

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Blida -1-

Faculté de Biologie

Département de Biologie et Physiologie Cellulaire



Mémoire de fin d'études

En vue l'obtention du Diplôme de MASTER

Option : *Génétique et Physiologie*

Thème :

*Etude de la fonction minéralocorticoïde de la
corticosurrénale et Etude phylogénique de la gerbille
« Gerbillus tarabuli »*

Présenté par :

M^{elle} BOUKLAB Abir

&

M^{elle} MAHTAR Houria

Devant le jury composé de :

<i>Présidente</i>	: <i>M^{me} CHAKHMA.A</i>	<i>MAA</i>	<i>USDB</i>
<i>Examinatrice</i>	: <i>M^{me} AMOKRANE.A</i>	<i>MAA</i>	<i>USDB</i>
<i>Promotrice</i>	: <i>M^{me} DEROUCHE.L</i>	<i>MCB</i>	<i>EPSNV</i>
<i>Co-promotrice</i>	: <i>M^{elle} ZATRA.Y</i>	<i>MAA</i>	<i>USDB</i>

Année Universitaire : 2015/2016

Remerciements

Nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience ainsi que la force afin de réaliser ce travail.

Tous nos remerciements et notre profonde gratitude à

Notre promotrice M^{me} DEROUICHE .L

Maitre de conférence à l'Ecole préparatoire en sciences de la nature et de la vie –Alger

Pour son dévouement incomparable, son orientation scientifique son encadrement et pour la confiance qu'elle nous accordé pour mener à bien ce travail.

Et

*Notre Co-promotrice M^{elle} ZATRA .Y
Maitre assistante au département de biologie*

Pour son encadrement, aide, encouragement et la sympathie qu'elle nous a montrée et grâce à ces conseils que nous avons pu terminer et compléter notre mémoire

Nous sommes très heureuses d'exprimer ici

Tous nos remerciements et grâtes aux professeurs

M^{me} KHAMMAR .F & M^{me} AMIRAT

Qui nous ont accueillis dans le Laboratoire de Recherche sur les Zones Arides (LRZA).

Merci

Remerciements

*Nous exprimons toutes nos reconnaissances aux
membres des jurys :*

*A la présidente M^{me} CHAKHMA Maitre assistante au
département de biologie*

*D'avoir bien voulu nous faire l'honneur de présider ce
jury*

*L'examinatrice M^{me} AMOKRANE pour avoir accepté
d'examiner notre travail.*

*Nos remerciements aussi à l'enseignant
M^r BOUKHATEM*

Pour leur aide et l'encouragement

*Nos remerciements s'adressent également à tous
nos enseignants, qui nous ont donné les bases de
la science.*

*Nous ne pouvons pas oublier de présenter nos
remerciements et reconnaissance à tous les membres du
laboratoire LRZA.*

*Enfin Cette liste de remerciements n'est pas
exhaustive, que tous ceux avec lesquels nous
avons interagi lors de ce travail, sans toutefois
les avoir cités ci-dessus, sachent que leur
contribution à la réalisation de ce mémoire a été
grandement appréciée.*

Merci

Dédicaces

Je dédie ce travail :

*A celle que j'ai la plus chère au monde
Ma mère*

*Tu m'as donnée la vie, la tendresse et le courage pour réussir.
Tout ce que je peux t'offrir ne pourra t'exprimer l'amour et la reconnaissance
que je te porte. J'espère que le Seigneur te donne longue vie et bonne santé.*

*Un vraiment spécial dédicace pour une personne très chère dans mon cœur ;
mon père malgré ton absence mais t'était toujours présent et tu seras
l'éternité dans cœur repose en paix Inchallah le paradis serai ton destin.*

A ma grand-mère

*A ton courage, ta sympathie, ta tendresse, et puisse Allah le tout puissant te
donner longue vie et bonne santé.*

A ma tante ASSIA

Puisse Allah te donner longue vie et bonne santé.

A mes adorables sœurs :

*NESRINE, RIMA, MANEL, et bien sûr WISSEM. et bien sûr
KALTOUM*

Mon cher frère : RIADH

*Et bien sûr à mes neveux, mes nièces, mes beaux frères
Vous étiez toujours à mes côtés. Que dieu vous garde, vous protège et vous
offre une vie pleine de bonheur et de succès !*

A oncle RAMDANE

*Vous êtes modeste et gentil le respect et le plus profond
Remerciements pour les encouragements.*

A tous mes amies surtout :

*BATOUL, FAHIMA, SARAH, NAIMA LINA,
KHAWLA, FETHIA et ZOULIKHA.*

Aussi à mon binôme HOURIA

A toute la promotion Génétique et Physiologie 2016.

*A toutes les personnes qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de
ce travail.*

ABIR

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à

*Mes très chers parents
qui sont toujours dans mon cœur, qui ont consacré leur vie à
mon éducation et ma réussite, qui m'ont encouragé dans les
moments les plus difficiles de ma vie.*

Que Dieu les garde et les protège pour nous.

Mes sœurs :

DJAMILA, FATIMA ET HAMIDA.

Mes frères :

*MOHAMMED, ABDELAZIZ, NOURREDINE ET
MADJID.*

Mes cousins et cousines en particulier :

*ABDENOUR, KHEIRDDINE, ANES, WASSILA,
IMENE et SOUAD.*

*Ainsi qu'à mon binôme ABIR à qui je souhaite une vie
pleine de bonheur et de succès. Ainsi que sa famille.*

*Toutes mes amies en particulier : WARDIA, SALMA,
HAFIDA, ZINEB ET SAMIA.*

*Toutes les étudiantes de l'option Génétique et physiologie
promotion 2015.*

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

HOURIA



Liste des abréviations:

11 β -HSD2 : 11 β hydrostéroïde déshydrogénase de type 2.

18-OH-B: 18-hydroxycorticostérone.

18S rRNA: 18S ribosomal RNA.

A

ACE: Enzyme de Conversion de l'Angiotensine I.

Acp5: Acid phosphatase type V.

ACTH: Adreno Cortico Trophic Hormone.

ADN: Acide Désoxyribonucléique.

ADNmt: ADN mitochondrial.

akr1b7: aldo-keto reductase 1-B7.

AMPc: Adénosine Mono Phosphate 3', 5'- cyclique.

AS: Aldostérone Synthase.

AVP : Arginine Vasopressine.

AVPR2: Arginine Vaspressin Receptor 2.

B

B: Bound.

brca1: cancer type 1 susceptibility.

C

C: castré.

COI: cytochrome c subunit I.

COII : cytochrome c subunit II.

cpm : coups par minute.

CRH: Corticotrophin Releasing Hormone.

CT: castré traité à la Testostérone.

CYP11B2: cytochrome P450, family 11, subfamily B, polypeptide 2.

cyt b : cytochrome b.

D

dNTP : Désoxyribo-nucléotides triphosphate.

DOC : Déoxycorticostérone.

E

EDTA: acide éthylène diamine tétra acétique.

ENaC : Canal Epithélial à sodium sensible à l'Amiloride.

ERV-L: Endogenous Retroviral sequence.

F

FSH: Follicle Stimulating Hormone.

G

GH: Growth Hormone.

ghr: growth hormone receptor.

GnRH: Gonadotropin-Releasing Hormone.

H

ha : hectare.

HRE : Hormone Response Element.

I

IP3: Inositol 1, 4, 5-triphosphate.

IRBP: Interphotoreceptor Retinoid Binding Protein.

L

LH: Luteinising Hormone.

LCAT: Lecithine Cholesterol Acyl Transferase.

M

MR : Récepteur Minéralocorticoïde.

MS : Microsatellite Sequence.

P

P450scc : P450 Side Chain Clivage.

PA : Pression Artérielle.

PBS: Tampon Phosphate Salin (Phosphate Buffered Saline).

PCR: Polymerase Chain Reaction.

PR: Pancreatic Ribonuclease.

R

Reg1: Recombination Activating Protein1.

Rbp3: Interphotoreceptor Retinoid-Binding Protein.

S

StAR: Steroidogenic acute Regulatory Protein.

T

TASK: Twik Acid-Sensitive K channel

U

UPGMA : Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean

V

vwf: von Willebrand factor.

Z

ZG: zone glomérulée.

Liste des figures:

N° de figure:	Titre:	Page :
01	: <i>Gerbillus tarabuli</i> (photo originale).	3
02	: Répartition géographique des <i>G. tarabuli</i> dans l'Afrique.	3
03	: Localisation des glandes surrénales.	5
04	: Structure générale de la glande surrénale.	5
05	: Structure de la zone glomérulée chez le rat.	6
06	: Biosynthèse des hormones stéroïdes dans le cortex surrénal.	6
07	: Structure de l'aldostérone.	8
08	: Système rénine angiotensine aldostérone.	9
09	: Développement de la glande surrénale et des gonades à partir des crêtes urogénitales.	11
10	: Principe du test de compétition.	20
11	: Les étapes initiales pour récupérer les séquences de la GenBank pour la phylogénie de genre <i>Gerbillus</i> .	26
12	: Les dix-sept espèces de genre « <i>Gerbillus</i> » obtenues dans la GenBank.	27
13	: Exemple des séquences nucléotidiques trouvées pour l'espèce <i>Gerbillus tarabuli</i> .	27
14	: Exemple d'une séquence nucléotidique au format FASTA.	28
15	: Le programme ClustalW utilisé pour l'alignement multiple des séquences d'un marqueur moléculaire choisi.	29
16	: La méthode UPGMA utilisée pour la construction de l'arbre phylogénétique.	29
17	: Les paramètres utilisés pour la reconstruction phylogénétique.	30
18	: Effet de la castration sur le poids corporel des gerbilles mâles adultes.	31
19	: Influence de la castration sur le dimorphisme pondérale surrénalien chez <i>Gerbillus tarabuli</i> .	33
20	: Influence de la castration sur le poids des deux surrénales chez <i>Gerbillus tarabuli</i> .	34
21	: Influence de la castration sur l'histologie du cortex surrénal et de la zone glomérulée corticosurrénalienne chez <i>Gerbillus tarabuli</i> .	37
22	: Influence de la castration sur l'épaisseur de cortex surrénal et de la zone glomérulée, chez <i>Gerbillus tarabuli</i> .	38

