique des analyses des composantes principales (ACP) qui peut être appliquée à n'importe quelle matrice de distance (dissimilarité) (Gower, 1966). L'ACoP a connu une popularité remarquable dans le domaine de la biologie moléculaire vu à sa capacité d'utiliser les distances phylogénétiques et la composition de la communauté pour calculer la similarité entre les populations (Bray & Curtis, 1957 ; Lozupone & Knight, 2005).

V.4. Résultats

V.4.1. ADN mitochondrial

Les séquences d'ADN obtenues ont une longueur moyenne de 420 bp pour le premier lot d'échantillons et 350 bp pour le second (Fig. 37). Les 15 échantillons qui ont fait l'objet d'identification spécifique ont été amplifiés avec succès et confirmés comme étant des *Canis anthus* après vérification dans la banque de gènes sauf un qui appartenait à un Chien domestique (*Canis lupus familiaris*).

Pour le second lot, 37 échantillons sur 40 (soit 87%) ont été amplifiés avec succès y compris un échantillon de poils collecté dans la région de Béchar au Sud-ouest du pays qui

appartenait à un Renard roux (*Vulpes vulpes*). Deux échantillons de crottes n'ont pas pu être amplifiés et le résultat était toujours négatif malgré que nous ayons répété la PCR trois fois avec différents programmes.

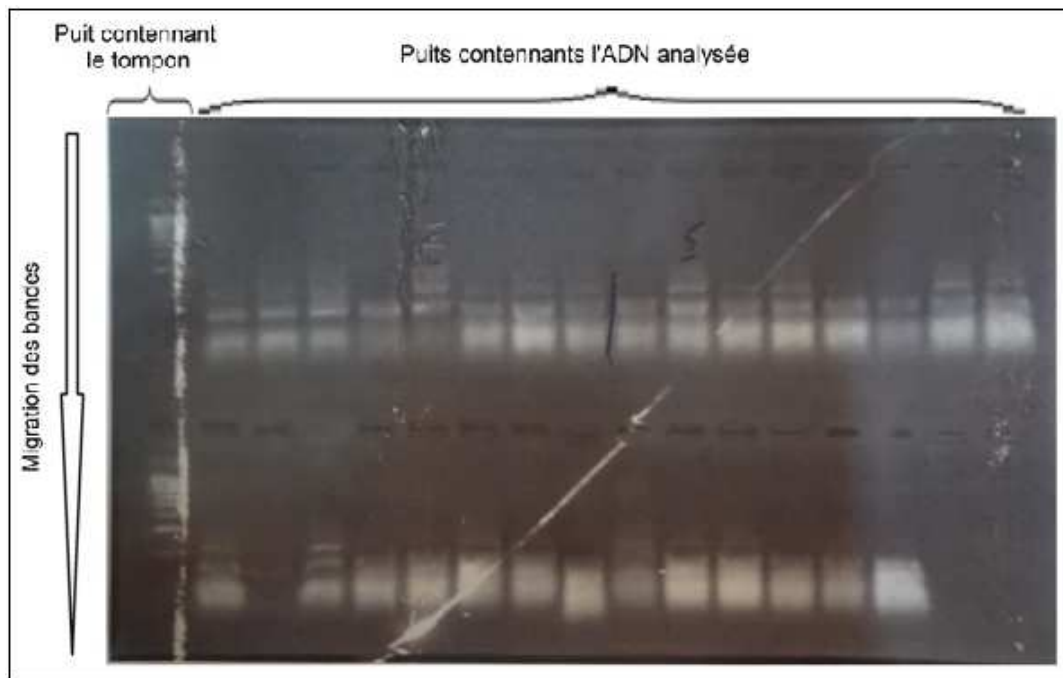


Figure 37 : Gel d'électrophorèse sous un rayonnement ultraviolet

V.4.2. Arbre phylogénétique

L'estimation de la divergence évolutive entre les 40 séquences d'ADNmt du fragment de la région de commande, après la suppression de toutes les positions ambiguës pour chaque paire de séquences, a montré que le Loup doré d'Afrique est proche du Loup gris de l'Italie (0.75) que du Chacal doré d'Eurasie (0.76). La distance génétique la plus élevée entre les individus de *C. anthus* est estimée à 0.022 (Annexe. 8).

Les deux modèles (1 : SRD06, horloge moléculaire décontractée, population de taille constante et 2 : Yang96, horloge stricte, population de taille constante) qui présentent des résultats presque semblables ont été comparés par AICM (Akaike Information Criterion Model) (Baele et al., 2012). Nous avons utilisé ce test (AICM) pour identifier le modèle le plus pertinent expliquant le bon choix des paramètres d'un modèle. Les valeurs faibles de l'AICM indiquent un meilleur ajustement des paramètres du modèle (Caswell, 2001) (Tab. 15). La comparaison entre les différents modèles réalisés grâce au logiciel TRACER v1.6 fait ressortir que les meilleurs paramètres dans la création du fichier XML, à partir du logiciel BEAUTI v1.7.5, sont le modèle SRD06 pour la substitution de nucléotide, l'horloge moléculaire décontractée et la population de taille constante.

Tableau 15 : Comparaison de deux modèles par AICM, S.E, estimé à partir de répliques bootstrap (= 10 dans notre application)

Trace	AICM	S.E.	Ahmed-Nexus_SRD06_Str...	Ahmed-Nexus_Yang96_St...
Ahmed-Nexus_SRD06_...	3283.59	+/- 0.499	-	11.147
Ahmed-Nexus_Yang96_...	3294.737	+/- 0.195	-11.147	-

L'arbre phylogénétique élaboré avec le logiciel FIGTREE en incluant quatre séquences téléchargées de la banque de gènes et considérées comme autres groupes : celle du Loup gris (*Canis lupus*) (AF115700.1) collectée en Italie en 1998 par Randi *et al.* (2000) et celles du Chacal doré d'Eurasie (*Canis aureus*) (KT362174.1, KT362175.1 et KT362176.1) collectées en Ukraine et Grèce en 2010 par Rutkowski *et al.* (2015), fait apparaître trois groupes d'espèces distinctes. Le phylogramme bayésien des trois canidés, construit par le logiciel BEAST v1.7.5 basé sur un ensemble de données séquentielles de 344 pb de la région de commande, a montré une divergence plus importante comme celle indiquée dans le tableau des distances génétiques. Les points noirs (nœuds) indiquent que les probabilités antérieures sont supérieures à 95%. L'estimation de l'époque des ancêtres communs les plus récents (TRMCA) entre *C. lupus* et *C. anthus*, suggéré par le logiciel BEAST, date depuis 1917 ans, par contre celle entre *C. aureus* et *C. anthus* est beaucoup plus anciennes et date de plus de 3100 ans (Fig. 38).

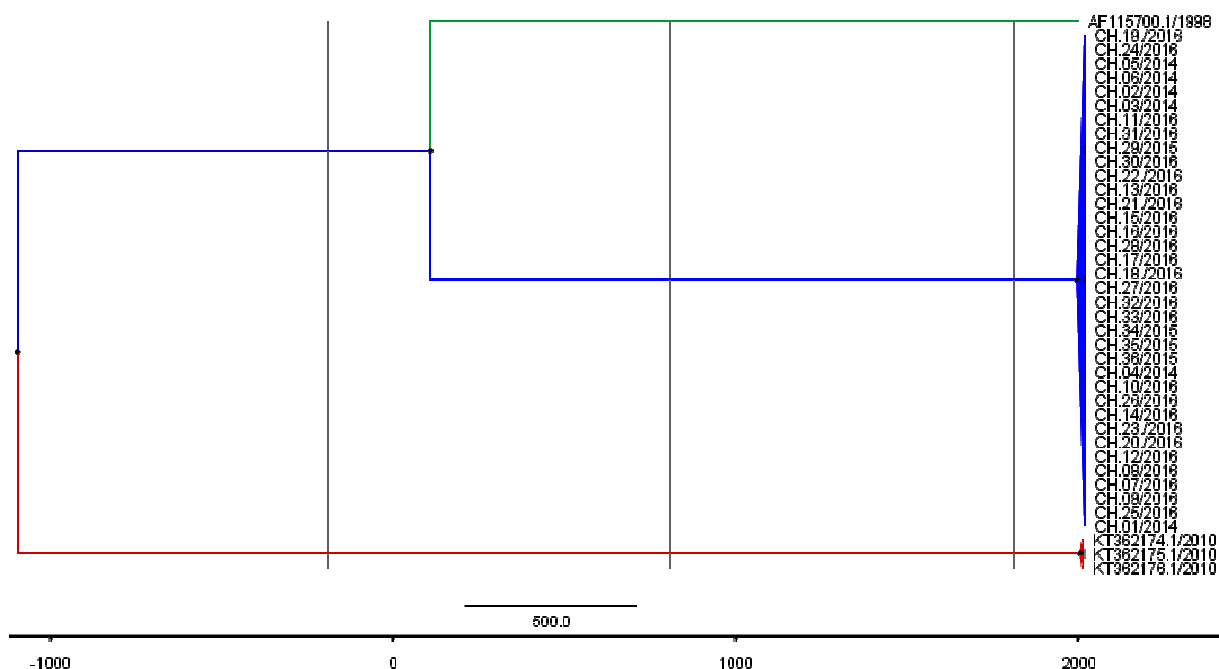


Figure 38 : Chronogramme estimé à partir de l'analyse du fragment de la région de commande (344 bp) de 36 individus de *C. anthus*, un *C. lupus* et trois *C. aureus* à l'aide d'une horloge moléculaire décontractée, l'échelle est en année

V.4.3. Diversité des nucléotides et des haplotypes

L'analyse des 36 échantillons du lot 2 a montré une grande diversité pour le fragment d'ADN mitochondrial de la région de commande basé sur un alignement de 344 pb, ce qui correspond à la taille des séquences les plus courtes. Cette analyse a fait ressortir 17 haplotypes et 13 sites polymorphes avec une diversité pour les haplotypes de 0,938 et de 0,00968 pour les nucléotides.

Le réseau d'haplotypes traité avec le logiciel TCS a montré une meilleure présentation des relations génétiques entre les différents individus. En considérant une limite de connexion à la parcimonie de 95%, les 17 haplotypes sont étroitement liés, avec un nombre maximal de mutation entre deux haplotypes égal à trois (Fig. 39). Les coordonnées des échantillons analysés ont été mentionnées sur la carte d'Algérie pour bien montrer la distribution des haplotypes (Fig. 40).

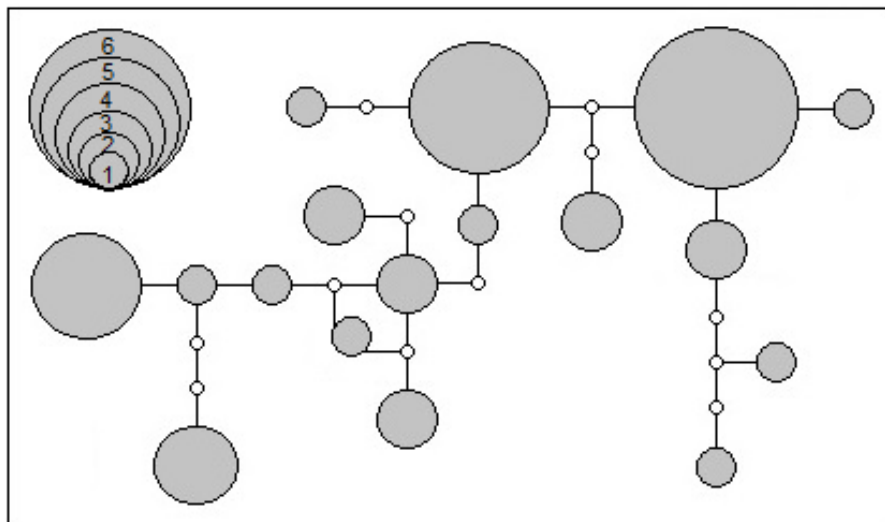


Figure 39 : Réseau d'haplotypes basé sur un alignement de 344 pb de de la région de commande (la taille du cercle présente le nombre d'individus par haplotype)

V.4.4. Succès d'amplification des marqueurs

Sur les 48 marqueurs microsatellites autosomiques sélectionnés, 31 ont été amplifiés en dépit de leurs faibles données manquantes (allèles nuls < 9%) et ils étaient tous polymorphiques pour les 22 échantillons analysés. Par contre, les 17 autres marqueurs avaient plus de 40% d'allèles nuls et donc n'ont pas été pris en considération. Le taux de succès d'amplification par mixte était pour le Kit 2 (70%), Kit 3 (66.66%), Kit 4 (58.33%), AP 1 (50%) et AP 2 (75%). Le nombre total d'allèles par locus variait entre trois (C09.474) et 11 (PEZ3, AHTh171 et CPH05) (Tab. 16).