23	: Influence de la castration sur la morphométrie de la cellule glomérulaire chez <i>Gerbillus tarabuli</i> .	38
24	: Influence de la castration sur les concentrations plasmatiques en aldostérone chez <i>Gerbillus tarabuli</i> , mâle adulte.	41
25	: Effet de la castration sur l'hématocrite chez <i>Gerbillus tarabuli</i> , mâle adulte.	42
26	: Structure de l'ADN mitochondrial.	46
27	: Arbres phylogénétiques par la méthode UPGMA basés sur des séquences de cytb, reconstruisent les relations phylogénétiques de 17 espèces de genre <i>Gerbillus</i> .	52
28	: Arbre phylogénétique récapitulatif basé sur les séquences de cytb de 17 espèces du genre <i>Gerbillus</i> par la méthode UPGMA .	54
29	Les similitudes entre la séquence de Mali de <i>G. tarabuli</i> avec les séquences de Mali et de Maroc 1 de <i>G. occiduus</i> par le programme BLAST.	56
30	Les similitudes entre la séquence Egypte 1 de <i>G. floweri</i> avec d'autres séquences de <i>G. perpallidus</i> , de <i>G. pyramidum</i> et de <i>G. floweri</i> par le programme BLAST.	57
31	Les similitudes entre la séquence de <i>G. amœnus</i> avec une séquence de la même espèce et celles de <i>G. nanus</i> par le programme BLAST.	57

Liste des tableaux:

N° de tableau :	Titre :	Page :
I	: Liste des séquences d'ADN trouvées dans la GenBank pour l'étude phylogénétique du genre « <i>Gerbillus</i> ».	Annexe II
II	: Les séquences d'ADN nucléaire et mitochondrial extraites de la GenBank pour le genre <i>Gerbillus</i> .	44
III	Les séquences du cytb utilisées dans la reconstruction phylogénétique des arbres.	Annexe II
IV	: Influence de la castration sur le poids corporel en pourcentage (%) chez les gerbilles mâles adultes <i>Gerbillus tarabuli</i> .	Annexe II
V	: Influence de la castration sur le dimorphisme pondérale surrénalien en pourcentage (%) chez la gerbille <i>Gerbillus tarabuli</i> .	Annexe II
VI	: Influence de la castration sur le poids des deux surrénales en pourcentage (%) chez la gerbille <i>Gerbillus tarabuli</i> .	Annexe II
VII	: Influence de la castration sur les hauteurs du cortex et de la zone glomérulée en pourcentage (%) chez les gerbilles <i>Gerbillus tarabuli</i> .	Annexe II
VIII	: Influence de la castration sur les concentrations plasmatiques en aldostérone en pourcentage (%) chez <i>Gerbillus tarabuli</i> .	Annexe II
IX	: Influence de la castration sur l'hématocrite en pourcentage (%) chez <i>Gerbillus tarabuli</i> .	Annexe II

GLOSSAIRE

- ✚ **Castration** : ablation chirurgicale des testicules (Orchidectomie bilatérale ; Ovarictomie) (**Cau, 2001**).
- ✚ **ADN mitochondrial** : est présent dans la matrice des mitochondries. C'est une molécule circulaire bicaténaire et sa taille diffère selon les organismes (**Oudot-Le secq, 2000**).
- ✚ **FASTA** : algorithme proposé par Pearson basé sur l'identification rapide de fragments strictement identiques entre la séquence cible et les séquences de la banque (**Comet, 1998**).
- ✚ **Alignement de séquences** : est une des opérations fondamentales dans le processus de la reconstruction phylogénétique, puisque c'est sur elle que se base beaucoup de résultats comme les mesures d'identité et la recherche d'homologies entre séquences (**Comet, 1998**).
- ✚ **UPGMA** : une méthode utilisée pour construire des arbres phylogénétiques si les séquences ne sont pas trop divergentes (**Golding et Morton, 2003**).
- ✚ **Espèces sœurs** : ce sont des espèces où les mouvements recombinants violent les liens de parenté entre ces espèces: une espèce récupère une partie du génome d'une autre, n'ayant parfois qu'un lien de parenté très éloigné de la première (**Larson, 1998**).
- ✚ **Bootstrap** : est une méthode souvent utilisée pour tester la fiabilité des branches internes des arbres phylogénétiques (**Felsenstein, 1985**).

RÉSUMÉ

Le rongeur du désert *Gerbillus tarabuli* constitue un bon modèle expérimental pour l'étude des mécanismes de développement qui permettent sa survie aux conditions de son environnement. L'objectif de notre travail repose sur deux volets, le premier consiste au positionnement de notre espèce *Gerbillus tarabuli* par rapport aux autres espèces du genre *Gerbillus* dans un arbre phylogénétique. L'arbre phylogénétique obtenu dans ce travail a été élaboré à l'aide du logiciel MEGA5 à partir de 61 séquences de *cytb* de l'ADNmt de 17 espèces qui appartiennent au genre *Gerbillus* et pris dans différentes régions géographiques. Le deuxième volet consiste à étudier les répercussions de la castration sur la fonction hydrominérale chez *Gerbillus tarabuli*. Pour cela 39 gerbilles de sexe mâle ont été utilisées. Capturées pendant la période de reproduction (fin d'hiver-début de printemps), ces gerbilles sont réparties en 3 lots (lot témoin : n=13 ; lot castré depuis 50 jours: n=13 et un lot castré depuis 50 jours et traité 7 jours à la testostérone: n=13). Après sacrifice par décapitation, les surrénales sont prélevées et pesées. La surrénale droite est fixée au formol à 10% pour l'étude structurale alors que le sang artérioveineux est récupéré dans des tubes à EDTA pour doser l'aldostéronémie par la technique RIA. L'ensemble des résultats phylogénétiques nous a permis de caractériser d'une part les espèces les plus proches à notre modèle d'étude *Gerbillus tarabuli* et d'autre part les espèces sœurs (cas de complexe (*G.nanus* / *G. amœnus*) et (*G.pyramidum* / *G.floweri* / *G.perpallidus*)). Les résultats physiologiques ont montré que la castration ne modifie pas le poids corporel alors qu'elle augmente le poids surrénalien surtout en valeur relative. L'étude structurale a révélée une hypertrophie du cortex surrénal, aucun changement de la zone glomérulaire (hauteur de la zone et de surface cellulaire), alors que l'aldostéronémie l'hématocrite subissent une diminution. Ces résultats suggèrent l'existence des actions adaptatives de la surrénale chez les gerbilles au cours de sa période de reproduction.

Mots clés : *Gerbillus tarabuli*, gène *cytb*, arbre phylogénétique, castration, Zone glomérulée,

Abstract

The rodents of the desert *Gerbillus tarabuli* constituent of good experimental models for the study of mechanisms of development allowing their survival conditions of their environment. As well as these studies led to this rodent adrenal-cortex functions. The aim of our study is based on two parts, the first consists of the positioning of our *Gerbillus tarabuli* sort compared with the other one which is *Gerbillus* in general phylogenetic tree, The phylogenetic tree obtained in this study has been elaborated by using a software MEGA5 starting from 61 sequences of the cytb of the DNAm of the 17th species which belong to the *Gerbillus* it's kind that also was taken in a various geographical. Second, it consists in studying the effects of the castration on the mineral-water function at *Gerbillus tarabuli*. For that 39 male gerbils were used. Captured for the period of reproduction (end of winter-beginning of spring), these gerbils are divided into 3 groups (control: n=13; castrated since 50 days: n=13 and a castrated since 50 days treaty 7 days with testosterone: n=13). After sacrifice by decapitation, the adrenal gland were removed and weighed. The right adrenal was fixed in 10% formalin for the structural study, whereas arterio-venous blood was recovered into EDTA tubes for aldosterone and hematocrit assay. Aldosterone was analyzed by RIA. All of phylogenetic results permit to characterize on the one hand the nearest kind to our study's model *Gerbillus tarabuli* and , in the other hand the sort of sisters in complex case (*G.nanus* / *G. amœnus*) and (*G.pyramidum* / *G.floweri* / *G.perpallidus*). The physiological results showed that castration does not modify the body weight whereas; increases in adrenal weight especially when in it relative. The structural study has reviled in hypertrophy on the adrenal cortex, no change of the glomeruloza zona (height of the zona and cellular area), whereas the aldosteronemia the hematocrit decrease. These results suggest the existence of the adaptive actions of the adrenal in the gerbils during its period of reproduction.

Key words: *Gerbillus tarabuli*, cytb gene, phylogenetic tree, castration, glomeruloza zona.

ملخص

القوارض الصحراوية "جربيل" تمثل نماذج تجريبية جيدة لدراسة آليات حياتهم في ظروف بيئتهم. وكذلك الدراسات التي تتعلق بالوظيفة لحاء الغدة الكظرية. وتستند هذه الدراسة على عنصرين: الأول هو تحديد موقع *Gerbillus tarabuli* بالمقارنة مع أنواع أخرى من جنس *Gerbillus* في شجرة النسب والتطور. شجرة النسب التي تحصلنا عليها في هذا العمل باستخدام البرنامج MEGA5 ابتداءً من 61 المورثة من السيتوكروم ب للحمض الريبي النووي الميتوكوندري من 17 نوع تنتمي إلى جنس *Gerbillus* وأخذت أيضاً في مناطق جغرافية مختلفة. والجزء الثاني يتضمن دراسة تأثير الإخصاء على نشاط لحاء الغدة الكظرية لدى الجربيل الذكر البالغ في موسم التكاثر (أواخر الشتاء وأوائل الربيع)، تم تقسيم الجربيل إلى 3 مجموعات (13 شاهد، 13 مخصي لمدة 50 يوماً، 13 محقونة بالهرمون التستوستيرون). بعد تضحيته وإستقطاع الغدة الكظرية ووزنها. نضع الغدة اليمنى في الفورمالين 10٪، لدراسة بنيتها النسيجية بينما تم جمع الدم الشريانية الوريدية في أنابيب EDTA لتحديد نسبة الألدوستيرون في البلازما والهيماتوكريت، حيث قيست نسبة الألدوستيرون بواسطة تقنية RIA. كل هذه النتائج مكنتنا من جهة، تحديد أقرب الأنواع إلى نوع *Gerbillus tarabuli* ومن جهة لأخرى تحديد الأنواع التي تدعى الأخوة و هي الحالات المعقدة:

(*G. nanus* / *G. amœnus*) و (*G. pyramidum* / *G. floweri* / *G. perpallidus*) تبين لنا أيضاً أن الإخصاء لا يحدث انخفاض في وزن الجسم، وزن الغدة الكظرية يزيد بشكل غير ملحوظ من حيث القيمة المطلقة والنسبية. وفيما يتعلق ببنية الغدة الكظرية، الإخصاء لا يسبب تغييرات نسيجية ومورفولوجية في منطقة الكبيبي من قشرة الغدة الكظرية. و نلاحظ أيضاً انخفاض في معدل الألدوستيرون والهيماتوكريت. وتشير هذه النتائج إلى وجود ردود فعل على التكيف من الغدة الكظرية عند الجربيل خلال موسم تكاثرها.

الكلمات الدلالية : *Gerbillus tarabuli*، المورثة السيتوكروم ب، شجرة النسب والتطور، الإخصاء، الكبيبية،

SOMMAIRE

INTRODUCTION	01
CHAPITRE I : RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES	
I.1. PRESENTATION DE L'ESPECE : « <i>Gerbillus tarabuli</i> »	03
I.1.1. Classification	03
I.1.2. Répartition des gerbilles « <i>G. tarabuli</i> »	03
I.1.3. Description morphologique	04
I.2. RAPPELS ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES	05
I.2.1. Reproduction et abondance	05
I.2.2. Glandes surrénales	05
I.2.3. Aldostérone	06
I.2.4. Interrelations gonades-surrénales	11
I.3. IDENTIFICATION PHYLOGENETIQUE	12
I.3. 1. Définition de la phylogénie	12
I.3. 2. Phylogénie moléculaire	12
I.3. 3. Etude phylogénétique	13
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	
II.1.1. Matériel non biologie	15
II.1.2. Matériel biologie	15
II.1.3. Expérimentation animale	15
II.1.4. Technique histologique	16
II.1.5. Etude morphométrique	18
II.1.6. Détermination de l'hématocrite	19
II.1.7. Détermination des concentrations plasmatiques en aldostérone par la technique (RIA).....	19
II.1.8. Analyses statistiques	22
II.2. Analyses moléculaires et phylogénétiques	23
II.2.1. Etapes d'analyses moléculaires	23
II.2.2. Etude de la GenBank	26
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	

III.1. PARTIE PHYSIOLOGIQUE.....	31
III.1.1. Effet pondéraux	31
III.1.1.1. Effet de la castration sur le poids corporel	31
III.1.1.2. Effets sur le dimorphisme pondéral des surrénales	33
III.1.1.3. Effets sur le poids des deux surrénales	34
III.1.2. Effet de la castration sur le cortex surrénal et sur la zone glomérulée cortiosurrénalienne	36
III.1.3. Effets sur les paramètres biochimiques	41
III.1.3.1. Effets sur les concentrations plasmatiques en aldostérone	41
III.1.3.2. Effets de la castration sur l'hématocrite	42
III.2. PARTIE PHYLOGENETIQUE.....	44
III.2.1. Résultats de la GenBank	44
III.2.2. Construction des arbres phylogénétiques	46
III.2.3. Arbre phylogénétique global du genre <i>Gerbillus</i>	52
III.2.4. Interprétation de différentes relations phylogénétiques entre différentes espèces du genre <i>Gerbillus</i>	58
CONCLUSION.....	61
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	65
ANNEXE I	
ANNEXE II	

Les gerbilles du genre *Gerbillus* (*Rodentia*, *Gerbillinae*) peuplent dans les milieux arides et semi-arides sahariens. **Parmesan (1996)**, **Hughes (2000)** et **Walther et al. (2002)** indiquent que la modification des aires de répartition d'un certain nombre d'espèces de ce genre est l'une des premières réponses, et la plus visible, aux fluctuations climatiques et/ou environnementales.

La large aire de répartition de ce groupe rend difficile de disposer d'échantillons représentatifs de ses différentes espèces en vue d'une étude systématique complète. Par ailleurs, beaucoup d'espèces ont une distribution réduite, voire ne sont connues que de la localité ou la région de description (**Granjon et Denys, 2006**). Malgré ces difficultés, quelques auteurs ont tenté de revoir l'ensemble de la systématique du genre, à l'échelle de toute sa distribution ou sur la partie africaine de celle-ci (**Petter, 1968 ; Lay, 1983 ; Musser et Carleton, 2005 ; Granjon, 2013**). D'autres études se sont uniquement focalisées sur une aire géographique donnée (**Setzer, 1956 ; 1958** au Soudan et en Egypte respectivement ; **Saint-Girons et Petter, 1965, Lay, 1975, Aulagnier et Thévenot, 1986** au Maroc ; **Ranck, 1968** en Libye; **Wassif et al., 1969** et **Osborn et Helmy, 1980** en Egypte; **Lay et Nadler, 1975** à l'Est de l'Euphrate en Irak; **Cockrum et al., 1976** en Tunisie; **Yalden et al., 1996** en Ethiopie et Erythrée; **Granjon et al., 2002** au Mali, **Dobigny et al., 2002** au Niger).

Notre modèle d'étude *Gerbillus tarabuli* est une espèce qui fait partie de ce genre. Il est distribué dans tout le nord de l'Afrique, du Maroc à Lybie, et de la Mauritanie au Tchad (**Granjon et al., 1999**). Arrivée récente au Sénégal interprété comme une extension de distribution vers le sud, liée à la désertification (**Duplantier et al., 1991**) et ainsi dans la région semi désertique en l'Algérie (**Granjon et al., 1992 ; Duplantier et al., 1991**).

Nous avons choisi cette espèce comme animal de laboratoire car les conditions relativement faciles d'élevage et de manipulation de cet animal ont favorisé l'extension de ce travail.

Nous avons organisé notre travail en deux grandes parties. Le but de la première partie est de trouver les répercussions d'effet d'une castration suivie d'un traitement à la testostérone en période de reproduction chez *Gerbillus tarabuli* sur la zone glomérulée de la corticosurrénale qui va être abordé sur plusieurs angles. Cette recherche est basée d'une part sur la détermination de certains paramètres physiologiques : pondéraux (poids corporel, surrénalien) ; histologiques (la zone glomérulée corticosurrénalienne) et biochimiques (aldostérone et l'hématocrite). La partie pratique est réalisée dans le laboratoire de recherche

sur les zones arides (LZRA) de l'université des sciences et technologie Houari Boumediene (USTHB).

La deuxième partie fournit sur l'étude phylogénétique qui est basée sur la comparaison interne de *Gerbillus tarabuli* avec d'autres espèces de genre *Gerbillus* au niveau moléculaire à partir des données qui se trouvent au niveau de la GenBank, qui fait l'objet de notre étude, afin de positionner cette espèce dans l'arbre phylogénétique par rapport aux autres espèces qui appartiennent au même genre « *Gerbillus* », résultat qui va servir de guide pour de futures travaux physiologiques et dans les choix des modèles biologique utilisé.

Nous commençons le chapitre I par des données bibliographiques, nous avons divisé ce chapitre en trois parties:

- Nous allons tenter de présenter précisément notre modèle d'étude *Gerbillus tarabuli*, leur classification et leur distribution géographique en Afrique et particulièrement en Algérie.
- Nous allons porter sur la physiologie du *Gerbillus tarabuli* où nous allons tenter de mettre en évidence l'anatomie et l'histologie de la surrénale en particulier la zone glomérulée corticosurrénalienne qui sécrète les minéralocorticoïdes principalement l'Aldostérone, nous présenterons son biosynthèse et sa régulation et nous abordons aussi l'interrelation entre les gonades et les surrénales.
- Nous allons définir la phylogénie et nous avons cité les différents marqueurs phylogénétiques qui aident à la reconstruction phylogénétique des espèces.

Le chapitre II fournit le matériel et les méthodes que nous utiliserons pour la réalisation de notre étude, dans le chapitre III, nous rapportons les résultats obtenus ainsi qu'une discussion à la lumière des données bibliographiques.

Enfin, nous terminerons ce mémoire par une conclusion générale où nous dégagerons les principaux résultats ainsi que les perspectives ouvertes par ce travail.