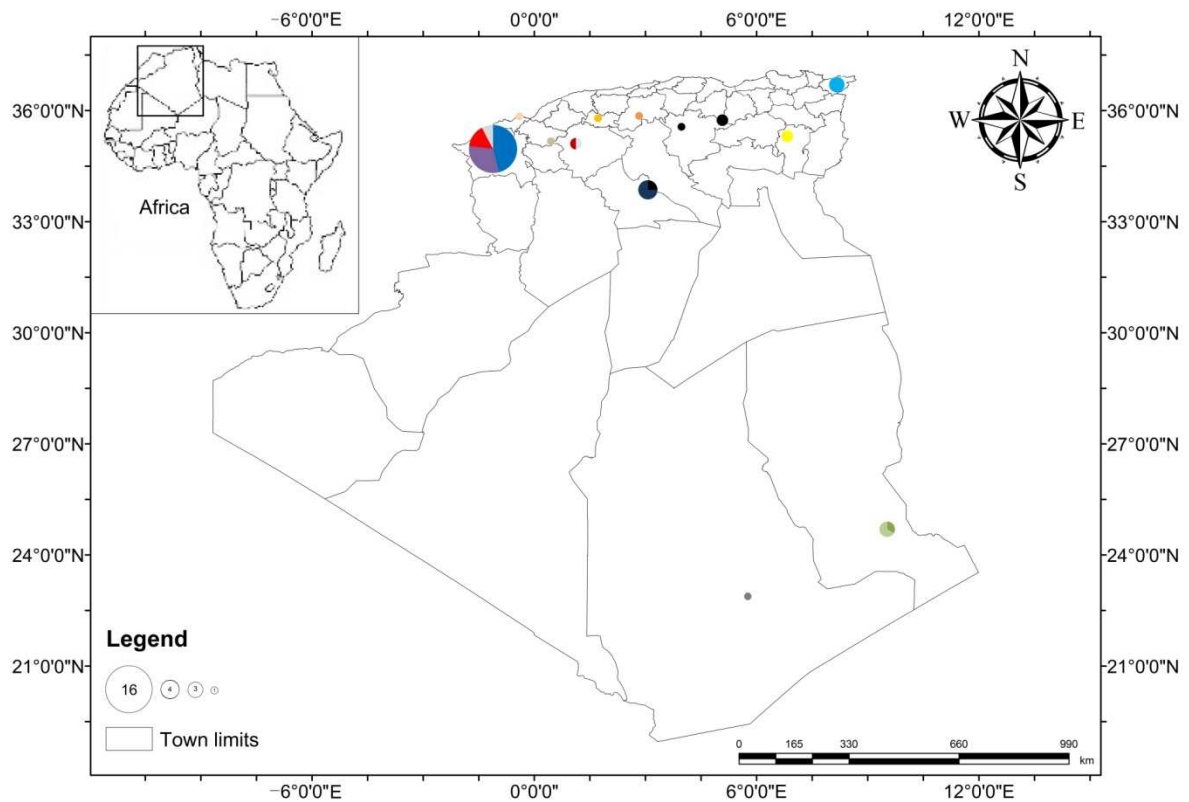


Figure 40 : Distribution spatiale des haplotypes identifiés en Algérie (la taille des cercles indique le nombre d'individus par haplotype)

V.4.5. Diversité génétique

Les 31 marqueurs déjà amplifiés ont été soumis au test de Hardy-Weinberg pour voir l'équilibre par paire de locus. La correction de Bonferroni, nous permis par la suite d'équilibrer les locus ayant des valeurs inférieures au seuil de signification ($P \geq 0.05$). Les paires de locus (AHT132 - AHT111, AHT132 - FH2848, AHT132 - REN162C04, C08.140 - CPH05, CPH05 - FH2161) ont montré un déséquilibre de liaison significatif ($P \geq 0.05$). Ce dernier est probablement le résultat d'individus étroitement liés car ce paramètre a été déjà examiné par Koepfli et *al.* (2015) pour *C. anthus* en Afrique du Nord, en utilisant les mêmes marqueurs, où aucun écart par rapport aux attentes n'a été observé.

Les niveaux de diversité génétique observés sont très élevés pour l'ensemble de la population de la zone d'échantillonnage. La moyenne d'allèles par locus est de 7.9 et l'hétérozygotie moyenne observée (H_o) et attendu (H_e) calculée par le logiciel ARLEQUIN est de 0,75 et 0,81 respectivement. Le coefficient de consanguinité pour l'ensemble des individus a montré une valeur très faible (0.07) (Tab. 17). La moyenne des allèles propres

enregistrée pour les 22 échantillons est de 5,85 et le maximum observé est de 13 chez l'individu CH.22 (Annexe. 9).

Tableau 16 : Liste des marqueurs amplifiés avec succès, le nombre d'allèles et leur gamme allélique

Marqueur	Donnée manquante	Nombre d'allèles	Gamme allélique
AHT111	0	9	94 – 112
C04.140	0	9	148 – 182
C09.173	0	8	120 – 136
C20.253	0	8	117 – 135
CPH14	0	7	203 – 219
C14.866	0	8	263 – 277
VWF	0	9	157 – 205
AHTk253	0	9	280 – 298
C22.279	2	10	110 – 130
AHTh171	2	11	218 – 240
FH2848	0	7	224 – 240
INRA21	0	6	91 – 101
REN162C04	0	10	191 – 209
REN169D01	0	8	192 – 218
REN169O18	2	9	133 – 167
REN247M23	1	8	263 – 279
REN54P11	0	8	227 – 243
INU005	2	6	110 – 130
INU055	0	7	198 – 212
C08.410	1	9	113 – 139
C09.474	0	3	132 – 136
C20.446	0	7	200 – 216
CXX.459	1	10	167 – 183
FH2161	0	7	235 – 267
CPH02	0	10	106 – 132
CPH05	0	11	125 – 147
FH2079	0	4	272 – 292
PEZ1	1	7	121 – 145
AHT132	0	4	188-196
FH2010	0	5	233 – 253
PEZ3	0	11	127 – 163

Tableau 17 : Paramètres de la diversité génétique issus des 31 locus microsatellites
(Ho : Hétérozigosité observée; He : Hétérozigosité attendu, F ix : Indice de fixation)

Locus	Génotype	Ho	He	F ix
AHT132	22	0.77273	0.72622	-0,064
FH2010	22	0.77273	0.76110	-0,015
FH2079	22	0.68182	0.68605	0,006
PEZ3	22	0.68182	0.84567	0,193
PEZ1	21	0.71429	0.82346	0,132
AHT111	22	0.72727	0.84038	0,134
C04.140	22	0.72727	0.72833	0,001
C14.866	22	0.72727	0.79915	0,09
C20.253	22	0.81818	0.84989	0,037
C09.173	22	0.77273	0.82241	0,06
CPH14	22	0.68182	0.78647	0,133
VWF	22	0.81818	0.80021	-0,022
AHT171	20	0.90000	0.91026	0,011
AHTk253	22	0.90909	0.85201	-0,066
C22.279	20	0.85000	0.86538	0,017
FH2848	22	0.63636	0.76638	0,17
INRA21	22	0.86364	0.80127	-0,077
INU005	20	0.45000	0.62308	0,277
INU055	22	0.77273	0.78013	0,009
REN162C04	22	0.72727	0.85729	0,151
REN169D01	22	0.77273	0.86681	0,108
REN169O18	20	0.80000	0.85385	0,063
REN247M23	21	0.85714	0.82462	-0,039
REN54P11	22	0.81818	0.77061	-0,061
C08.410	21	0.80952	0.85366	0,051
C09.474	22	0.36364	0.67970	0,464
C20.446	22	0.77273	0.77167	-0,001
CPH05	22	0.95455	0.90486	-0,05
CPH02	22	0.72727	0.87421	0,168
CXX.459	21	0.76190	0.87689	0,131
FH2161	22	0.63636	0.78964	0,194
Moyenne	21,61	0.75	0.81	0,07

V.4.6. Structure génétique des populations

Les résultats du regroupement génétique issus du logiciel STRUCTURE et selon la méthode d'Evanno font ressortir que le nombre le plus probable de populations pour l'ensemble des données est égale à cinq ($k = 5$) avec la plus grande valeur de ΔK (192,45) (Fig. 41). Le logiciel STRUCTURE offre 5 schémas pour présenter la distribution des

individus par population. Le choix de la meilleure distribution a été fait en tenant en compte de la valeur moyenne de vraisemblance (likelihood) $L(k)$ (-2132,06) fournie par le logiciel STRUCTURE HARVASTER (Fig. 41). Les cinq populations déterminées sont les suivantes: Pop 1 localisée dans l'extrême Nord-est du pays (2 individus), Pop 2 dans l'extrême Nord-ouest (13 individus), Pop 3 dans le Centre-est (2 individus), Pop 4 dans le Centre (2 individus) et Pop 5 dans le Sud de la région steppique (3 individus) (Fig. 42).

L'analyse des coordonnées principales prend également en charge les résultats du logiciel STRUCTURE en montrant la séparation des mêmes populations (Fig. 43). En outre, tous les échantillons analysés présentent de petites distances génétiques entre eux.

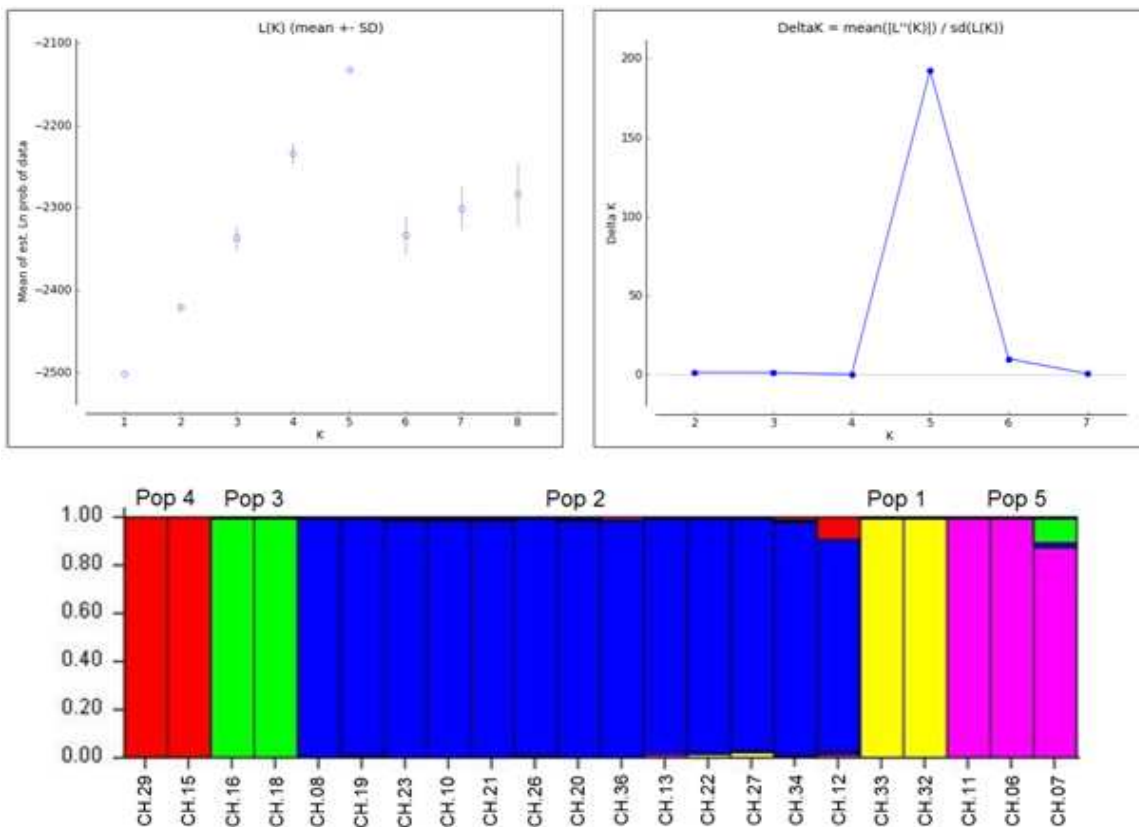


Figure 42 : Distribution des individus par population (les deux graphiques représentent le $L(k)$ et ΔK)

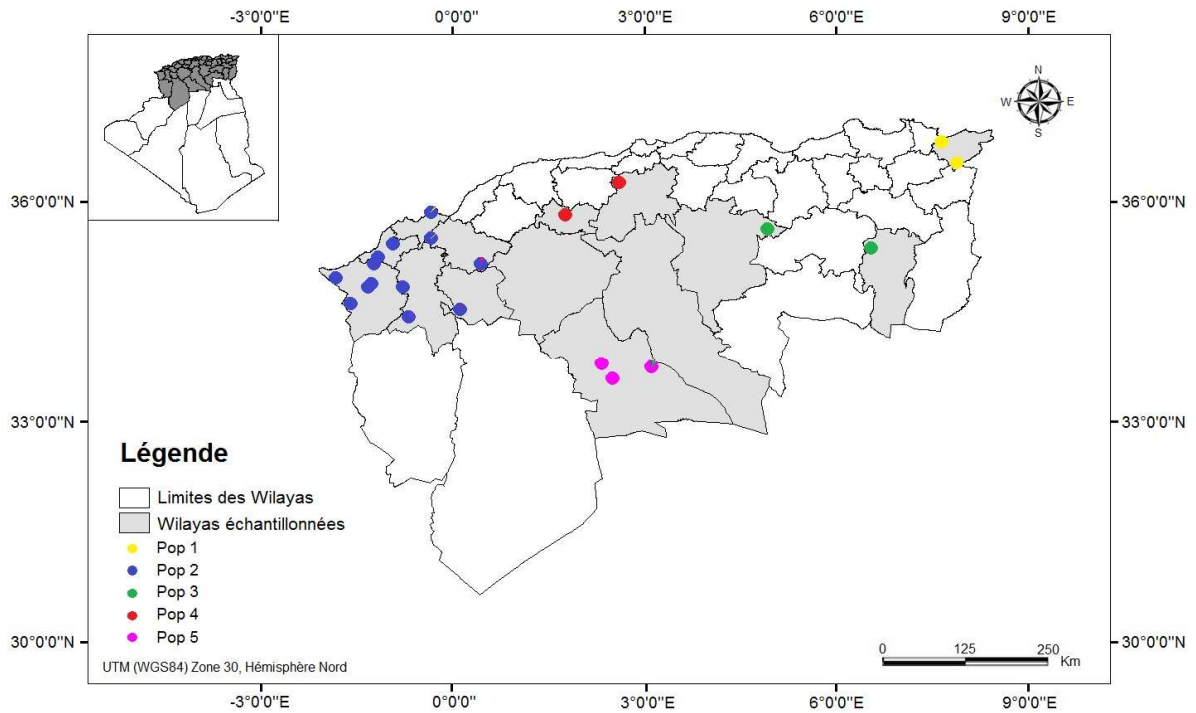


Figure 42 : Distribution géographique et flux génétique des cinq populations déterminées dans le Nord Algérien