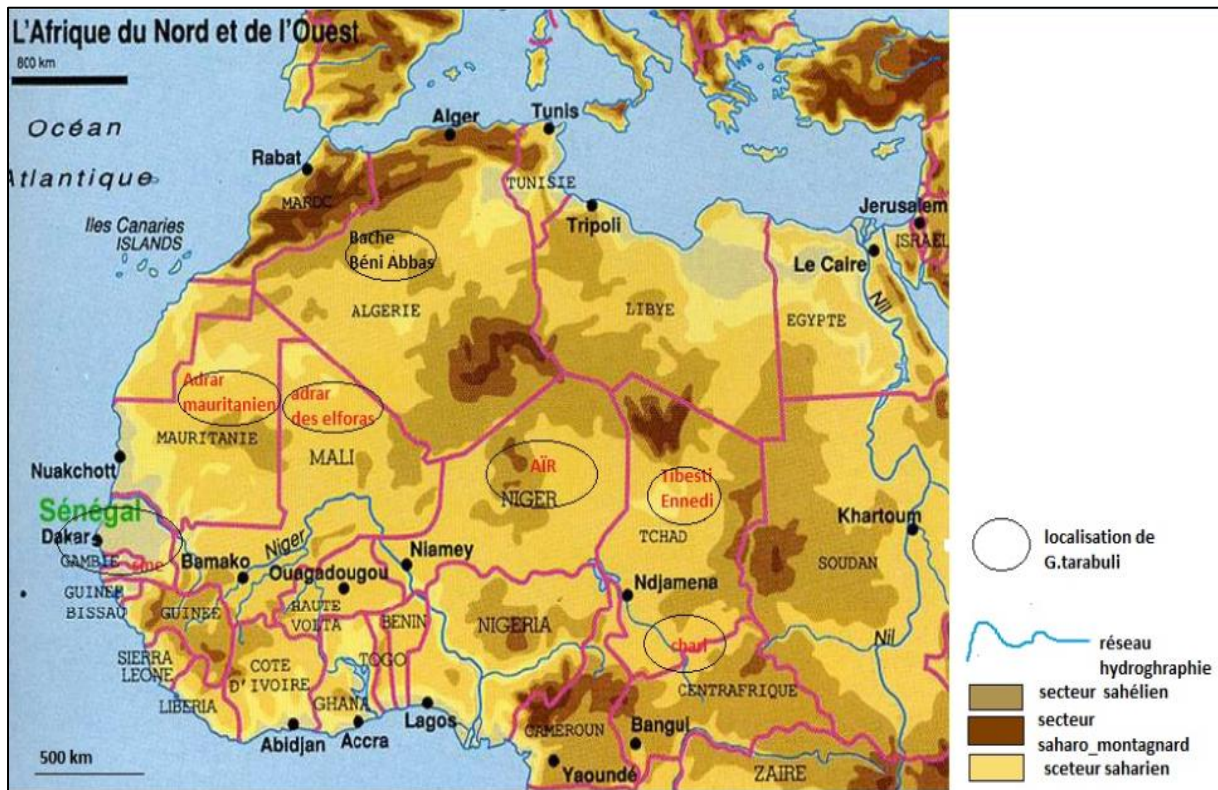


Figure 2 : Répartition géographique des *G. tarabuli* dans l'Afrique

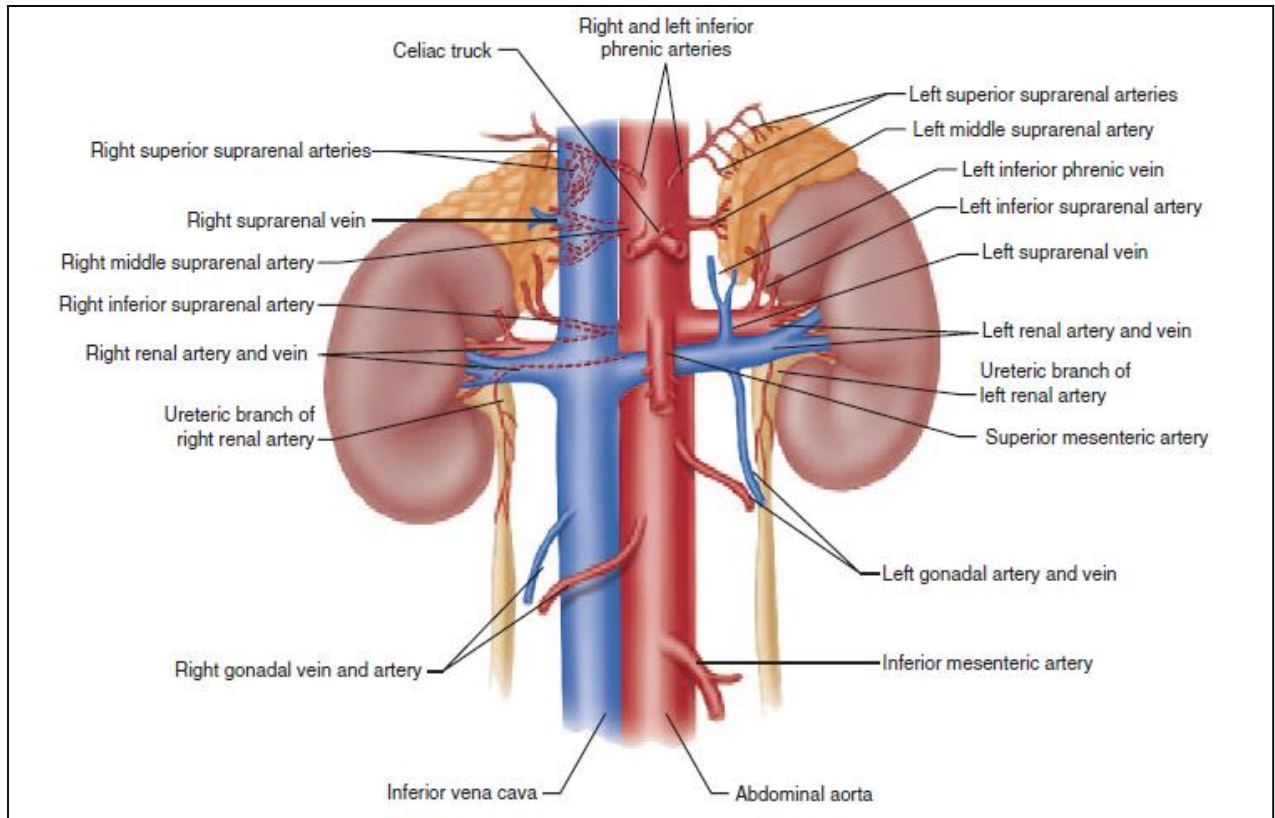


Figure 3: Localisation des glandes surrénales (Delmas *et al.*, 2008)

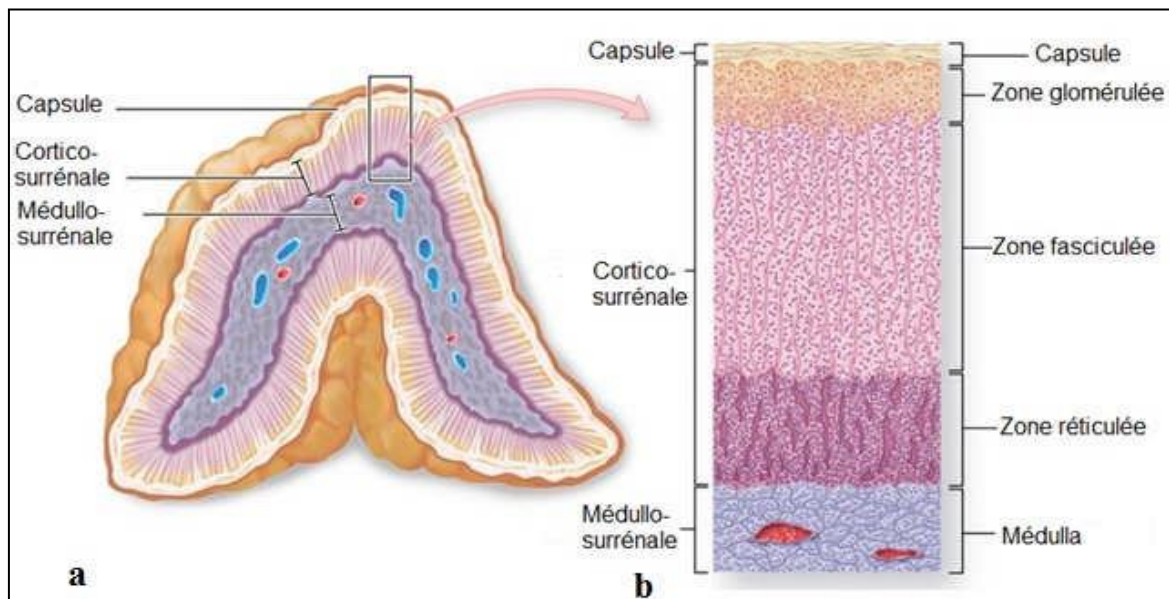


Figure 4 : Structure générale de la glande surrénale (a et b) (Hanna, 2010).

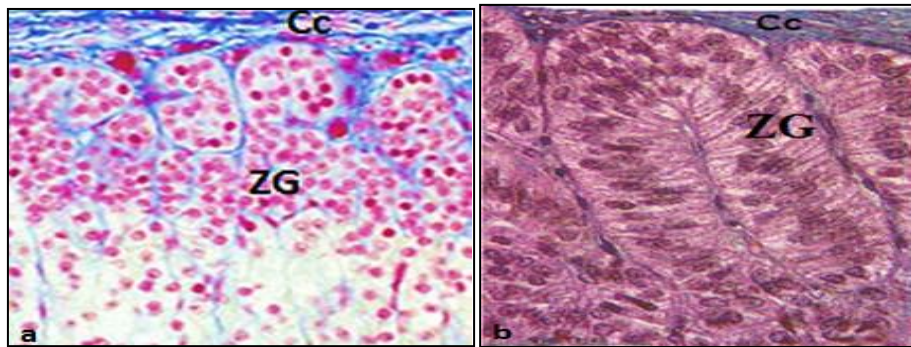


Figure 5: Structure de la zone glomérulée chez le rat (Mitani et al., 2002).