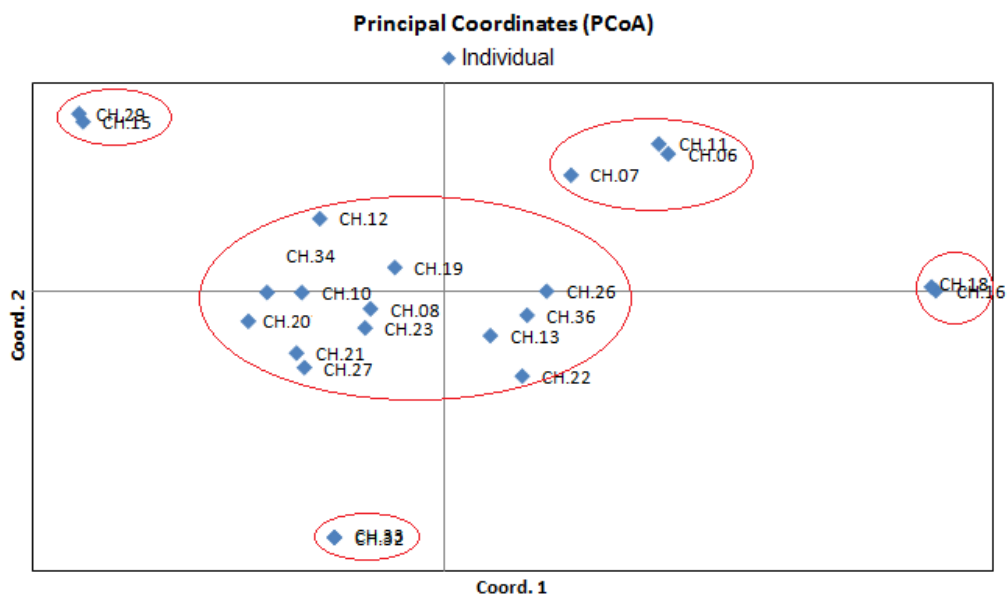


Figure 43 : Analyses des coordonnées principales des 22 individus de *Canis anthus*

Le modèle établi par le logiciel STRUCTURE a été également montré par l'analyse de la différenciation génétique (F_{st}) par paire de populations (Tab. 18). Cette dernière varie de 0,072 à 0,286 et ses valeurs les plus importantes apparaissent entre la Population 1 (Pop1) et

et le reste des autres populations ($0.176 < F_{st} < 0.286$) par contre les faibles valeurs sont observées entre les Pop3/Pop5 (0.072) et Pop3/Pop4 (0.095).

Tableau 18 : Analyse de la différenciation génétique par paire pour les cinq populations du Loup doré d'Afrique

	Alg_Pop2	Alg_Pop4	Alg_Pop1	Alg_Pop5	Alg_Pop3
Alg_Pop2	0				
Alg_Pop4	0,184	0			
Alg_Pop1	0,286	0,253	0		
Alg_Pop5	0,157	0,167	0,228	0	
Alg_Pop3	0,114	0,095	0,176	0,072	0

V.5. Discussion

Les différents noms qu'a connu le Chacal doré (*Canis aureus*) par rapport à sa systématique ont fait de lui une espèce emblématique. Wagner (1841) in Oubellil (2011) a parlé d'une sous espèce de Chacal doré en Algérie, *Canis aureus algirensis*. Un siècle après, l'espèce a pris le nom de *Canis aureus lupaster* (Schwarz, 1926 ; Ferguson, 1981). En 2011, Rueness et al. ont signalé que *Canis aureus lupaster* est complètement différent du Chacal doré d'Eurasie et qu'il est plus proche du Loup gris, en se basant sur l'analyse d'un fragment d'ADN mitochondrial de 2055 bp. Ensuite en 2012, Gaubert et al. suite à une analyse de deux fragments d'ADN mitochondrial (Cytochrome *b* et région de commande), lui ont donné le nom de *Canis lupus lupaster* mais sans exclure la présence de *Canis aureus* dans la région Nord Africaine. Enfin et récemment, l'approche génomique et morphologique de Koepfli et al. (2015) a montré avec des preuves irréfutables que le Chacal doré, à travers toute l'Afrique du Nord-ouest, est en réalité une espèce distincte, avec une histoire évolutive propre, qui a mérité une nouvelle appellation taxonomique, le Loup doré d'Afrique (*Canis anthus*). Ainsi, cette nouvelle espèce regroupe, depuis cette découverte, toutes les anciennes appellations données au chacal doré. Les mêmes résultats ont été révélés par Urios et al. (2015) en analysant le génome complet de trois individus prélevés du Maroc. Les séquences d'ADN obtenus dans notre étude ont démontré que l'espèce de canidé étudiée est un *Canis anthus* et confirment donc la présence du Loup doré d'Afrique en Algérie.

En ce qui nous concerne, 36 séquences d'ADN mitochondrial de la région de commande (344 bp) prélevés à partir d'échantillons provenant des différents écosystèmes en Algérie (Tell, montagne, littorale, steppe et désert) ont été analysées ainsi que le génotypage de 31 marqueurs microsatellites avec 22 échantillons de tissus d'individus dispersés

géographiquement dans la partie Nord du pays. Les résultats obtenus ont été comparés avec des études récentes sur la diversité génétique du Loup doré d'Afrique (Gaubert et *al.*, 2012 ; Koepfli et *al.*, 2015 ; Maynard, 2015 ; Urios et *al.*, 2015) mais aussi avec des études phylogénétiques menées sur d'autres carnivores, principalement les canidés.

L'arbre phylogénétique obtenu a montré la séparation des trois canidés (Loup doré d'Afrique, Chacal doré d'Eurasie et Loup gris) comme il était attendu. Le Loup doré d'Afrique apparaît plus proche du Loup gris qu'au Chacal doré d'Eurasie, chose déjà soulignée par Rueness et *al.* (2011) ; Gaubert et *al.* (2012) ; Koepfli et *al.* (2015) et Urios et *al.* (2015). A partir de l'analyse du fragment d'ADN mitochondrial, nous avons estimé l'époque du plus récent ancêtre commun (TPRAC) entre *C. anthus* et *C. lupus* à 1917 ans et entre *C. anthus* et *C. aureus* à plus de 3100 ans. En réalité, il s'agit d'une sous-estimation du temps vu la taille du segment analysé qui offre peu d'informations. Par ailleurs, le chronogramme établi par Koepfli et *al.* (2015) à partir de l'analyse de vingt segments de gènes nucléaires a indiqué que la subdivision de la population du Chacal doré d'Eurasie a donné le Loup gris il y a environ 0,7 millions années dont la subdivision de sa population a donné le Loup doré d'Afrique il y a environ 1 à 1,7 millions années. Autrement dit le Loup doré d'Afrique dérive indirectement du Chacal doré d'Eurasie il y a environ 1,5 à 2,4 millions d'années.

Le fragment de la région de commande (344 bp) d'ADN mitochondrial, nous a permis de confirmer que la population Algérienne du Loup doré d'Afrique renferme une diversité d'haplotypes et de nucléotides très importante. Le nombre d'haplotypes que nous avons déterminé est très élevé en comparaison avec celui trouvé par Gaubert et *al.* (2012) pour la même espèce (17 vs 9 haplotypes), sachant que notre zone d'échantillonnage est beaucoup plus restreinte. D'autres travaux portant sur l'analyse du même fragment d'ADN du Chacal doré d'Eurasie (*C. aureus*) en Serbie (Zachos et *al.*, 2009) et du Loup gris (*C. lupus*) en Europe (Lucchini et *al.*, 2004) ont montré que les individus analysés ont été monomorphes de sorte que la variabilité d'haplotypes et des nucléotides était nulles. Les mêmes résultats ont été observés chez d'autres espèces tel que l'ours brun (*Ursus arctos*) en Roumanie (Zachos et *al.*, 2008). En revanche, l'analyse du fragments d'ADN mitochondrial (Cytochrome *b*) de trois espèces de l'hyène (rayée, tachetée et brune) (Rohland et *al.*, 2005), a fait ressortir un nombre d'haplotypes beaucoup plus petits que celui que nous avons trouvé chez le Loup doré d'Afrique.

Les études sur la génétique des populations des espèces sauvages restent encore limitées et selon nos connaissances le présent travail est le premier du genre réalisé en Algérie. La seule référence qui traite de la génétique des populations du Loup doré d'Afrique est celle de Koepfli et al. (2015) où 38 marqueurs microsatellites, développés pour les canidés et optimisés antérieurement au CIBIO par Godinho et al. (2011, 2015), ont été génotypés et dont 31 ont été utilisés dans la présente étude. En outre, d'autres travaux menés sur le Chacal doré d'Eurasie ont été comparés avec nos résultats. Nous citons entre autres, ceux de Roy et al. (1994) qui ont génotypé 10 marqueurs à partir de 18 individus collectés au Kenya et ceux de Zachos et al. (2009) qui ont utilisé 8 marqueurs suite à l'analyse de 121 échantillons provenant de Serbie et d'Autriche.

Les 31 marqueurs que nous avons génotypés dans notre cas étaient polymorphiques et ont abouti à l'obtention d'un nombre moyen d'allèles égale à 7.9 avec 11 allèles comme valeur maximale. Nos résultats montrent que les individus analysés ont donné des valeurs des hétérozygosites observées (H_o) et attendues (H_e) très élevées avec 0.75 et 0.81 respectivement. Malheureusement, les résultats obtenus par Koepfli et al. (2015) à ce propos n'ont pas été publiés pour qu'on puisse les comparer avec les nôtres. Par contre, confrontés à celles trouvées pour le Chacal doré d'Eurasie en Serbie (H_o 0,29 et H_e 0,34) par Zachos et al. (2009) et au Kenya (H_o 0,41 et H_e 0,52) par Roy et al. (1994) et à celles obtenues par ces derniers auteurs en Amérique du Nord pour le Loup gris (H_o 0,54 et H_e 0,64) et le coyote (*Canis latrans*) (H_o 0,58 et H_e 0,67), nos valeurs sont beaucoup plus élevées. De nombreux travaux ont été menés sur le Loup gris en Europe mais aucun n'a signalé une variabilité aussi importante comme celle observée chez le Loup doré d'Afrique. A juste titre, Lucchini et al. (2004) ont génotypés 18 marqueurs à partir de 267 échantillons collectés dans 11 pays, les valeurs de H_o ainsi obtenues variaient de 0.44 (Italie) à 0.71 (Lettonie), et celles de H_e de 0.42 (Arabie Saoudite) à 0.73 (Lettonie), ce qui signifie que les loups de Lettonie avaient la plus grande diversité révélée jusque-là. De même, comparée à, deux espèces Nord-Africaines de renard, *Vulpes rueppellii* (H_o 0,47 et H_e 0,51) et *Vulpes vulpes* (H_o 0,49 et H_e 0,6) pour lesquelles 46 marqueurs ont été génotypés par Leite et al. (2015), la diversité génétique du *C. anthus* demeure la plus élevée.

La diversité génétique de *C. anthus* en Algérie se révèle beaucoup plus élevée, avec un coefficient de consanguinité très faible, que celle trouvée pour d'autres espèces de canidés dans le monde. L'analyse de la structure de la population des Loups doré d'Afrique suggère une division claire à cinq populations estimée par le logiciel STRUCTURE, vérifiée par l'analyse des coordonnées principales et la différenciation génétique. La répartition des

individus dans ces populations nous a permis également d'apercevoir le flux des gènes entre les individus des Pop2/Pop4 et ceux des Pop3/Pop5 contrairement aux Pop 1 et Pop 3 où il y a absence d'échange de gènes entre leurs individus en dépit qu'elles sont plus proches.

CONCLUSION

Conclusion

Au terme de cette étude menée à l'échelle micro-écologique par rapport aux aspects écologie trophique et éthologie, il s'avère qu'une étroite relation lie la structure des populations, la disponibilité et la diversité des proies à la stratégie développée par le loup doré d'Afrique. La diversité des proies consommées et la largeur du spectre alimentaire témoignent de la plasticité du comportement trophique dont fait preuve le prédateur. Ce dernier est capable d'adapter son régime aux variations saisonnières et en fonction de la disponibilité alimentaire.

Le régime trophique de ce carnivore est composé essentiellement de grands mammifères et de fruits et végétaux qui représentent l'alimentation la plus disponible au niveau de la réserve de chasse de Tlemcen. D'autres types d'aliments comme les oiseaux, insectes, reptiles, rongeurs, déchets organiques sont également prélevés mais avec de faibles proportions pour compléter son régime alimentaire. Ce canidé qu'on peut qualifier donc de généraliste exploite les ressources disponibles, facilement accessibles et localement abondantes, ce qui traduit un opportunisme remarquable chez cet animal. Parmi les grands mammifères, le sanglier constitue une proie de prédilection prédatée régulièrement le long du cycle annuel, ceci indique le caractère d'éclectisme chez ce loup pour certaines proies. En outre, ce dernier prélève occasionnellement les animaux domestiques notamment les ovins, ce qui l'a rendu une espèce nuisible et à conflit aux yeux des éleveurs. En effet, cet animal fait l'objet d'une persécution systématique par les chasseurs et les riverains, et risque le déclin de ses populations d'autant plus que l'espèce n'est pas juridiquement protégée en Algérie.

Sur le plan éthologique, le Loup doré d'Afrique marque sa présence dans tous les habitats de la réserve avec une activité permanente de jour comme de nuit. Il est réparti en groupes territoriaux aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de la réserve et défend un territoire bien déterminé par des hurlements, dépôts de crottes et d'urine. La taille de ses groupes est variable et peut atteindre jusqu'à huit individus adultes, ce qui confirme son caractère social. Par ailleurs, leur nombre s'avère être important et sept groupes semblent fréquenter la réserve et ses zones limitrophes immédiates ce qui se traduit par une densité élevée supérieure même à celle enregistrée pour le Chacal doré en Europe. Le Loup doré d'Afrique partage avec d'autres espèces sympatriques le territoire de la réserve où les nombreux cas d'overmarking rencontrés témoignent de la forte compétition avec la Hyène rayée mais aussi d'une compétition intra-spécifique entre les individus de ses différents groupes.