Cc : Capsule conjonctive ; ZG : Zone glomérulée

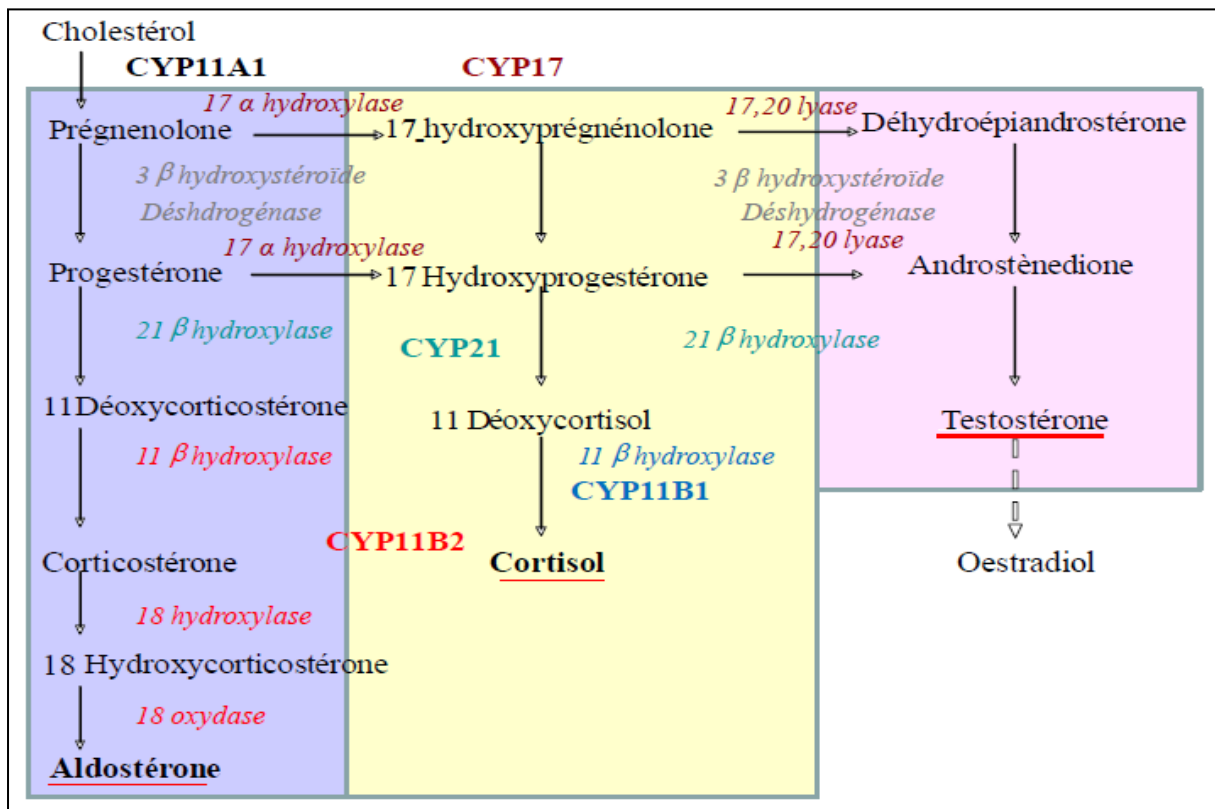


Figure 6: Biosynthèse des hormones stéroïdes dans le cortex surrénal (Amar, 2012).

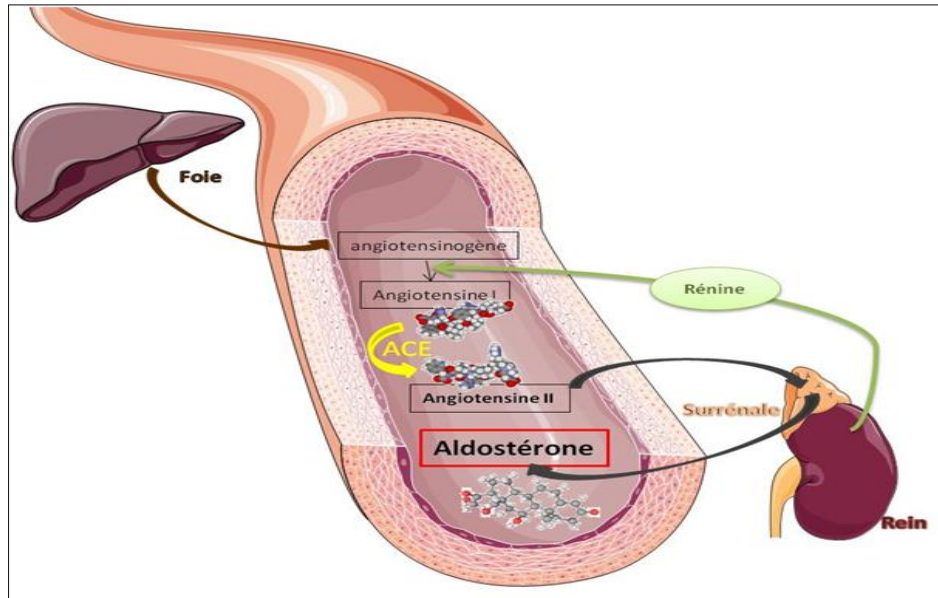


Figure 8: Système rénine angiotensine aldostérone (Amar, 2012).

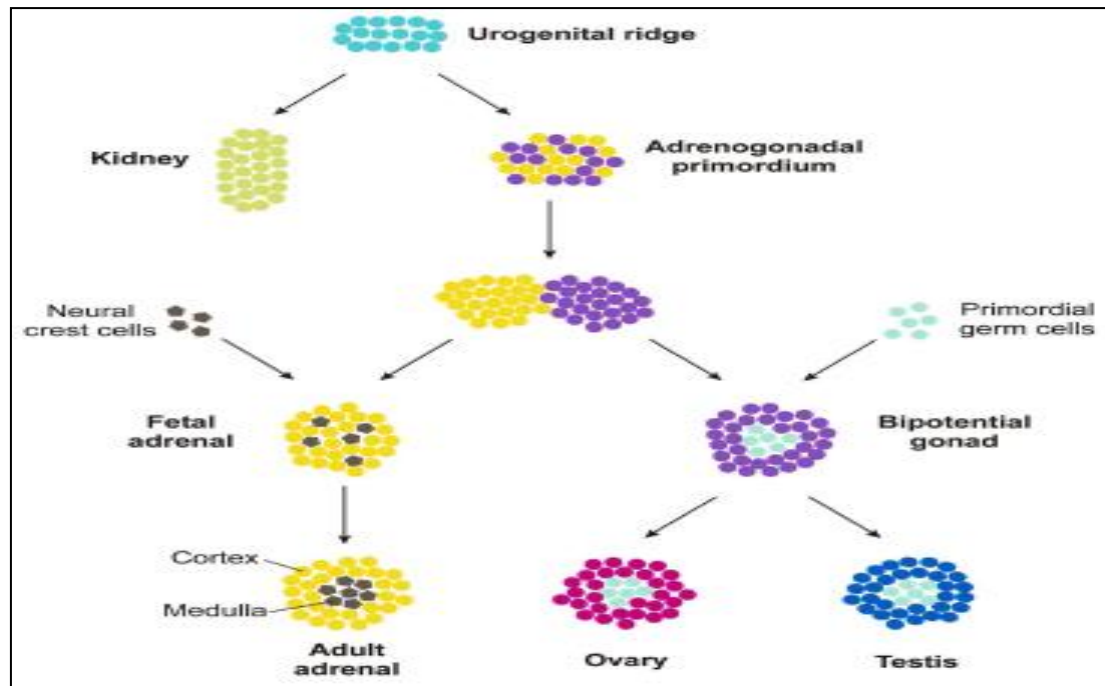


Figure 9 : Développement de la glande surrénale et des gonades à partir des crêtes urogénitales (Keegan et Hammer, 2002).

I.1. PRESENTATION DE L'ESPECE

I.1.1. Classification

Gerbillus tarabuli est une espèce qui fait partie du genre *Gerbillus*, et considérée comme valide, distincte de *G. pyramidum* (Lya, 1983), qui regroupe des rongeurs de la famille des Muridés que l'on trouve dans les zones arides et dans presque tout le nord-ouest de l'Afrique (Granjon et al., 1999). Selon Thomas (1902), la classification systématique de ce petit mammifère est la suivante :

Embranchement	: Vertèbres
Classe	: Mammifères
Sous/Classe	: Placentaires
Ordre	: Rodentia
Sous/Ordre	: Sciurognati
Intra Ordre	: Mymorpha
Super famille	: Muridae
Famille	: Gerbillidae
Sous-famille	: Gerbillinae
Genre	: <i>Gerbillus</i>
Espèce	: <i>G.tarabulli</i>



Figure 1 : *Gerbillus tarabuli* (original, 2016)

I.1.2. Répartition des *G. tarabuli*

Cette espèce est capable d'occuper une large gamme d'habitat naturelles à anthropisés sur substrat sableux (Petter, 1961 ; Granjon, 2009). En Mauritanie, on les trouve au niveau des dunes fixes et des plaines sablo-argileuses (Klein et al., 1975 ; Granjon et al., 1997), caractérisées par l'association Capparis-Panicum dans la région d'Azzefal (Klein et al., 1975). Au Mali et au Niger, elle fréquente des dunes de sable avec *Acacia spp* ou *Prosopis africana*. (Granjon et Duplantier, 2009) (Figure 2).

a) Distribution en Afrique

Largelement distribuée dans tout le nord de l'Afrique, du Maroc à la Lybie, et du Mauritanie au Tchad (Granjon et al., 1999). Arrivée récente au Sénégal interprétée comme une extension de distribution vers le sud, liée à la désertification (Duplantier et al., 1991).

b) Distribution en Algérie

Gerbillus tarabuli colonisé dans la région semi désertique en Algérie (**Granjon et al., 1992 ; Duplantier et al., 1991**). Ce genre provenant de la région de Béni-Abbés (à 263 Km au Sud-Ouest de Béchar) situant en bordure ouest du grand erg occidental sur la rive gauche de l'Oued Saoura, à une altitude moyenne de 400 à 500 m, à 30°7' de l'altitude Nord et 2°10' de longitude Ouest. Elle regroupe différents paysages typiquement sahariens : l'Erg, la Hamada, et l'Oued (**Dekar et Benjelloul, 2002**).