Sur le plan génétique, l'analyse du fragment d'ADN mitochondriale confirme la présence du Loup doré d'Afrique et révèle au même temps l'absence du Chacal doré dans l'ensemble du territoire du pays. L'arbre phylogénétique établi montre la séparation des trois canidés, et le Loup doré d'Afrique (*Canis anthus*) apparaît plus proche du Loup gris (*Canis lupus*) qu'au Chacal doré d'Eurasie (*Canis aureus*). En effet, l'époque des ancêtres communs les plus récents entre *C. anthus* et *C. lupus* date de 1917 ans alors que celle entre *C. anthus* et *C. aureus* date de plus de 3100 ans.

L'étude de la génétique des populations du Loup doré d'Afrique dans la partie Nord Algérienne, en utilisant un nombre important de marqueurs microsatellites, montre une diversité génétique remarquable des haplotypes et nucléotides. A cet égard, la diversité génétique de *C. anthus* en Algérie s'est révélée beaucoup plus élevée, avec un coefficient de consanguinité très faible, que celle trouvée pour d'autres espèces de canidés dans le monde.

Par ailleurs, l'analyse de la structure génétique de cette espèce suggère une division claire à cinq populations apparentées, à travers tout le pays, avec de petites distances et des flux génétiques.

Enfin, l'étude du régime alimentaire du Loup doré d'Afrique dans d'autres régions à travers son aire de répartition notamment dans le Sahara et la steppe, pourrait à cet égard nous apporter des renseignements précieux concernant la pression de prédation sur les populations de proies et les conditions du maintien de ce prédateur. L'application des techniques moléculaires dans l'identification des crottes serait d'une importance majeure.

L'analyse du génome complet est vivement recommandée et pourrait nous fournir plus de détails sur ce canidé vu l'écart très important de ses caractéristiques phénotypiques qui nous laisse penser à l'existence de sous espèces. Inclure dans cette analyse des échantillons du grand Sud pourrait également nous éclairer sur la génétique des populations du loup en Algérie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographique

- Admasu, E., Thirgoog, S. J., Bekele, A. & Laurenson, M. K. 2004 : Spatial ecology of the golden jackal in farmalands in the Ethiopian Highlands. *African Journal of Ecology* 42 : 153-159.
- Aliev, F.F. 1968 : Der kaukasische Schakal (*Canis aureus moreoticus* Geoffrey, 1835). *Isv. Zool. Inst. Bulgark. Akad. Nauk* 26 : 75-82.
- Amroun, M., Giraudoux, P. & Delattre, P. 2006 : A comparative study of the diets of two sympatric carnivores the golden jackal (*Canis aureus*) and the common genet (*Genetta genetta*) in Kabylia, Algeria. *Mammalia* 40 : 247-254.
- Amroun, M., [Oubellil](#), D. & [Gaubert](#), P. 2014 : Trophic ecology of the Golden Jackal in Djurdjura National Park (Kabylie, Algeria). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 69 : 304-317.
- Ansorge, H., Kluth, G. & Hahne, S. 2006 : Feeding ecology of wolves *Canis lupus* returning to Germany. *Acta Theriologica* 51 : 99-106.
- Aragona, M. & Setz, E. Z. 2001 : Diet of the maned wolf, *Chrysocyon brachyurus* (Mammalia: Canidae), during wet and dry seasons at Ibitipoca State Park, Brazil. *Journal of Zoology* 254 : 131-136.
- Ariagno, D. 1985 : Régime alimentaire de la genette *Genetta genetta* dans le département de Rhône (France). *Le Bièvre* 7 : 15-126.
- Ayache, F. 2007 : Les résineux dans les monts de Tlemcen : aspect écologique et cartographie. Mémoire de Magister, Université de Tlemcen. 223p + annexes.
- Babali, B. 2014 : Contribution à une étude phytoécologique des monts de Moutas (Tlemcen-Algérie occidentale) : Aspects syntaxonomique, biogéographique et dynamique. Thèse de Doctorat, Université de Tlemcen, 160 p.
- [Baele](#), G., [Lemey](#), P., [Bedford](#), T., [Rambaut](#), A., [Suchard](#), M. A. & [Aleksyenko](#), A. V. 2012 : Improving the Accuracy of Demographic and Molecular Clock Model Comparison While Accommodating Phylogenetic Uncertainty. *Molecular Biology and Evolution* 29 : 2157-2167.
- Bagnouls, F. & Gaussen, h. 1953 : Saison sèche et indice xérothermique. Université de Toulouse. 47 p.

- Balestrieri, A., Cardarelli, E., Pandini, M., Remonti, L., Saino, N. & Prigioni, C. 2016 : Spatial organisation of European badger (*Meles meles*) in northern Italy as assessed by camera trapping. *European Journal of Wildlife Research* 62 : 1-8.
- Banea, O. C., Krofel, M., Červinka, J., Gargarea, P. & Szabó, L. 2012 : New records, first estimates of densities and questions of applied ecology for jackals in Danube Delta Biosphere Reserve and hunting terrains from Romania. *Acta Zoologica Bulgarica* 64 : 353-365.
- Bang, P. & Dahlström, P. 1991 : Guide des traces d'animaux, Ed. Delachaux et Niestlé, Paris.
- Bekoff, M. & Wells, M. C., 1982 : Behavioral Ecology of coyotes : Social organization, rearing patterns, space use, and resource defense. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 60 : 281-305.
- Benabadji, N. & Bouazza, M. 2000 : Quelques Modifications Climatiques Intervenues dans le Sud-ouest de l'Oranie (Algérie Occidentale). *Rev. Energ. Ren* 3 : 117-125.
- Benchetrit, M. 1972 : L'érosion actuelle et ses conséquences sur l'aménagement en Algérie. P.F.U. Paris, 216 p.
- Benest, M. 1985 : Evolution de la plate forme de l'ouest algérien et du Nord-Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du crétacé : stratigraphie, milieu de dépôt et dynamique de sédimentation. Thèse de Doctorat, Université de Claude Bernard. Lyon, 367 p.
- Benson, D. A., Cavanaugh, M., Clark, K., Karsch-Mizrachi, I., Lipman, D., Ostell, J. & Sayers, E. 2013: GenBank. *Nucleic Acids Research*, 41(D1).
- Benzécri, J. P. 1973 : L'Analyse des Données. Tome 2, Dunod, Paris, 619 p.
- Berté, S., Kouamélan, E. P., Ouattara, N. I., Koné, T., N'Douba, V. & Kouassi, N'G. J. 2008 : Régime alimentaire de *Distichodus rostratus* (Characiformes, Distichodontidae) dans un bassin Ouest africain (fleuve Bandama, Côte d'Ivoire). *Sciences and Nature* 5 : 167-176.
- Boitani, L., Corsi, F., De Biase, A., D'Inzillo Carranza, I., Ravagli, M., Reggiani, G., Sinibaldi, I. & Trapanese, P. 1999 : A data bank for the conservation and management of African Mammals. Istituto di Ecologia Applicata, Roma, Italy.
- Borg, B. L., Brainerd, S. M., Meier, T. J. & Prugh, L. R. 2015 : Impacts of breeder loss on social structure, reproduction and population growth in a social canid. *Journal of Animal Ecology* 84 : 177-187.
- Borkowski, J., Zalewski, A. & Manor, R. 2011: Diet composition of golden jackals in Israel. *Annales Zoologici Fennici* 48 : 108-118.

- Bouabdellah, H. 1991 : Dégradation du couvert végétal steppique de la zone Sud-ouest Oranaise (le cas d'El Aricha). Thèse de Magister, Université d'Oran, 268 p + annexes.
- Bouazza, M. 1991 : Etude phytoécologique de la steppe à *Stipa tenassicima* L. et à *Lygeum spartum* L. au Sud de Sebdou (Oranie – Algérie). Thèse de doctorat, Université d'Aix, Marseille, 119 p + annexes.
- Boudy, P. 1948 : Économie forestière nord-africaine. Milieu physique et milieu humain, Tome 1. Ed, Larose, Paris. 686 p.
- Boudy, P. 1952 : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Ed. Larose, Paris, 483 p.
- Bray J. R. & Curtis J. T. 1957 : An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27 : 325-349.
- Breen, M., Jouquand, S., Renier, C., Mellersh, C. S., Hitte, C., Holmes, N. G., Chéron, A., Suter, N., Vignaux, F., Bristow, A. E., Priat, C., McCann, E., André, C., Boundy, S., Gitsham, P., Thomas, R., Bridge, W. L., Spriggs, H. F., Ryder, E. J., Curson, A., Sampson, J., Ostrander, E. A., Binns, M. M. & Galibert, F. 2001: Chromosome-specific single-locus FISH probes allow anchorage of an 1800-marker integrated radiation-hybrid/linkage map of the domestic dog genome to all chromosomes. *Genome Research* 11: 1784-1795.
- Brichetaux, J. 1954 : Esquisse pédologique de la région de Tlemcen – Terni. Publi., in annales de l'ist. Agricole et services de recherche et d'expérimentations agricoles de l'Algérie, 29 p.
- Byrd, K. 2002 : [Mirrors and Metaphors: Contemporary Narratives of the Wolf in Minnesota. *Ethics, Place & Environment* 5 : 50-65.](#)
- Camardella, A. R., Abreu, M. F. & Wang, E. 2000 : Marsupials found in felids scats in southern Brazil, and a range extension of *Monodelphis theresa*. *Mammalia* 64: 379-382.
- Cameron, C., Berteaux, D. & Dufresne, F. 2011 : Spatial variation in food availability predicts extrapair paternity in the arctic fox. *Behavioral Ecology* 22 : 1364-1373.
- Caniglia, R., Fabbri, E., Galaverni, M., Milanese, P. & Randi, E. 2014 : Noninvasive sampling and genetic variability, pack structure, and dynamics in an expanding wolf population. *Journal of Mammalogy* 95 : 41-59.
- Carmichael, L. E., Szor, G., Berteaux, D., Giroux, M.A., Cameron, C. & Strobeck, C. 2007 : Free love in the far North: plural breeding and polyandry of arctic foxes (*Alopex lagopus*) on Bylot Island, Nunavut. *Canadian journal of Zoology* 85 : 338-343.

- Caswell, H. 2001 : Matrix population models: construction, analysis and interpretation. 2nd Edition. Sinauer Associates, Sunderland
- Chaline, J., Baudvin, H., Jammot, D. & Saint-Girons, M. C. 1974 : Les proies des rapaces, Ed. Doin. Paris, 141 p.
- Chame, M. 2003 : Terrestrial mammal feces: a morphometric summary and description. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 98 : 71-94.
- Chinchilla, F. A. 1997 : La dieta del jaguar (*Panthera onca*), el puma (*Felis concolor*) y el manigordo (*Felis pardalis*) (Carnivora: Felidae) en el Parque Nacional Corcovado, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 45 : 1223-1229.
- Chourasia, P., Mondal, K., Sankar, K. & Qureshi, Q. 2012 : Food Habits of Golden Jackal (*Canis aureus*) and Striped Hyena (*Hyaena hyaena*) in Sariska Tiger Reserve, Western India. *World Journal of Zoology* 7: 106-112.
- Clair, A. 1973 : Notice explicative de la carte lithologique de la région de Tlemcen au 1/100000.
- Clement, M., Posada, D. & Crandall, K. A. 2000 : TCS: a computer program to estimate gene genealogies. *Molecular Ecology* 9 : 1657-1659.
- Clevenger, A. P. 1995 : Seasonality and relationships of food resource use of *Martes martes*, *Genetta genetta* and *Felis catus* in the Balearic Islands. *Revue d'écologie (Terre et vie)* 50 : 454-483.
- Comazzi, C., Mattiello, S., Friard, O., Filacorda, S. & Gamba, M. 2016 : Acoustic monitoring of golden jackals in Europe: setting the frame for future analyses. *Bioacoustics* 25 : 1-12.
- Corn, J. L. & Warren, R. J. 1985 : Seasonal food habits of collared peccary in south Texas. *Journal of Mammalogy* 66 : 155-159.
- Creel, S. & Creel, N. M. 2015 : Opposing effects of group size on reproduction and survival in African wild dogs. *Behavioral Ecology* 26 : 1414-1422.
- Day, M. G. 1966 : Identification of hair and feather remains in the gut and faeces of stoats and weasels. *Journal of Zoology* 148 : 201-217.
- De Marinis, A. M. & Asprea, A. 2006 : Hair identification key of wild and domestic ungulates from southern Europe. *Wildlife Biology* 12 : 305-320.
- Debrot, S., Fivaz, G., Mermoud, C. & Weber, J. M. 1982 : Atlas des poils de mammifères d'Europe. Institut. Zoologie. Université Neuchâtel, 208 p.

- Diaz, D. ; Morlacchini, M. ; Masoero, F. ; Moschini, M. ; Fusconi, G. & Piva, G. 2006 : Pea seeds (*Pisum sativum*), faba beans (*Vicia faba* var. *minor*) and lupin seeds (*Lupinus albus* var. *multitalia*) as protein sources in broiler diets: effect of extrusion on growth performance. *Italian Journal of Animal Sciences* 5 : 43-53.
- Djebaïli, S. 1978 : Recherche phytoécologique et phytosociologique sur la végétation des hautes plaines steppiques de l'Atlas saharien algérien. Thèse de Doctorat. Université de Montpellier, 299 p + annexes.
- Duchauffour, P.h. 1977 : Pédologie 1. Pédogenèse et classification .Masson. Paris, 477 p.
- Duchauffour, P.h. 1988 : Pédologie. Ed. Masson, 2^{ème} Ed. Paris, 224 p.
- Drummond, A. J., Suchard, M. A., Xie, D. & Rambaut, A. 2012 : Bayesian phylogenetics with BEAUti and the BEAST 1.7. *Molecular Biology and Evolution* 29 : 1969-1973.
- Earl, D. A. & vonHoldt, B. M. 2012 : STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method. [Conservation Genetics Resources](#) 4 : 359-361.
- Eddine, A., Mostefai, N., De Smet, K., Klees, D., Ansorge, A., Karssene, Y., Nowak, C. & Van Der Leer, P. 2017 : Diet composition of a newly recognized canid species, the African golden wolf (*Canis anthus*), in northern Algeria. *Annales Zoologici Fennici* 54 : 347-356.
- Emberger, L. 1939 : Aperçu général sur la végétation du Maroc. *Soc. Sci. Nat. Maroc*. Neroff. Geobol. Lost. Ribel, 14 Heft, Zurich, Suisse, 157 p.
- Emberger, L. 1942 : Un projet de classification des climats de point de vue phytogéographique. *Bull. Sx. Hist. Nat. Toulouse* 77 : 97-124.
- Emberger, L. 1955 : Une classification biogéographique des climats. *Trav. Lab. Bot. Géol. Serv. Bot. Montpellier* 7 : 3-43.
- Emmons, L. H. 1997 : Neotropical Rainforest Mammals. A Field Guide, 2nd ed, Université of Chicago Press, 307 p.
- Estes, R.D. 1991 : The behavior guide to African mammals, University of Clifornia Press, 64 p.
- Evanno, G., Regnaut, S. & Goudet, J. 2005 : Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. *Molecular Ecology* 14 : 2611-2620.

- Ewen, K. R., Bahlo, M., Treloar, S. A., Levinson, D. F., Mowry, B., Barlow, J. W. & Foote, S. J. 2000 : Identification and analysis of error types in high-throughput genotyping. *American Journal of Human Genetics* 67 : 727-736.
- Ewer, R. E. 1973 : The Carnivores. Cornell University Press. Ithaca, 494 p.
- Fairey, J. S., Ward, D. P. & Smal, C. M. 1987 : Correction factors and mink faeces. *Irish Naturalist's Journal* 22 : 334-336.
- Faliu, L., Lignereux, Y. & Barrat, J. 1980 : Identification des poils de mammifères pyrénéens. *Doñana Acta vert* 7 : 125-212.
- Falush, D., Stephens, M. & Pritchard, J. K. 2003 : Inference of population structure using multilocus genotype data: linked loci and correlated allele frequencies. *Genetics* 164 : 1567-1587.
- Ferguson, W. W. 1981 : The systematic position of *Canis aureus lupaster* (Carnivora: Canidae) and the occurrence of *Canis lupus* in North Africa, Egypt and Sinai. *Mammalia* 45 : 459-466.
- Fragoso, J. M. V. & Huffman, J. M. 2000 : Seed dispersal and seedling recruitment patterns by last Neotropical megafaunal element in Amazon, the tapir. *Journal of Tropical Ecology* 16 : 369-385.
- Frame, L. H., Malcolm, J. R., Frame, G. W. & Lawick, H. 1979 : Social Organization of African wild dogs. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 50 : 225-249.
- Francisco, L. V., Langston, A. A., Mellersh, C. S., Neal, C. L., and Ostrander, E. A. 1996: A class of highly polymorphic tetranucleotide repeats for canine genetic mapping. *Mammalian Genome* 7: 359-362.
- Fredholm, M. & Winterø, A. K. 1995 : Variation of short tandem repeats within and between species belonging to the Canidae family. *Mammalian Genome* 6: 11-18.
- Fritts, S. H., Stephenson, R. O., Hayes, R. D. & Boitani, L. 2003 : Wolves and humans. In : Mech, L. D. & Boitani, L. (eds.), *Wolves: Behavior, Ecology, and Conservation*, pp. 289-316. The University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Gaubert, P., Bloch, C., Benyacoub, S., Abdelhamid, A., Pagani, P., Djagoun, C.A.M.S., Couloux A. & Dufour, S. 2012 : Reviving the african wolf *Canis lupus lupaster* in North and West Africa: A mitochondrial lineage ranging more than 6,000 km wide. *PLoS ONE* 7. E42740.
- Genov, P. & Vassilev, K. 1991: Density and damages caused by jackal (*Canis aureus* L.) to livestock in Southern Bulgaria. *Bulgarian Academy of Sciences* 24 : 58-65.

- Giannatos, G. 2004 : Conservation Action Plan for the golden jackal (*Canis aureus* L) in Greece. WWF Greece, 47 p.
- Giannatos, G., Karypidou, A., Legakis, A. & Polymeni, R. 2010 : Golden jackal (*Canis aureus* L.) diet in Southern Greece. *Mammalian Biology* 75 : 227-232.
- Giannatos, G., Marinos, Y., Maragou, P. & Catsadorakis, G. 2005 : The status of the golden jackal (*Canis aureus* L.) in Greece. *Belgian Journal of Zoology* 135 : 145-149.
- Girman, D. J., Mills, M. G. L., Geffen, E. & Wayne, R. K. 1997 : A molecular genetic analysis of social structure, dispersal, and interpack relationships of the African wild dog (*Lycaon pictus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 40 : 187-198.
- Gittleman, J. L. 1989 : Carnivore Group Living: Comparative Trends. In : Gittleman, J. L. (eds.), *Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution*. pp. 183-207. Coronell University Press, Inthaca, New York, USA.
- Gittleman, J. L. & Van Valkenburgh, B. 1997 : Sexual dimorphism in the canines and skulls of carnivores: effects of size, phylogeny, and behavioural ecology. *Journal of Zoology* 242 : 97-117.
- Godinho, R., Llaneza, L., Blanco, J. C., Lopes, S., Álvares, F., García, E. J., Palacios, V., Cortés, Y., Talegón, J. & Ferrand, N. 2011 : Genetic evidence for multiple events of hybridization between wolves and domestic dogs in the Iberian Peninsula. *Molecular Ecology* 20 : 5154-5166.
- Godinho, R., López-Bao, J. V., Castro, D., Llaneza, L., Lopes, S., Silva, P. & Ferrand, N. 2015 : Real time assessment of hybridization between wolves and dogs: combining noninvasive samples with ancestry informative markers. *Molecular Ecology Resources* 15 : 317-328.
- Gorman, M. L. & Beverley J. T. 1989 : The role of odor in the social lives of carnivores. In : Gittleman, J. L. (eds.), *Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution*. pp. 57-88. Coronell University Press, Inthaca, New York, USA.
- Goszczyński, J. 1974 : Studies on the food of foxes. *Acta Theriologica* 19 : 1-18.
- Gower, J. C. 1966 : Some distance properties of latent root and vector methods used in multivariate analysis. *Biometrika* 53 : 325-338.
- Grassé, P. 1975 : Précis de zoologie - Vertébré III. Reproduction, Biologie , Evolution et Systématique (Oiseaux, Mammifères). Masson, Paris.
- Grewal, S. K., Wilson, P. J., Kung, T. K., Shami, K., Theberge, M. T., Theberge, J. B. & White, B. N. 2004 : A genetic assessment of the Eastern wolf (*Canis Lycaon*) in Algonquin Provincial Park. *Journal of Mammology* 85 : 625-632.

- Guyon, R., Lorentzen, T. D., Hitte, C., Kim, L., Cadieu, E., Parker, H. G., Quignon, P., Lowe, J. K., Renier, C., Gelfenbeyn, B., Vignaux, F., DeFrance, H. B., Gloux, S., Mahairas, G. G., André, A., Galibert, F. & Ostrander, E. A. 2003: A 1-Mb resolution radiation hybrid map of the canine genome. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100: 5296-5301.
- Halfpenny, J. & Biesiot, E 1986 : A field guide to mammal tracking in North America, 2nd Ed, Johnson Publishing, New york, 161 p.
- Haltenorth, T. & Diller, H. 1980 : A field guide to the mammal of Africa including Madagascar. London: Collins, pp 57-58.
- Hamdine, W., Thevenot, M., Sellami, M. & De Smet, K. 1993 : Régime alimentaire de la Genette (*Genetta genetta* Linne', 1758) dans le parc national du Djurdjura, Algérie. *Mammalia* 57 : 9-18.
- Harms, V., Nowak, C., Carl, S., Muñoz-Fuentes, V. 2015 : Experimental evaluation of genetic predator identification from saliva traces on wildlife kills. *Journal of Mammalogy* 96 : 138-143.
- Harrington, F. H. & Mech, L. D. 1978 : Wolf howling and its role in territory maintenance. *Behaviour* 53 : 207-249.
- Hayward, M. & Hayward, G. 2010 : Potential amplification of territorial advertisement markings by blackbacked jackals (*Canis mesomelas*). *Behaviour* 147 : 979-992.
- Holmes, N. G., Mellersh, C. S., Humphreys, S. J., Binns, M. M., Holliman, A., Curtis, R., Sampson, J. 1993: Isolation and characterization of microsattellites from the canine genome. *Animal Genetics* 24: 289-292.
- Inagaki, H. & Tsukahara, T. 1993 : A method of identifying chimpanzee hairs in lion feces. *Primates* 34 : 109-112.
- Jackson, M., Hunter, O., Dawn, D., Hunter, L., McCarthy, T. & Townsend, S. 2005 : Surveying snow leopard populations with emphasis on camera trapping: A handbook. Snow Leopard Conservancy, California, 73 p.
- Jaeger, M. M., Haque, E., Sultana, P. & Bruggers, R. L. 2007 : Daytime cover, diet and space-use of golden jackals (*Canis aureus*) in agro-ecosystems of Bangladesh. *Mammalia* 71 : 1-10.
- Jaeger, M. M., Pandit, R. K. & Haque, E. 1978 : Seasonal differences in territorial behavior by golden jackals in Bangladesh: howling versus confrontation. *Journal of Mammalogy* 77 : 768-775.

- Jędrzejewska, B. & Jędrzejewski, W. 1998 : Predation in Vertebrate Communities: The Bialowieza Primeval Forest as a Case Study. *Ecological Studies* 135. 463 p.
- Johnson, D. D., Kays, R., Blackwell, P. G. & Macdonald, D. W. 2002 : Does the resource dispersion hypothesis explain group living? *Trends in Ecology & Evolution* 17 : 563-570.
- Johnson, M. K. & Aldred, D. R. 1982 : Mammalian prey digestibility by bobcats. *Journal of Wildlife Management* 46. 530 p.
- Johnson, M. K. & Hansen, R. M. 1978 : Estimating dry weights per occurrence for taxa in coyote scats. *Journal of Wildlife Management* 42 : 913-915.
- Kamler, J. F. & Macdonald, D. W. 2014 : Social organization, survival, and dispersal of cape foxes (*Vulpes chama*) in South Africa. *Mammalian Biology* 79 : 64-70.
- Kappeler, P. M., Barrett, L., Blumstein, D. T. & Clutton-Brock, T. H. 2013 : Constraints and flexibility in mammalian social behaviour: introduction and synthesis. *Philosophical transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 368(1618), 20120337.
- Kappeler, P. M. & Van Schaik, C. P. 2002 : Evolution of primate social systems. *International Journal of Primatology* 23 : 707-740.
- Kauhala, K. & Auniola, M. 2001 : Diet of raccoon dogs in summer in the Finnish archipelago. *Ecography* 24 : 151-156.
- Kaunda, S. K. K. & Skinner, J. D. 2003 : Black-backed diet at Mokolodi Nature Reserve, Botswana. *African Journal of Ecology* 41: 39-46.
- Kelly, M. J. & Holub, E. L. 2008 : Camera trapping of carnivores: trap success among camera types and across species, and habitat selection by species, on Salt Pond Mountain, Giles County, Virginia. *Northeastern Naturalist* 15 : 249-262.
- Khan, A. A. & Beg, M. A. 1986 : Food of some mammalian predators in the cultivated areas of Punjab. *Pakistan Journal of Zoology* 18 : 71-79.
- Khidas, K., 1986 : Etude de l'organisation sociale et territoriale du chacal (*Canis aureus algeriensis*, Wagner, 1841) dans le Parc National de Djurdjura. Thèse de Magister, Université Houari Boumediene, Alger, 82 p.
- Khidas, K., 1990. Contribution à la connaissance du chacal dore. Facteurs modulant l'organisation sociale et territoriale de la sous-espece algerienne (*Canis aureus algirensis* Wagner, 1841). *Mammalia*, t. 54, n° 3.

- Klare, U., Kamler, J. F., Stenkewitz, U. & Macdonald, D. W. 2010 : Diet, prey selection, and predation impact of black-backed jackals in South Africa. *Journal of Wildlife Management* 74 : 1030-1042.
- Kocher, T. D., Thomas, W. K., Meyer, A., Edwards, S.V., Pääbo, S., Vilablanca, F.X. & Wilson, A. C. 1989 : Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: amplification and sequencing with conserved primers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 86 : 6196-6200.
- Koepfli, K., Pollinger, J., Godinho, R., Robinson, J., Lea, A., Hendricks, S., Schweizer, R. M., Thalmann, O., Silva, P., Fan, Z., Yurchenko, A. A., Dobrynin, P., Makunin, A., Cahill, J. A., Shapiro, B., Álvares, F., Brito, J. C., Geffen, E., Leonard, J. A., Helgen, K. M., Johnson, W. E., O'Brien, S. J., Valkenburgh, B. V. & Wayne, R. K. 2015 : Genome-wide Evidence Reveals that African and Eurasian Golden Jackals Are Distinct Species. *Current Biology* 25 : 58-65.
- Kohn, M. H. & Wayne, R. K. 1997 : Facts from faeces revisited. *Trends in Ecology and Evolution* 12 : 223-227.
- Krofel, M., 2008. Survey of golden jackals (*Canis aureus* L.) in Northern Dalmatia , Croatia : preliminary results. *Natura Croatica* 17 : 259-264.
- Kronfeld-schor, N. & Dayan, T. 2003: Partitioning of time as an ecological resource. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 153-181.
- Kumar, S., Stecher, G. & Tamura, K. 2016 : MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution* 33 : 1870-1874.
- Lanszki, J. & Heltai, M. 2002 : Feeding habits of golden jackal and red fox in south-western Hungary during winter and spring. *Mammalian Biology* 67 : 129-136.
- Lanszki, J., Giannatos, G., Heltai, M. & Legakis, A. 2009 : Diet composition of golden jackal during cub-rearing season in Mediterranean marshland in Greece. *Mammalian Biology* 74 : 72-75.
- Lanszki, J., Heltai, M. & [Szabo](#), L. 2006: Feeding habits and trophic niche overlap between sympatric golden jackal (*Canis aureus*) and red fox (*Vulpes vulpes*) in the Pannonian ecoregion (Hungary). *Canadian Journal of Zoology* 84 :1647-1656.
- Le Berre, M. 1990 : La faune du Sahara 2 : Mammifères. Edition Raymond Chabaud, Le Chevalier. 359 p.