I.1.3. Description morphologique

Gerbillus tarabuli est une petite gerbille à pelage dorsal variant de la couleur sable à orange brun claire, plus claire sur les flancs. Pelage ventral blanchâtre à blanc pur, avec une ligne de démarcation plus ou moins nette entre flancs et ventre. Les taches pré-orbitaires, supra-orbitaires, post-auriculaires et les pieds et mains sont blancs. Les pieds longs à soles plantaires sont couverts de poils de longueur variable suivant les individus et les populations (**Granjon et Duplantier, 2009**). La tête est plus ou moins inclinée et dirigée vers l'avant, portant de gros yeux globulaires et de grandes oreilles pigmentés. Les pattes postérieures et antérieures sont blanches, la longueur de la patte postérieure est généralement supérieure à 32 mm (**Berre, 1990**). *Gerbillus tarabuli* est caractérisée par un caryotype (2n=40) qui la distingue d'une autre espèce très semblable, *Gerbillus pyramidum* (2n=38) (**Granjon et al., 1999 ; Dobigny et al., 2002**). Les caractéristiques dentaires sont les suivant :

$$\text{Formule dentaire: } \frac{1i-0c-0p-3m}{1i-0c-0p-3m}$$

Les mensurations suivantes servent à reconnaître cette espèce : (**Granjon et Dobigny, 2002**)

(TC): la longueur totale tête-corps : 94,9 mm (76 - 109).

(Q): la longueur de la queue: 132,3mm (110 - 148).

(P): la longueur du pied postérieur est mesurée depuis le talon jusqu'à l'extrémité des griffes : 28.6 mm (26 - 31).

(O) : la mesure de l'oreille depuis la base de l'échancrure jusqu'au bord libre du pavillon : 13,5mm (11,5 - 14,5).

Le poids corporel chez l'adulte est de 30 à 56 g.

(ON): la longueur occipito-nasale est mesurée depuis le bord supérieur du trou occipital Jusqu'à l'extrémité antérieure des os nasaux.

(m) : la rangée molaire supérieure.

I.2. RAPPELS ANATOMO-PHYSIOLOGIQUES

I.2.1. Reproduction et abondance

Principalement période de reproduction de cette espèce est en fin d'hiver et au printemps (Février, Mars, Avril), et repos sexuel dès la fin du printemps (Mai - Juin) jusqu'à au minimum en Septembre Octobre (**Kassir, 1983**), le nombre moyen d'embryons par femelle entre 3 et 6 (**Klein et al., 1975**). Densité variant entre 0.2 et 2 individus / ha au cours de l'année (**Klein et al., 1975**) et le taux de captures variant de 3 à 5.3 individus/ 100 nuits (**Granjon et al., 1997**).

I.2.2. Glandes surrénales

a) Anatomie de la glande surrénale

Les glandes surrénales se présentent comme de petites structures pyramidales localisées au sommet des reins. Chaque glande constituée d'un cortex externe jaunâtre (80 à 90% des glandes) et d'une médullaire interne rougeâtre (10 à 20%). Le cortex surrénalien (corticosurrénale) est d'origine mésodermique et produit les hormones stéroïdes (**Kierszenbaum, 2002**). La médullaire surrénalien (médullosurrénale) est d'origine neuro-ectodermique et produit des catécholamines (**Anctil et al., 2006**). Elles sont grossièrement de forme ovoïde chez le rat et se retrouvent au-dessus, de façon postéromédiale ou occasionnellement attachées aux pôles supérieurs des reins. Toutefois, la glande droite est généralement plus basse et légèrement plus latérale que la glande gauche (**Tortora et Grabowski, 1994**) (Figure 3).

b) Histologie de la corticosurrénale :

La corticosurrénale est constituée d'un parenchyme glandulaire hétérogène entouré d'une mince capsule de tissu conjonctif lâche riche en fibres de collagène (Figure 4a). Le parenchyme de la corticosurrénale est formé de 3 zones concentriques ayant chacune un équipement enzymatique spécifique et un rôle physiologique particulier (Figure 4b).

Les amas de cellules forment la zone glomérulée, en surface, produisent principalement les minéralocorticoïdes, des hormones qui concourent à l'équilibre hydro-électrolytique du sang. Au milieu, les cellules de la zone fasciculée forment des cordons plus ou moins rectilignes et sécrètent les hormones métaboliques appelées glucocorticoïdes. Enfin, les cellules de la zone réticulée, la partie la plus interne, sont contiguës à la médulla surrénale et

sont disposées en réseaux; elles élaborent de petites quantités d'hormones sexuelles surrénaliennes. Bien que chaque zone ait sa « spécialité », les trois fabriquent l'ensemble des corticostéroïdes (**Marieb, 1998**).

c) Zone glomérulée de la corticosurrénale :

Est un zone sous capsulaire étroite dont la face interne est accolée à la zone fasciculé. Cette zone constituée de cellules disposées d'une manière concentrique, entourée d'un tissu du soutien contenant des capillaires. Les cellules contiennent quelques gouttelettes lipidiques et un réticulum endoplasmique lisse bien développé. Les cellules de la zone glomérulée sécrètent une hormone méninlocorticoïde, l'aldostérone sous le contrôle de l'angiotensine II (**Kierszenbaum, 2002**). Chez le rat, les cellules glomérulées sont hautes et étroites possédant un noyau sphérique, volumineux, hyperchromatique et central avec un ou deux nucléoles (**Mouriquand, 1977; Mitani et al., 2002**) (Figure 5).

Des études structurales de la surrénale chez les rongeurs déserticoles ont montré que la zone glomérulaire de *Psammomys obesus* est mince et comprend des cordons cellulaires repliés et contournés en arc. Les cordons sont séparés par de gros vaisseaux sinueux et ramifiés. Les cellules glomérulées sont petites et polyédriques (**Omari et al., 2007**).

Chez le rat, le cytoplasme moins abondant est bourré de réticulum endoplasmique lisse (REL) et des ribosomes libres ou en groupes, de glycogène, peu d'éléments du réticulum endoplasmique rugueux, de nombreuses mitochondries rondes ou ovales et des liposomes excentriques (**Sabatini et Derobertis, 1961 ; Idelman, 1966 ; Wassermann et Wassermann, 1974 ; Wheeler et al., 2001**).

Les crêtes mitochondriales sont tubulaires (**Sabatini et Derobertis, 1961**) chez *Psammomys obesus*, le cytoplasme montre un réticulum endoplasmique lisse développé et de nombreuses mitochondries rondes ou ovoïdes possédant des crêtes tubulaires transversales (**Omari et al., 2007**).

I.2.3. Aldostérone

a) Biosynthèse

Chez les mammifères, la production d'aldostérone provient essentiellement de la zone glomérulée de la surrénale (**Hattangady, 2012**). L'aldostérone est synthétisée lors d'une cascade enzymatique qui met en jeu trois cytochromes P450 différents et une hydroxystéroïde déshydrogénase (Figure 6).

Comme toutes les hormones stéroïdes, les cellules de la zone glomérulée utilisent le cholestérol comme précurseur de la stéroïdogénèse. Celui-ci peut provenir de différentes sources:

- ✓ L'endocytose des LDL circulants et leur stockage dans les endosomes.
- ✓ La synthèse de novo à partir d'esters de cholestérol dans le réticulum endoplasmique.

Ce cholestérol libre est transporté à l'intérieur de la mitochondrie par la protéine StAR (Steroidogenic Acute Regulatory protein). Cette première étape constitue une étape clé de la régulation de la biosynthèse de l'aldostérone comme nous l'aborderons dans le paragraphe suivant. Cette protéine est régulée au niveau transcriptionnel et post traductionnel (**Manna, 2009**).

La première réaction de la stéroïdogénèse est la conversion du cholestérol en prégnénolone, catalysée par l'enzyme P450_{scc} (side chain clivage). Cette enzyme, codée par le gène *CYP11A1* situé sur le chromosome 15 (**Lieberman, 2001**), clive la chaîne latérale du cholestérol en 3 réactions (une 20 α -hydroxylation, une 22-hydroxylation et la coupure de la liaison entre C-20 et C-22). La prégnénolone est alors relarguée dans le cytosol où elle est convertie en progestérone par déshydrogénation du groupe 3 β -hydroxyl et par isomérisation de la double liaison en C-5 par la 3 β -déshydrogénase, localisée à la membrane du réticulum endoplasmique lisse.

La progestérone est ensuite 21-hydroxylée par l'enzyme 21-hydroxylase, codée par le gène *CYP21A*, localisée à la surface du réticulum endoplasmique lisse pour produire la 11-déoxycorticostérone [DOC] (**Shinzawa, 1988**). La conversion de la DOC en aldostérone se fait ensuite par trois réactions enzymatiques consécutives : une 11 β -hydroxylation de la DOC pour former la corticostérone, une 18-hydroxylation menant à la 18-hydroxycorticostérone (18-OH-B) et enfin une 18-méthyloxidation pour la production d'aldostérone (Figure 7). Ces réactions enzymatiques sont catalysées par l'aldostérone synthase [AS], localisée au niveau de la membrane interne mitochondriale, codée par le gène *CYP11B2* (cytochrome P450, family 11, subfamily B, polypeptide 2).

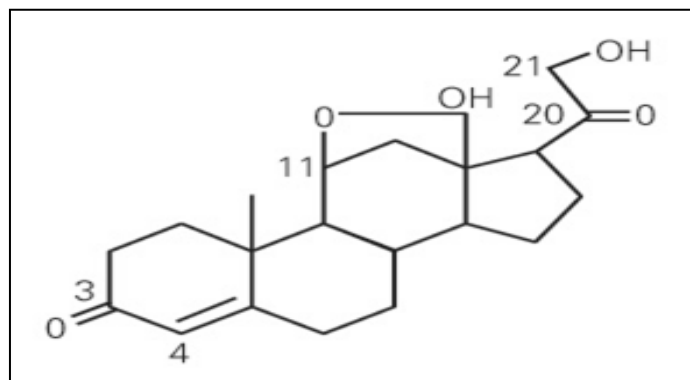


Figure 7: Structure de l'aldostérone (Richard, 1997 ; Agarwal et Mirshahi, 1999).

b) Régulation de la biosynthèse d'aldostérone

La régulation de la synthèse d'aldostérone suite à un stimulus est divisée en deux événements clés dans la stéroïdogénèse (Hattangady, 2012) :

❖ En aigu, quelques minutes après le stimulus, la production d'aldostérone est régulée par le transfert du cholestérol dans la mitochondrie où il est converti en prégnénolone. Cette étape, appelée « étape de régulation précoce », est due à une augmentation de l'expression et de la phosphorylation de la protéine StAR (Manna, 2003).

❖ En chronique (de quelques heures à quelques jours), la production d'aldostérone est régulée au niveau des enzymes impliquées dans la synthèse d'aldostérone, et tout particulièrement *CYP11B2* (Bassett, 2004).

En conditions physiologiques, le contrôle de la production d'aldostérone met en jeu différentes voies:

1. Régulation endocrine

➤ Le Système Rénine-Angiotensine

L'angiotensine II est l'octapeptide effecteur du système rénine-angiotensine-aldostérone. C'est par ce biais que l'aldostérone est régulée par la rénine de façon indirecte.

Différents stimuli contribuent à la libération de rénine :

- Une baisse de la pression de perfusion rénale détectée directement par les barorécepteurs intra-rénaux ; ce qui induit une diminution de la concentration intracellulaire de calcium et une augmentation de la sécrétion de rénine. Inversement, une augmentation de la pression de perfusion rénale inhibe la sécrétion de rénine.
- Une variation de la charge sodée de la macula densa.

- Une stimulation du système sympathique : les cellules juxtaglomérulaires sont innervées par des fibres nerveuses sympathiques. L'activation des nerfs rénaux sympathiques et la stimulation des récepteurs β -adrénergiques augmentent la sécrétion de rénine (**King, 1993**).

La rénine synthétisée par les cellules juxtaglomérulaires rénales clive l'angiotensinogène, α -globuline synthétisée par le foie en angiotensine I. L'angiotensine I, décapeptide inactif, est ensuite clivée essentiellement par l'enzyme de conversion de l'angiotensine endothéliale et circulante pour être convertie en angiotensine II (**Amar, 2012**) (Figure 8). D'autres enzymes peuvent aussi convertir l'angiotensine I en angiotensine II mais à un moindre niveau.

L'angiotensine II se fixe à son récepteur AT1, activant plusieurs voies de signalisation parmi lesquelles la voie calcique, la voie de la famille des src des tyrosines kinases et la voie de la 12-lipooxygénase (**Bassett, 2004**).

La liaison de l'angiotensine II à son récepteur induit une augmentation de la production d'inositol 1, 4,5-triphosphate [IP3] par l'activation de la phospholipase C. L'IP3 se lie à son récepteur situé au niveau du réticulum endoplasmique, ce qui entraîne un relargage des stocks intracellulaires de calcium et donc une augmentation de la concentration intracellulaire de calcium.

L'angiotensine II entraîne également l'inhibition des canaux potassiques TASK (Twikacid-sensitive K channel) conduisant ainsi à une dépolarisation de la cellule, ce qui a pour conséquence l'activation de canaux calciques voltage dépendants de type L et T et l'entrée de calcium dans la cellule (**Spat, 2004**).

➤ **Hormone antidiurétique ou arginine vasopressine :**

Le système nerveux central participe dans la régulation de la sécrétion de l'aldostérone par la libération de l'arginine vasopressine (AVP) (**Payet et al., 1984; El Fazaa et al., 2000; Rault, 2006; Elliott et Hall, 2008; Espallergues et al., 2008**).

La vasopressine ou hormone antidiurétique est une hormone peptidique synthétisée principalement par les noyaux supraoptique et paraventriculaire de l'hypothalamus et libérée par l'hypophyse postérieure (**Burbach et al., 2001**). Elle a des effets positifs sur le système rénine-angiotensine-aldostérone, sur la sécrétion de l'ACTH et sur l'activité stéroïdienne et mitotique et de la zone glomérulée. L'interaction de l'AVP avec son récepteur spécifique V1 stimule la prolifération des cellules glomérulées et la biosynthèse de l'aldostérone (**Payet et al., 1980, 1984; Mazzocchi et al., 1993; Pradier et Dalle, 1996; El Fazaa et al., 2000; Inoue et al., 2001; Sharshar et Annane, 2008**).

2. Régulation paracrine

La régulation paracrine fait intervenir des signaux, ou transmetteurs provenant des cellules se trouvant à proximité. Différents facteurs ont été décrits, l'adrénaline, la noradrénaline... *etc.*

➤ L'ACTH

Le rôle de l'ACTH dans la transcription de *CYP11B2* et dans la production d'aldostérone semble secondaire. En effet, chez des souris qui ont subi une inactivation des cellules hypophysaires corticotropes, l'activité *CYP11B2* peut être maintenue avec de très faibles quantités d'ACTH, ce qui n'est pas le cas pour *CYP11B1* (Allen, 1995). De plus bien que l'ACTH augmente la production d'aldostérone en aigu aussi bien *in vivo* que *in vitro*, l'administration en chronique d'ACTH diminue l'expression de *CYP11B2* et la production d'aldostérone dans les modèles animaux (Bassett, 2004). Les mécanismes en cause ne sont pas encore clairement élucidés. L'ACTH induit une augmentation de l'AMP cyclique qui inhiberait l'expression des récepteurs de l'angiotensine II au niveau des cellules de la glomérulée (Bird, 1994).

3. Régulation autocrine

La régulation autocrine (par la cellule elle-même) de la biosynthèse de l'aldostérone est plus marginale. Elle fait intervenir notamment des facteurs de croissance (IGF, EGF, FGF, TGF β) ainsi que des interleukines.

c) Action de l'aldostérone

L'aldostérone exerce ses effets sur de nombreux tissus. Ses cibles classiques sont les tissus épithéliaux comme le rein, le colon, les glandes salivaires et les glandes sudoripares. Il a été montré plus récemment que l'aldostérone peut exercer des effets sur d'autres tissus comme le cœur et les vaisseaux.

1. Effets Génomiques

Classiquement les effets de l'aldostérone sont médiés par le récepteur minéralocorticoïde [MR]. Il appartient à la superfamille des récepteurs nucléaires.

En présence d'aldostérone, le MR change de conformation, se dimérise puis est transloqué dans le noyau de la cellule. Il se lie alors à des séquences spécifiques appelées Hormone Response Element (HRE) présents au niveau des régions promotrices des gènes cibles de l'aldostérone conduisant l'activation ou à la répression de la transcription de ces gènes.

L'action principale de l'aldostérone est la régulation de la balance hydrosodée, du métabolisme du potassium, et de la pression artérielle [PA] en agissant sur les transports ioniques essentiellement au niveau rénal (le tubule contourné distal, le tube connecteur distal et le canal collecteur). Dans ces tissus épithéliaux cibles, le MR est co-exprimé avec une enzyme, la 11 β hydrostéroïde déshydrogénase de type 2 [11 β -HSD2] qui assure la sélectivité minéralocorticoïde en transformant le cortisol en cortisone qui ne se lie pas au MR.

Dans ces tissus, l'aldostérone stimule en particulier la réabsorption de sodium et l'excrétion de potassium en impliquant deux transporteurs membranaires: le canal épithélial à sodium sensible à l'Amiloride [ENaC], localisé à la membrane apicale des cellules épithéliales, et la pompe Na⁺/K⁺ ATPase, localisée à la membrane basolatérale (**Rogerson, 2004**). En plus de ses effets directs sur l'expression des transporteurs, l'aldostérone stimule également l'activation de cascades de signalisation qui modulent l'activité de ces transporteurs.

2. Effets non génomiques

L'aldostérone a également des effets non génomiques, c'est-à-dire ne passant pas par la transcription de gènes, médiés ou non par le MR. Ces effets ont lieu dans les minutes, voire dans les secondes, qui suivent le traitement à l'hormone, et ne sont pas affectés par des antagonistes du MR (**Thomas, 2011**). De plus ces effets ne sont pas bloqués par l'actinomycine D, agent intercalant de l'ADN qui inhibe la transcription des ARN messagers (**Funder, 2005**).

Par exemple un travail récent de Gros et collaborateurs a montré l'action rapide de l'aldostérone dans les cellules musculaires lisses via un récepteur orphelin couplé aux protéines G : le GPR30 (**Gros, 2011**). En effet, l'aldostérone induit l'apoptose de cellules de l'endothélium vasculaire. Ces effets ne sont inhibés que partiellement par les antagonistes minéralocorticoïdes.

Il a également été montré que l'aldostérone diminue la contractilité des trabécules dans l'oreillette et le ventricule, et potentialise la réponse contractile des artères coronaires à l'angiotensine II. Ces effets ne sont pas inhibés par les antagonistes du MR (**Chai, 2005**).

I.2.4. Interrelations gonades-surrénales:

La corticosurrénale et la gonade ayant une origine embryologique commune puisqu'elles dérivent des crêtes uro-génitales (**Keegan et Hammer, 2002**) (Figure 9), présentent des interrelations qui peuvent être soit directes soit indirectes par le biais de LH, FSH et ACTH hypophysaires ou GnRH et CRH hypothalamiques.

I.3. IDENTIFICATION PHYLOGENETIQUE

I.3.1. Définition de la phylogénie

La définition actuelle de la phylogénie est : « le cours historique de la descendance des êtres organisés ». Le terme lui-même date de la fin du 19e siècle (inventé par Haeckel, 1866) et avait alors le sens de « l'enchaînement des espèces animales ou végétales au cours du temps ». La phylogénie est donc une des héritières des méthodes de classification du monde vivant. Cependant, on distingue actuellement rarement la classification et la phylogénie, puisque, comme Darwin le suggérait, toute classification légitime des êtres vivants doit être «généalogique » (**Jourdan, 2006**).

I.3.2. Phylogénie moléculaire

La phylogénie moléculaire consiste à reconstruire les relations de parenté entre les séquences de nucléotides ou d'acides aminés. Elle permet d'étudier l'évolution des séquences et la relation de parenté entre espèces. La nature quantitative des relations, ainsi établies, a permis le développement de méthodes et de règles rigoureuses pour la construction des arbres phylogénétiques (**Cheikh, 2006**). Elle étudie l'histoire évolutive des espèces étudiées à la base d'une portion de leur séquence moléculaire (**Diallo, 2009**).