- Leite, J. V., Álvares¹, F., Velo-Antón, G., Brito, J. C. & Godinho, R. 2015 : Differentiation of North African foxes and population genetic dynamics in the desert-insights into the evolutionary history of two sister taxa, *Vulpes rueppellii* and *Vulpes vulpes*. [*Organisms Diversity and Evolution* 15 : 731-745.](#)
- Librado, P. & Rozas, J. 2009 : DnaSP v5: A Software for Comprehensive Analysis of DNA Polymorphic Data. *Bioinformatics* 25 : 1451-1452.
- Lindblad-Toh, K., Wade, C. M., Mikkelsen, T. S., Karlsson, E. K., Jaffe, D. B., Kamal, M., Clamp, M., Chang, J. L., Kulbokas, E. J., Zody, M. C., Mauceli, E., Xie, X., Breen, M., Wayne, R. K., Ostrander, E. A., Ponting, C. P., Galibert, F., Smith, D. R., deJong, P. J., Kirkness, E., Alvarez, P., Biagi, T., Brockman, W., Butler, J., Chin, C-W., et al. 2005 : Genome sequence, comparative analysis and haplotype structure of the domestic dog. *Nature* 438 : 803-819.
- Lingaas, F., Sorensen, A., Juneja, R. K., Johansson, S., Fredholm, M., Winterø, A. K., Sampson, J., Mellersh, C., Curzon, A., Holmes, N. G., Binns, M. M., Dickens, H. F., Ryder, E. J., Gerlach, J., Bäumle, E. & Dolf, G. 1997 : Towards construction of a canine linkage map: Establishment of 16 linkage groups. *Mammalian Genome* 8 : 218-223.
- Linné, C. 1758 : *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis, Tomus I. Ed decima, reformata.* Holmiae [Stockholm], 824 p.
- Litvaitis, J. A. 2000 : Investigating food habits of terrestrial vertebrates. In: Pearl, M.C., Boitani, L. & Fuller, T. K. (eds.), *Research techniques in animal ecology controversies and consequences.* pp 165-190. Columbia University Press, NewYork, USA.
- Lodé, T. 1989 : *Dynamique des relations trophiques de Mustela putorius et de ces proies : Significations adaptatives des variabilités interindividuelle des stratégies de prédation.* Thèse de Doctorat, Université de Rennes. 165 p.
- Lord, K., Feinstein, M., Smith B. & Coppinger, R. 2013 : Variation in reproductive traits of members of the genus *Canis* with special attention to the domestic dog (*Canis familiaris*). *Behavioural Processes* 92 : 131-142.
- Lovari, S., Boesi, R., Minder, I., Mucci, N., Randi, E., Dematteis, A. & Ale, S. B. 2009 : Restoring a keystone predator may endanger a prey species in a human altered ecosystem: the return of the snow leopard to Sagarmatha National park. *Animal Conservation* 12 : 559-570.



- [Lozupone](#), C. & [Knight](#), R. 2005 : UniFrac: a new phylogenetic method for comparing microbial communities. *Applied and Environmental Microbiology* 71 : 8228-8235.
- Lucchini, V., Galov, A., Randi, E. 2004 : Evidence of genetic distinction and long-term population decline in wolves (*Canis lupus*) in the Italian Apennines. *Molecular Ecology* 13 : 523-536.
- Macdonald, D. W. 1979 : The flexible social system of the golden jackal, *Canis aureus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 5 : 17-38.
- Macdonald, D. W. 1980 : Patterns of scent marking with urine and faeces amongst carnivore communities. *Symposia of the Zoological Society of London* 45 : 107-139.
- Macdonald, D. W. 1983 : The ecology of carnivore social behaviour. *Nature* 301 : 379-384.
- Macdonald, D. W., Sillero-Zubiri, C. & Nicholson, K. 2004 : The Biology and Conservation of Wild Canids. Oxford University Press, Oxford. 450 p.
- Mahmood, T., Hussain, I. & Nadeem, M. S. 2011: Population estimate, habitat preference and the diet of small Indian mongoose (*Herpestes javanicus*) in Potohar Plateau, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* 43 : 103-111.
- Mahmood, T., Niazi, F. & Nadeem, M. S. 2013: Diet composition of asiatic jackal (*Canis aureus*) in margallah hills national park, Islamabad, Pakistan. *Journal of Animal & Plant Sciences* 23 : 444-456.
- Mariat, D., Kessler, J. L., Vaiman, D. & Panthier, J. J. 1996: Polymorphism characterization of five canine microsatellites. *Animal Genetics* 27: 434-435.
- Marino, J., Sillero-Zubiri, C., Johnson, P. J. & Macdonald, D.W. 2012 : Ecological bases of philopatry and cooperation in Ethiopian wolves. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 66 : 1005-1015.
- Markov, G. & Lanski, J. 2012 : Diet composition of the golden jackal, *Canis aureus* in an agricultural environment. *Folia Zoologica* 6 : 44-48.
- Martin, R. D., Willner, L. A. & Dettling, A. 1994 : The evolution of sexual dimorphism in primates. In : Short, R. V. & Balaban, E. (eds.), *The Differences Between the Sexes*. pp. 159-200. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Masenga, E. H., Jackson, C. R., Mjingo, E. E., Jacobson, A., Riggio, J., Lyamuya, R. D., Fyumagwa R. D., Borner, M. & Røskft, E. 2016 : Insights into long-distance dispersal by African wild dogs in East Africa. *African Journal of Ecology* 54 : 95-98.

- Mattioli, L., Apollonio, M., Mazzarone, V. & Centofanti, E. 1995 : Wolf food habits and wild ungulate availability in the Foreste Casentinesi National Park, Italy. *Acta Theriologica* 40 : 387-402.
- Mattioli, L., Capitani, C., Avanzinelli, E., Bertelli, I., Gazzola, A. & Apollonio, M. 2004 : Predation by wolves (*Canis lupus*) on roe deer (*Capreolus capreolus*) in North-eastern Apennine, Italy. *Journal of Zoology* 264 : 249-258.
- Mayle, B. A., Peace, A. J., & Gill, M. A. 1999 : How many deer? A guide to estimating deer population size. Forestry Commission Field Book 18. *Forestry Commission Edinburgh*. 96 p.
- Maynard, H. J. 2015. The conservation implications of diet & resource use of two canid species; the African wolf (*Canis anthus*) and the fox (*Vulpes vulpes*) in Southern Tunisia. Master thesis, University of Southampton, UK. 35 p.
- Mech, L. D. 1999 : Alpha status, dominance, and division of labor in wolf packs. *Canadian Journal of Zoology* 77 : 1196-1203.
- Mech, L. D. & Botani, L. 2003 : Wolf social ecology. In : Gittleman, J. L. (eds.), *Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution*, pp. 1-34. Coronell University Press, Inthaca, NY, USA.
- Meier, T. J., Burch, J., Mech, D. & Adams, L. 1995 : Pack structure and genetic relatedness among wolf packs in a naturally regulated population. In: Carbyn, L. N., Fritts, S. H. & Seip, D. R. (eds.). *Ecology and conservation of wolves in a changing world: Proceedings of the second North American symposium on wolves*. pp. 293-302. Canadian Circumpolar Institute Occasional, Canada.
- Mellersh, C. S., Langston, A. A., Acland, G. M., Fleming, M. A., Ray, K., Wiegand, N. A., Fransisco, L. V., Gibbs, M., Aguirre, G. D. & Ostrander, E.A. 1997: A linkage map of the canine genome. *Genomics* 46 : 326-336.
- Meyer, W., Hülmann, G. & Seger, H. 2002 : SEM – Atlas of the hair cuticle structure of central European mammals. Hannover, 248 p.
- Millenium Ecosystem Assessment (MEA). 2005 : *Ecosystems and human well being: Synthesis*. Island Press, Washington.
- Moehlman, P. D., 1979 : Jackal helpers and pup survival. *Nature* 277 : 382-383.
- Moehlman, P. D., 1983. Socioecology of silverbacked and golden jackals (*Canis mesomelas* and *Canis aureus*). *Advances in the study of mammalian behavior* 7 : 423-453.

- Moehlman, P. D., 1987. Social organization in jackals: The complex social system of jackals allows the successful rearing of very dependent young. *American Scientist* 75 : 366-375.
- Moehlman, P. D. 1989 : Intraspecific variation in canid social systems. In : Gittleman, J. L. (eds.), *Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution*. pp. 143-163. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA.
- Moehlman, P. D. & Jhala, Y. V. 2013 : Golden jackal (*Canis aureus*). In: Kingdon, J. & Hoffmann, M. (eds.), *Mammals of Africa*. Vol.5. Carnivores, Pangolins, Equids and Rhinoceroses. pp 35-38. Bloomsbury, London, UK.
- Mostefai, N. 2010 : La diversité avienne dans la région de Tlemcen (Algérie occidentale) : Etat actuel, impact des activités humaines et stratégie de conservation. Thèse de Doctorat. Université de Tlemcen. 182 p.
- Mostefai, N., Sellami, M. & Grenot, C. 2003 : Contribution à la connaissance du régime alimentaire de la genette commune (*Genetta genetta*) dans la réserve cynégétique de Moutas, Tlemcen (Algérie). *Bulletin de la Société Zoologique de France* 128 : 227-237.
- Mukherjee, S., Goyal, S., Johnsingh, A. & Leite Pitman, M. 2004 : The importance of rodents in the diet of Jungle cat (*Felis chaus*), caracal (*Caracal caracal*) and golden jackal (*Canis aureus*) in Sariska Tiger reserve, Rajasthan, India. *Journal of Zoology* 262 : 405-411.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. B. & Kent, J. 2000 : Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403 : 853-858.
- Nadeem, M. S., Naz, R., Shah, S. I., Beg, M. A., Kayani, A. R., Mushtaq, M. & Mahmood, T. 2012: Season and locality related changes in the diet of Asiatic jackal (*Canis aureus*) in Potohar, Pakistan. *Turkish Journal of Zoology* 36 : 798-805.
- Nahal, I., 1984 : Problèmes de désertification en région méditerranéenne. Département des sciences des sols. INRA Paris-Grignon 14 : 71-103.
- Neff, M. W., Broman, K. W., Mellersh, C. S., Ray, K., Acland, G. M., Aguirre, G. D., Ziegler, J. S., Ostrander, E. A. & Rine, J. 1999: A second generation genetic linkage map of the domestic dog, *Canis familiaris*. *Genetics* 151: 803-820.
- Nowak, C., Büntjen, M., Steyer, K. & Frosch, C. 2014: Testing mitochondrial markers for noninvasive genetic species identification in European mammals. *Conservation Genetics Resources* 6 : 41-44.

- Oberbauer, A. M., Grossman, D. I., Irion, D. N., Schaffer, A. L., Eggleston, M. L. Famula, T. R. 2003 : The genetics of epilepsy in the Belgian terrier and sheepdog. *Journal of Heredity* 94 : 57-63.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P. & Kassem, K. R. 2001 : Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth. *BioScience* 51 : 933-938.
- Ostrander, E. A., Mapa, F. A., Yee, M. & Rine, J. 1995 : One hundred and one new simple sequence repeat-based markers for the canine genome. *Mammalian Genome* 6 : 192-195.
- Ostrander, E. A., Sprague, G. F. & Rine, J. 1993 : Identification and characterization of dinucleotide repeat (Ca)N markers for genetic-mapping in dog. *Genomics* 16 : 207-213.
- Oubellil, D. 2011 : Sélection de l'habitat et écologie alimentaire du chacal doré *Canis aureus algerensis* dans le Parc National de Djurdjura. Thèse de Magister, Université de Tizi-Ouzou. 73 p.
- Page, L. K., Swihart, R. K., Kazacos, K. R. 2001 : Seed preferences and foraging by granivores at raccoon latrines in the transmission dynamics of raccoon roundworm (*Baylisascaris procyonis*). *Canadian Journal of Zoology* 79 : 616-622.
- Peakall, R. & Smouse, P. E. 2006 : GENALEX 6 : genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Resources* 6 : 288-295.
- Peters, G. & Wozencraft, W. C. 1989 : Acoustic communication by fissioned carnivores. In: Gittleman, J. : Carnivore Behavior, Ecology, and Evolution (eds.), pp. 14-56. Cornell University Press, Ithaca, NY, USA.
- Peterson, R. O., Jacobs, A. K., Drummer, T. D., Mech, L. D. & Smith, D. W. 2002 : Leadership behavior in relation to dominance and reproductive status in gray wolves, *Canis lupus*. *Canadian Journal of Zoology* 80 : 1405-1412.
- Pianka, E. R. 1969 : Sympatry of desert lizards (*Ctenotus*) in western Australia. *Ecology* 50 : 1012-1030.
- Putman, R. J. 1984 : Facts from faeces. *Mammal Revue* 14 : 79-97

- Quezel, P., Barbero, M., Bonin, G. & Loisel, R. 1991 : Pratiques agricoles et couvert forestier en région méditerranéenne humide et subhumide. Université d'Aix Marseille III. Saint-Jérôme, France.
- Ramade, F. 2003 : Eléments d'écologie : écologie fondamentale. 5^{ème} Edition, Dunod, Paris. 690 p.
- Randi, E., Lucchini, V., Christensen, M. F., Mucci, N., Funk, S. M., Dolf, G. & Loeschcke, V. 2000 : Mitochondrial DNA variability in Italian and East European wolves: detecting the consequences of small population size and hybridization. *Conservation Biology* 14 : 464-473.
- Raymond, M. & Rousset, F. 1995 : Genepop (version 1.2): population genetics software for exact tests and ecumenicism. *Journal of Heredity* 86 : 248-249.
- Reed, J., Tollit, D. J., Thompson P. M., Amos, W. 1997 : Molecular scatology: the use of molecular genetic analysis to assign species, sex and individual identity to seal faeces. *Molecular Ecology* 6 : 225-234.
- Rice, W. E. R. 1989 : Analyzing tables of statistical tests. *Evolution* 43 : 223-225.
- Ripple, W. J., Estes, J. A., Beschta, R. L., Wilmers, C. C., Ritchie, E. G., Hebblewhite, M., Berger, J., Elmhagen, B., Letnic, M., Nelson, M. P., Schmitz, O. J., Smith, D. W., Wallach, A. D. & Wirsing, A. J. 2014 : Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science* 343 : 1241484.
- Ritchie, E. G. & Johnson, C. N. 2009 : Predator interactions, mesopredator release and biodiversity conservation. *Ecology Letters* 12 : 982-998.
- Roche, B. 2016 : Comment l'érosion de la biodiversité favorise l'émergence de virus et bactéries. <http://www.humanite-biodiversite.fr/article/l-erosion-de-la-biodiversite-et-l-emergence-de-virus-et-bacteries>
- Rohland, N., Pollack, J. L., Nagel, D., Beauval, C., Airvaux, J., Pääbo, S. & Hofreiter, M. 2005 : The Population History of Extant and Extinct Hyenas. *Molecular Biology and Evolution* 22 : 2435-2443.
- Rousset, F. 2008 : GENEPOP' 007: a complete re-implementation of the GENEPOP software for Windows and Linux. *Molecular Ecology Resources* 8 : 103-106.
- Roy, M. S., Geffen, E., Smith, D., Ostrander, E. A. & Wayne R. K. 1994 : Patterns of differentiation and hybridization in North American wolflike canids, revealed by analysis of microsatellite loci. *Molecular Biology and Evolution* 11:553-570.

- Rueness, E. K., Asmyhr, M. G., Sillero-Zubiri, C., Macdonald, D. W., Bekele, A., Atickem, A. & Stenseth, N. C. 2011 : The cryptic African wolf: *Canis aureus lupaster* is not a golden jackal and is not endemic to Egypt. *PLoS ONE* 6 : E16385
- Ruprecht, J. S., Ausband, D. E., Mitchell, M. S., Garton, E. O. & Zager, P. 2012 : Homesite attendance based on sex, breeding status, and number of helpers in gray wolf packs. *Journal of Mammalogy* 93 : 1001-1005.
- Rutkowski, R., Krofel, M., Giannatos, G., Cirovic, D., Mannil, P., Volokh, A. M., Lanszki, J., Heltai, M., Szabo, L., Banea, O. C., Yavruyan, E., Hayrapetyan, V., Kopaliani, N., Miliou, A., Tryfonopoulos, G. A., Lymberakis, P., Penezic, A., Pakeltyte, G., Suchecka, E. & Bogdanowicz, W. 2015 : A European Concern? Genetic Structure and Expansion of Golden Jackals (*Canis aureus*) in Europe and the Caucasus. *PLoS ONE* 10 : E0141236.
- Rutledge, L.Y., Garroway, C. J., Loveless, K. M. & Patterson, B. R. 2010 : Genetic differentiation of eastern wolves in Algonquin Park despite bridging gene flow between coyotes and grey wolves. *Heredity* 105 : 520-531.
- Šálek, M., Červinka, J., Banea, O.C., Krofel, M., Čirović, D., Selanec, I., Penezić, A., Grill, S. & Riegert, J. 2014 : Population densities and habitat use of the golden jackal (*Canis aureus*) in farmlands across the Balkan Peninsula. *European Journal of Wildlife Research* 60 : 193-200.
- Schwarz, V. E. 1926 : Ber typenexemplare von schakalen. *Senckenbergiana* 8 : 39-47.
- Seltzer, P. 1946 : Le climat de l'Algérie. Carte h.t. Instit. Terre et Phys. Du Globe. Faculté des Sciences. Alger. 219 p.
- Seton ET 1925. On the study of scatology. *Journal of Mammalogy* 6 : 47-49.
- Shibuya, H., Collins, B. K., Huang, T. H. & Johnson, G. S. 1994: A polymorphic (AGGAAT), tandem repeat in an intron of the canine von Willebrand factor gene. *Animal Genetics* 25, 122 p.
- Shoener, T. W. 1986 : Patterns in terrestrial vertebrate versus arthropod communities: do systematic differences in regularity exist? In : Diamond, J. & Case, T.J. (eds), *Community ecology*, pp. 556-586. Harper & Row, New York, USA.
- Sillero-Zubiri, C., Hoffman, M. & Macdonald, D. W. 2004 : *Canids: Foxes, Wolves, Jackals and Dogs: status survey and conservation action plan*. IUCN/SSC, Switzerland & Cambridge. 430 p.

- Sørensen, T. A. 1948 : A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Biologiske Skrifter* 5 : 1-34.
- Sparkman, A. M., Adams, J., Beyer, A., Steury, T. D., Waits, L. & Murray, D. L. 2011 : Helper effects on pup lifetime fitness in the cooperatively breeding red wolf (*Canis rufus*). *Behavioral Ecology* 22 : 199-205.
- Stacey, P. B. & Ligon, J. D. 1991 : The Benefits of Philopatry hypothesis for the evolution of cooperative breeding: variation in territory quality and group size effects. *American Naturalist* 137 : 831-846.
- Stenglein, J. L., Waits, L. P., Ausband, D. E., Zager, P. & Mack, C. M. 2011 : Estimating gray wolf pack size and family relationships using noninvasive genetic sampling at rendezvous sites. *Journal of Mammalogy* 92 : 784-795.
- Stewart, P. 1969 : Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique. Bulletin de la société d'Afrique du Nord, Alger. 59 p.
- Teerink, B. J. 1991 : Hair of West European Mammals, Cambridge. University Press. 224 p.
- Teyssèdre, A. & Couvet, D. 2007 : Expected impact of agriculture expansion on the world avifauna. *Comptes Rendus Biologies* 330 : 247-254.
- Thinthoin, R. 1948 : Les aspects physiques du Tell oranais. Essai de morphologie des pays semi-arides. Ed. L. Fouque. 639 p.
- Thornton, D. H., Sunquist, M. E., Main, M. B. 2004 : Ecological separation within newly sympatric populations of coyotes and bobcats in south-central Florida. *Journal of Mammalogy* 85 : 973-982.
- Tokeshi, M. 1999: Species coexistence: ecological and evolutionary perspectives. Blackwell Science, Ltd., Oxford, UK. 468 p.
- Treves, A. & Karanth, K. U. 2003 : Human-Carnivore conflict and perspectives on carnivore management worldwide. *Conservation Biology* 17 : 1491-1499.
- Tsakem, S. C. 2006 : Contribution à l'aménagement du parc national de la Bénoué et au développement rural des zones cynégétique à cogestion (N° 1 et 4) au Nord-Cameroun. Mémoire DES. Université de Liège. 68 p.
- Urios, V., Donat-Torres, M. P., Ramirez, C., Monroy-Vilchis, O. & Rgribi-Idrissi, H. 2015 : El analisis del genoma mitocondrial del canido estudiado en marruecos manifiesta que no es ni lobo (*Canis lupus*) ni chacal euroasiatico (*Canis aureus*). AltoterO, Spain.

- Van Lawick-Goodall, H. & van Lawick-Goodall, J. 1970 : Innocent killers. Ballantine Books, New York, USA.
- Van Valkenburgh, B. 1989 : Carnivore dental adaptations and diet: A study of trophic diversity within guilds. In : Gittleman, J. (.eds) : Carnivore Behaviour, Ecology and Evolution. pp. 410-433. Cornell University Press, New York, USA.
- Venkataraman, A.B. 1998 : Male-biased adult sex ratios and their significance for cooperative breeding in dhole, *Cuon alpinus*, packs. *Ethology* 104 : 671-684.
- Virgos, E. & Casanova, J. G. 1997 : Habitat selection of genet *Genetta genetta* in the mountains of central Spain. *Acta Theriologica* 42 : 169-177.
- Wattier, R., Engel, C. R., Saumitou-Laprade, P. & Valero, M. 1998 : Short allele dominance as a source of heterozygote deficiency at microsatellite loci: experimental evidence at the dinucleotide locus Gv1CT in *Gracilaria gracilis* (Rhodophyta). *Molecular Ecology* 7 : 1569-1573.
- Walker, C. 1996 : Signs of the Wild, Struik Publish, Cape Town. 215 p.
- Wallach, A. D., Johnson, C. N., Ritchie, E. G. & O'Neill, A. J. 2010 : Predator control promotes invasive dominated ecological states. *Ecology Letters* 13 : 1008-1018.
- Wandeler, P., Funk, S. M., Largiadèr, C. R., Gloor, S. & Breitenmoser, U. 2003 : The city-fox phenomenon: genetic consequences of a recent colonization of urban habitat. *Molecular Ecology* 12 : 47-56.
- Way, J. G. 2003 : Description and possible reasons for an abnormally large group size of adult Eastern coyotes observed during Summer. *Northeastern Naturalist* 10 : 335-342.
- Weir, B. S. & Cockerham, C. C., 1984 : Estimating F-Statistics for the analysis of population structure. *Evolution* 38 : 1358-1370.
- Williams, P. A., Karl, B. J., Bannister, P. & Lee, W. G. 2000 : Small mammals as potential seed dispersers in New Zeland. *Austral Ecology* 25 : 523-532.
- Wisz, M. S., Pottier, J., Kissling, W. D., Pellissier, L., Lenoir, J., Damgaard, C. F., Dormann, C. F., Forchhammer, M. C., Grytnes, G. A., Guisan, A., Heikkinen, R. K., Høye, T. T., Kühn, I., Luoto, M., Maiorano, M., Nilsson, M. C., Normand, S., Ockinger, E., Schmidt, N. M., Termansen, M., Timmermann, A., Wardle, D. A., Aastrup, P. & Svenning, J. C. 2013 : The role of biotic interactions in shaping distributions and realised assemblages of species: implications for species distribution modelling. *Biological Reviews* 88 : 15-30.

- Woodroffe, R., Thirgood, S. & Rabinowitz, A. 2005 : People and wildlife: conflict or coexistence? In : Woodroffe, R., Thirgood, S. & Rabinowitz, A. (eds.), The impact of human-wildlife conflict on natural systems, pp. 1-12. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Yalden, D. W., Largen, M. J., Kock, D. & Hillman, J. C. 1996 : Catalogue of the mammals of Ethiopia and Eritrea. Revised checklist, zoogeography and conservation. *Tropical Zoology* 9 : 73-164.
- Young, J. K., Ma, Z., Laudati, A. & Berger, J. 2015 : Human–Carnivore interactions: Lessons learned from communities in the American West. *Human Dimensions of Wildlife* 20 : 349-366.
- Zachos, F. E., Cirovic, D., Kirsching, J., Marthe, O., Günther, H., Petersen, B. & Honn A-C. 2009 : Genetic Variability, Differentiation, and Founder Effect in Golden Jackals (*Canis aureus*) from Serbia as Revealed by Mitochondrial DNA and Nuclear Microsatellite Loci. *Biochemical Genetics* 47 : 241-250.
- Zachos, F. E., Otto, M., Unici, R., Lorenzini, R. & Hartl, G. B. 2008 : Evidence of a phylogeographic break in the Romanian brown bear (*Ursus arctos*) population from the Carpathians. *Mammalian Biology* 73 : 93-101.
- Zimmermann, F., Dulex, N., Foresti, D., Breitenmoser-Würsten, C., Breitenmoser, U. 2014 : Abondance et densité du lynx dans le Valais Nord : estimation par capture-recapture photographique dans le compartiment VII, durant l’hiver 2013/14. *KORA Bericht* N°65. 15 p.

ANNEXES

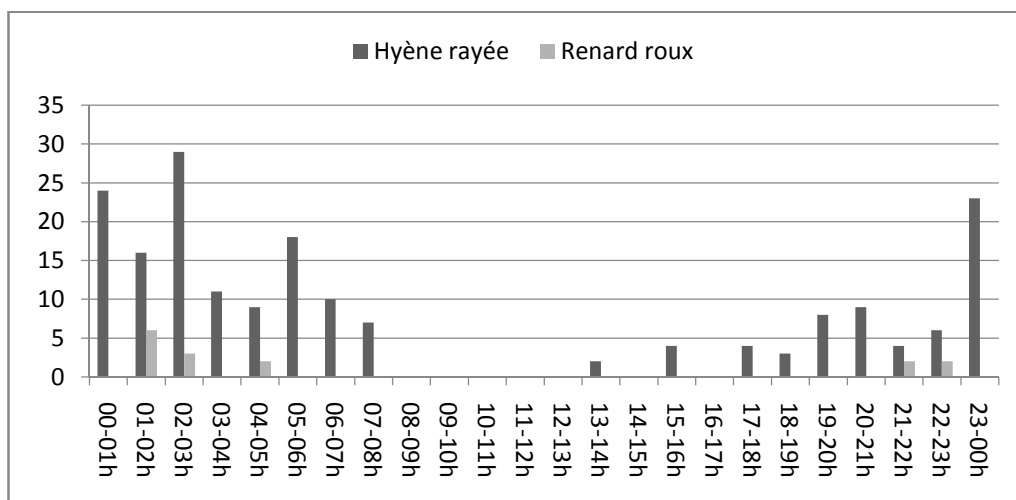
Annexe 1 : Mensurations corporelles de 36 individus du loup doré d'Afrique

Echantillon	Sex	Tête et corps (cm)	Queue (cm)	Hauteur au garrot	Poids corporel
1	♂	63	29	49	9.1
2	♀	57	23	42	8.9
3	♂	55	24	43	8.7
4	♂	72	31	52	14.2
5	♀	60	25	41	10.2
6	♂	64	29	43	12.1
7	♂	59	27	42	11.7
8	♀	50	26	39	8
9	♂	68	30	50	13
10	♂	76	29	56	14.2
11	♂	80	32	55	16.3
12	♂	67	28	48	12.5
13	♂	50	24	38	7.8
14	♂	63	27	48	10.9
15	♀	62	28	41	10.8
16	♀	69	26	46	13
17	♂	58	26	39	10.7
18	♂	58	25	40	9.6
19	♀	79	33	54	12.9
20	♂	62	28	51	11.8
21	♀	55	26	40	7.7
22	♀	53	24	38	7.5
23	♂	60	27	43	10.2
24	♂	70	28	53	11.4
25	♀	52	25	37	7
26	♂	50	24	38	8.1
27	♂	67	27	50	11.2
28	♂	70	27	52	13
29	♂	59	24	43	9.7
30	♂	61	27	42	8.9
31	♀	58	26	41	7.8
32	♂	72	28	52	13.9
33	♀	62	25	45	8.2
34	♂	67	29	45	10.5
35	♂	53	24	39	7.9
36	♀	58	25	44	8.6
Moyenne		62.19	26.83	44.97	10.5

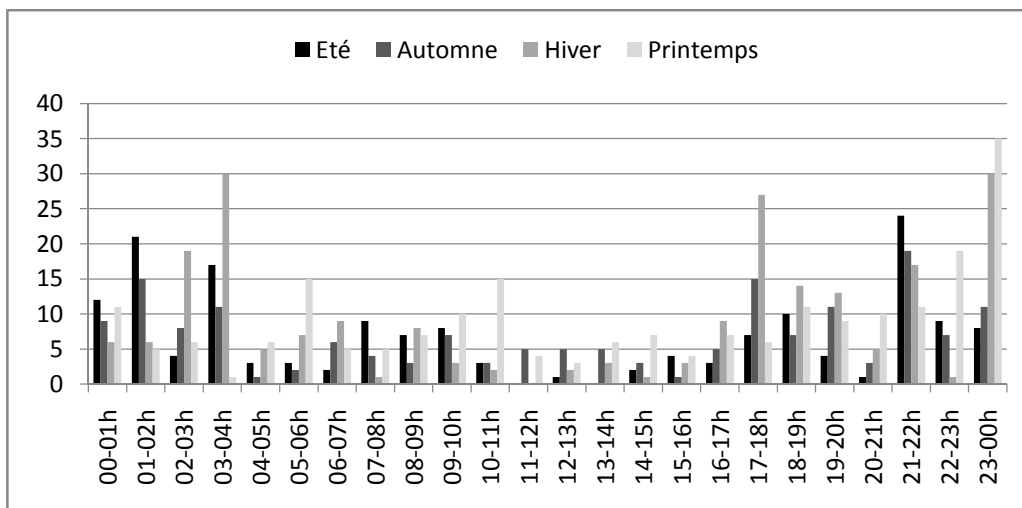
Annexe 2 : Tableau de contingence des variables prélevées au niveau de la RCT

	N° Loups	N° Hyènes	N° Renards	Hauteur végétation	Taux de couverture	Présence humaine	Grandes proies	Petites proies	Point d'eau	N° Tanières	N° décharge
St 1	72	13	0	3	4	3	58	47	3	3	1
St2	54	15	3	5	4	2	39	31	3	2	0
St3	41	21	1	5	4	1	24	20	1	0	0
St4	48	0	0	2	2	3	142	17	2	0	0
St5	91	8	0	2	2	1	46	21	1	0	0
St6	62	19	0	3	4	1	67	24	2	0	0
St7	76	5	0	1	1	3	117	42	2	2	0
St8	88	27	6	3	4	1	49	59	1	4	0
St9	67	36	0	3	4	3	57	57	2	5	2
St10	25	3	0	2	3	1	29	36	3	1	0
St11	47	18	0	3	4	1	81	71	2	2	0

Annexe 3 : Spectre d'activité journalière du Renard roux et l'Hyène rayée au sein de la RCT (2014-2015)



Annexe 4 : Spectre d'activité journalière par saison du Loup doré d'Afrique au sein de la RCT (2014-2015)



Annexe 6 : Composants et quantités des produits utilisés dans la préparation de L6 et L2

	L6	L2
Guanidine Thiocyanate	147.8g	350g
Tris-HCl (pH=6.4)	25ml	59.2ml
EDTA (pH=8.0)	10ml	23.7ml
Triton X-100 (ref28817, Merck)	3,25ml	-
H₂O	250ml	592ml

Annexe 7 : Préparation de la solution de Silice

- Dissoudre 6 g de silice (ref S5631 Sigma) dans 50 ml d'eau distillée ;
- Incubation à une température ambiante en évitant la lumière pendant 24h pour favoriser les précipitations de silice ;
- Jeter le surnageant ;
- Ajouter 50 ml d'eau distillée et agitation jusqu'à dissolution de la pastille de silice ;
- Incubation à une température ambiante en évitant la lumière pendant 5h pour favoriser la précipitation de la silice ;
- Jeter 44 ml du surnageant ;
- Ajouter 60 µl de HCL 10M (37%).

Annexe 8 : Distance génétique entre les échantillons analysés

	No. Of Private Alleles	Loci with Private Alleles
CH.06	1	REN169O18
CH.07	1	PEZ03
CH.08	3	AHT111-G ; Cxx279 ; Cxx.459
CH.10	7	PEZ03 ; C20.253 ; CPH14 ; AHTh171 ; INU005 ; REN162C04 ; REN247M23
CH.11	1	INU005
CH.12	10	FH2079 ; C04.140 ; VWF ; AHTh171 ; AHTk253 ; Cxx279 ; REN162C04 REN169O18 ; REN247M23 ; REN54P11
CH.13	8	PEZ03 ; VWF ; AHTh171 ; AHTk253 ; INU005 ; REN169O18 ; REN54P11 ; Cxx.459
CH.16	6	C04.140 ; AHTh171 ; AHTk253 ; Cxx279 ; REN169O18 ; Cxx.459
CH.18	6	C04.140 ; AHTh171 ; AHTk253 ; Cxx279 ; REN169O18 ; Cxx.459
CH.19	6	C9.173 ; AHTh171 ; AHTk253 ; INU005 ; REN247M23 ; C08.140
CH.20	6	C9.173 ; VWF ; AHTh171 ; AHTk253 ; INU005 ; REN169O18
CH.21	6	PEZ03 ; C20.253 ; AHTh171 ; AHTk253 ; REN247M23 ; Cxx.459
CH.22	13	PEZ03 ; C14.866 ; VWF ; AHTk253 ; Cxx279 ; REN162C04 ; REN169D01 ; REN247M23 ; REN54P11 ; C08.140 ; CPH05 ; CPH2 ; Cxx.459
CH.23	8	AHT111-G ; C04.140 ; C20.253 ; C9.173 ; VWF ; AHTh171 ; AHTk253 ; REN162C04
CH.26	6	PEZ03 ; C9.173 ; AHTh171 ; REN54P11 ; C20.446 ; Cxx.459
CH.27	4	FH2010 ; AHT111-G ; CPH14 ; INRA21
CH.32	7	C14.866 ; C9.173 ; AHTk253 ; INU005 ; REN54P11 ; C08.140 ; FH2161
CH.33	7	C14.866 ; C9.173 ; AHTk253 ; INU005 ; REN54P11 ; C08.140 ; FH2161
CH.34	6	C04.140 ; C14.866 ; AHTh171 ; FH2848 ; INU055 ; CPH2
CH.36	5	PEZ03 ; C20.253 ; INU055 ; REN54P11 ; CPH2

Annexes photos

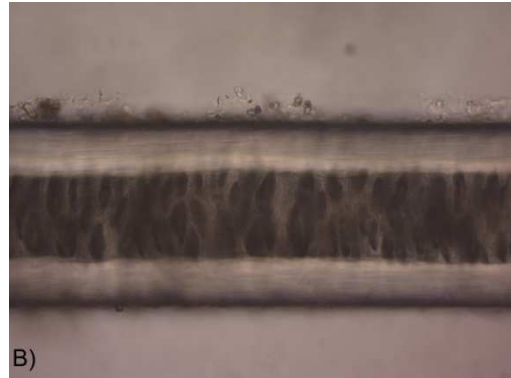
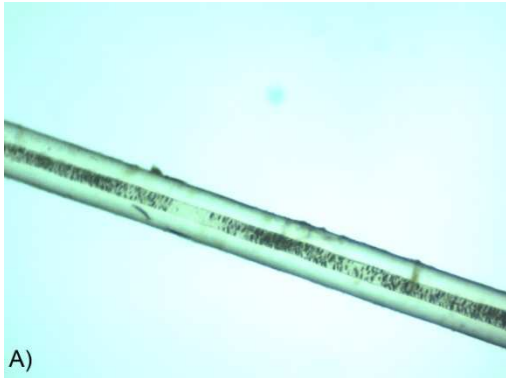


Photo 1 : Structure d'un poil de Cerf daim (*Dama dama*) où A) G (10*10) et B) G (10*40)

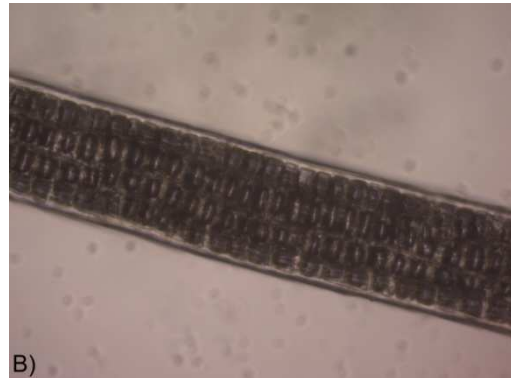
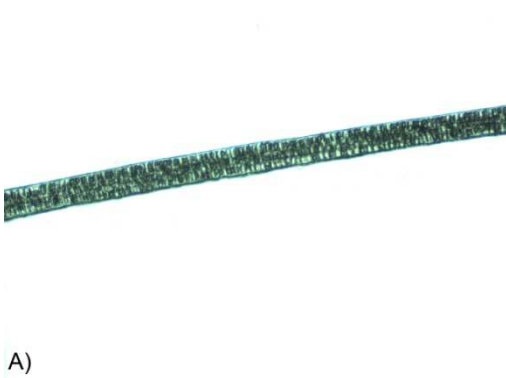


Photo 2 : Structure d'un poil de Lapin de garenne (*Oryctolagus cuniculus*), dont A) G (10*10) et B) G (10*40)

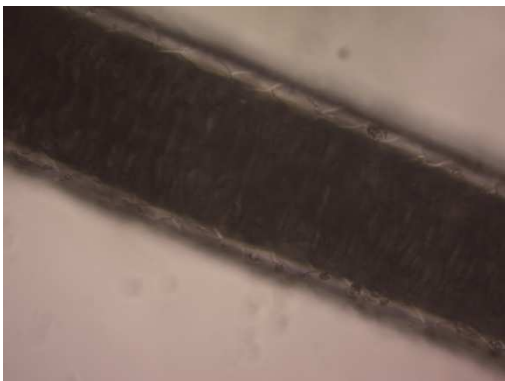
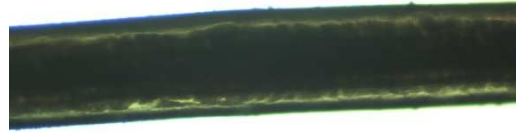
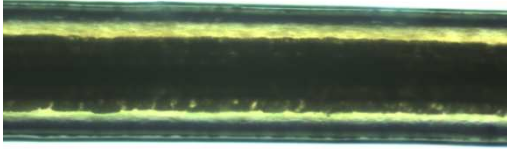


Photo 3 : Structure d'un poil de Genette (*Genetta genetta*) G (10*40)



Photo 4 : Structure d'un poil de Chat sauvage (*Felis lybica*) G (10*40)



A)

Photo 5 : Structure d'un poil de Sanglier (*Sus*

scrofa) G (10*40), dont A) centre du poil et B) vers l'extrémité

B)

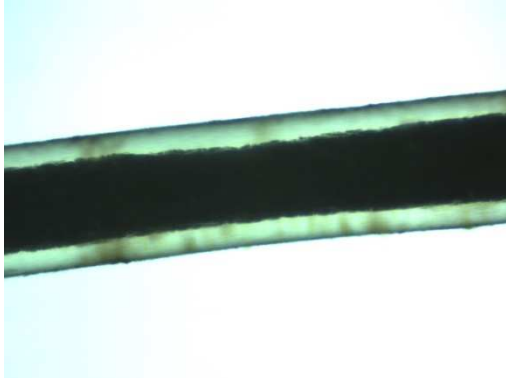


Photo 6: Structure d'un poil de la
hyène rayée (*Hyaena hyaena*) G (10*40)

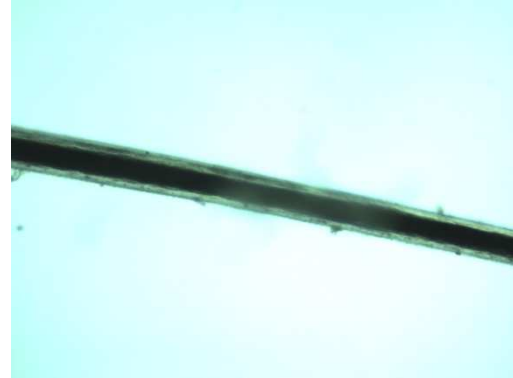


Photo 7 : Structure d'un poil du Loup
doré d'Afrique (*Canis anthus*) G (10*10)



Photo 8 : Cadavre d'un Loup doré d'Afrique attaché sur un poteau d'électricité à coté d'une
ferme, région de Sidi Abdeli



Photo 9 : Hyène rayée et son petit capturés pendant la journée par caméra piège au sein de la RCT



Photo 10 : Hyène rayée et Loup doré d'Afrique autour d'un cadavre de vache capturé par caméra piège au sein de la RCT