La phylogénie moléculaire est basée sur les principes suivants :

- Les mutations se produisent au hasard,
- Les mutations s'accumulent au cours du temps,
- Les mutations se produisant chez un individu et se fixent dans sa descendance.

Pour reconstituer des phylogénies, on peut utiliser différents gènes, ou les protéines correspondantes, appelés marqueurs phylogénétiques (**Alauzet, 2009**).

Un marqueur génétique est basé sur la variation dans le génome, cette variation est aussi nommée polymorphisme. Selon le niveau taxonomique étudié, il est essentiel de choisir un type de marqueur qui lui est adapté. Par exemple, si le but visé est de distinguer des groupes d'individus au niveau de l'espèce, les marqueurs utilisés devront être plus conservés que dans le cas des études de populations (**Beaulieu, 2007**).

Les polymorphismes ADN peuvent être détectés dans l'ADN nucléaire et l'ADN d'organites, trouvé dans les mitochondries et les chloroplastes. Les marqueurs moléculaires

concernent la molécule d'ADN elle-même, et, comme tels, sont considérés comme des mesures objectives de la variation (**Vicente et Fulton, 2003**).

1. Marqueurs d'ADN nucléaire :

Un certain nombre de marqueurs sont à présent disponibles pour détecter les polymorphismes d'ADN nucléaire. Dans les études sur la diversité génétique, les marqueurs les plus fréquemment utilisés sont les microsatellites (**Rischkowsky et Pilling, 2008**).

2. Marqueurs d'ADN mitochondrial:

Les polymorphismes d'ADN mitochondrial (ADNmt) ont été largement utilisés lors des analyses de la diversité phylogénétique et génétique. L'ADNmt haploïde transporté par les mitochondries du cytoplasme cellulaire, possède un mode maternel d'hérédité (les animaux héritent l'ADNmt de leurs mères et non de leurs pères) et un taux de mutation élevé ; il ne se recombine pas. Ces caractéristiques consentent aux biologistes de reconstruire les relations évolutives intra et interraciales par l'évaluation des modèles de mutation de l'ADNmt.

Les marqueurs d'ADNmt peuvent également fournir un moyen rapide de détecter l'hybridation entre les espèces et les sous-espèces d'animaux d'élevage (**Nijman et al., 2003**) ou même sauvage.

I.3.3. Etude phylogénétique :

L'élaboration de technologies à haut débit serait inutile si l'on ne disposait pas des capacités d'analyse des données biologiques en croissance exponentielle. Ces données doivent se stocker dans des bases de données électroniques associées à des logiciels spécialement conçus pour la mise à jour, l'interrogation et l'extraction. Les informations doivent être facilement accessibles et flexibles aux interrogations pour faciliter l'extraction des informations pouvant être analysées pour éclaircir les voies métaboliques et le rôle des protéines et des gènes impliqués (**Rischkowsky et Pilling, 2008**).

La bioinformatique est fondamentale pour associer les informations provenant de sources différentes et générer une connaissance nouvelle à partir de données existantes. Elle dispose également des potentialités pour simuler la structure, la fonction et la dynamique des systèmes moléculaires et est donc utile pour la formulation des hypothèses et pour la conduite du travail expérimental (**Rischkowsky et Pilling, 2008**).

Pour réaliser une phylogénie, un bon nombre de programmes informatiques sont disponible sur la grande toile avec plus de 367 logiciel (**Djekoun et Hamidechi, 2010**).

Cette étude est réalisée au niveau du laboratoire de recherche sur les zones arides (LRZA), de l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB) d'Alger sur une période étalée du mois de Février au mois de Mai.

Notre étude sera présentée en deux parties :

- ✚ Une partie physiologique, dont l'intérêt est d'étudier les répercussions de la castration sur la fonction minéralocorticoïde chez la gerbille « *Gerbillus tarabuli* » de sexe mâle.*
- ✚ Une partie génétique, dont l'intérêt est d'étudier la phylogénie du genre *Gerbillus*, afin de trouver la position exacte de l'espèce *G. tarabuli* dans l'arbre phylogénétique.*

II.1. MATERIEL ET METHODES PHYSIOLOGIQUES

II.1.1. Matériel non Biologique

L'ensemble du matériel non biologique utilisé dans ce mémoire est présenté en annexe I.

II.1.2. Matériel Biologique

a) Animal

Dans le cadre de notre expérimentation, nous avons utilisé comme modèle une gerbille saharienne, *Gerbillus tarabuli*, ramené de la région de Béni-Abbès willaya de Béchar.

b) Capture et élevage des gerbilles

Les gerbilles sont capturées en mois d'Avril de l'année 2013 et 2014, par piégeage dans la région de Marhouma et autour de la palmeraie (Kraa) situées aux Béni-Abbès. La pose des pièges se déroule généralement en fin de journée, à l'entrée des orifices après avoir repéré des terriers peuplés reconnus par la présence de traces fraîches, puis récupérés le lendemain dès l'aube avant le lever du soleil. Les animaux sont ramenés au laboratoire de la station expérimentale de Béni-Abbès. Ils sont triés par sexe, pesés puis isolés dans des cages individuelles. A Alger, ils sont gardés dans des conditions extrêmes des zones arides: éclairage d'une durée conforme à la saison, température 25°C. L'alimentation est composée d'orge, de légumes verts (salade et épinards), de morceaux de carottes et de croûtons de pain sec.

II.1.3. Expérimentation animale

Elle a porté sur 39 gerbilles mâles adultes qui sont répartis en trois lots :

Témoins	Castrés	Castrés traités à la testostérone
13	13	13

Entre le 13/04/2001 (première castration) et le 21/04/2014 (dernier sacrifice).

a) Castration :

La castration est une technique chirurgicale qui consiste en l'ablation définitive des testicules afin de pouvoir étudier ses effets sur la physiologie de l'organisme.

Les animaux sont anesthésiés à la Télétamine (50mg/ml) diluée dans du sérum physiologique (9%) et injectée à raison de 10mg /ml/100g de poids corporel par voie intra péritonéale ; une incision de la peau et du muscle est réalisée juste au-dessus du pénis afin d'extirper les testicules qui sont ensuite séparés de l'épididyme et prélevés ; une ligature de l'artère spermatique est nécessaire avant l'ablation pour éviter toute hémorragie. Les plans musculaire et cutané sont refermés par des nœuds serrés entre lesquels on saupoudre de la poudre antibiotique. La plaie est cicatrisée par ajout de l'éosine.

b) Traitement à la testostérone :

Le lot castré traité subit un traitement à l'œnanthate de testostérone (250mg/ml) diluée dans l'huile de sésame à raison de 75µg/40µl. Cette solution est injectée biquotidiennement pendant 7 jours par voie intramusculaire, au niveau de la patte postérieure droite.

c) Sacrifice et prélèvements

Les gerbilles des différents lots ont été sacrifiées par décapitation entre 9h et 12h. Le sang artériel-veineux est recueilli dans des tubes EDTA puis centrifugés à 3000 tours /minutes pendant 5minutes. Le plasma est congelé en vue de dosage d'Aldostérone. Les surrénales sont rapidement prélevées, pesées, fixées au formol à 10% en vue d'une étude histologique topographique.

II.1.4. Technique histologique

La confection de coupes histologiques permet l'observation des tissus au microscope photonique après une coloration spécifique. Elles comportent plusieurs étapes, rapportées essentiellement dans Martoja et Martoja (1967) et Gabe (1968).

Le matériel spécifique utilisé pour la technique histologique est présenté en annexe I.

a) Fixation

Etape primordiale, elle permet d'immobiliser et conserver les structures cellulaires et tissulaires dans un état aussi proche que possible du vivant ; Les organes sont plongés dans un volume de fixateur (formol à 10%, annexe I) environ 60 fois supérieur à celui de l'organe. Chaque pièce est accompagnée d'une étiquette portant toutes les indications utiles.

b) Inclusion

Ce processus comporte quatre étapes :

- 1. Déshydratation:** L'inclusion dans la paraffine nécessite au préalable la déshydratation des pièces histologique (bains successifs d'éthanol de degrés croissants, jusqu'à l'absolu, (annexe I). La paraffine étant insoluble dans l'eau et soluble dans les hydrocarbures benzéniques benzène, toluène ou xylène.
- 2. Eclaircissement:** il permet l'élimination complète des traces d'alcool et l'imprégnation par le butanol, solvant de la paraffine. La durée du premier bain est de 24 heures, le second bain est de durée illimitée.
- 3. Pénétration des pièces par la paraffine :** cette étape consiste à éliminer le butanol et à le remplacer par la paraffine. Les pièces sont placées successivement dans trois bains chacune à l'étuve à 58°C :
 - Le premier bain est composé de butanol-paraffine (V/V) pendant une heure.
 - Les deux autres de paraffine pure, le premier pendant une nuit, et le second pendant 4 heures.
- 4. Confection des blocs de paraffine :** dans cette étape, ont été utilisés des moules de métal (tissus-TEK111) et des cassettes en plastique sur lesquelles sont inscrites les indications de la pièce traitée. La paraffine fondue est versée dans les moules légèrement préchauffés à 45°C où on dépose délicatement l'organe imprégné. La cassette est déposée sur le moule. Le bloc n'est démoulé qu'après refroidissement totale sur une plaque froide et il est conservé à la congélation à une température de -4°C jusqu'à la réalisation des coupes.

c) Microtomie

1. Confection des coupes

Tout d'abord, installer le bloc sur le porte bloc du microtome qui est réglé à 20 µm à fin d'éliminer le surplus de la paraffine. Lorsque la pièce apparaît dans le plan de coupes, on ramène l'échelle à 5 µm pour obtenir des coupes fines sous forme de rubans.

2. Etalement des coupes

On dépose les rubans obtenus sur des lames nettoyées à l'alcool, contenant de l'eau distillée chauffée sur une plaque chauffante réglée à 40°C. A l'aide d'un diamant, les indications de l'organe sont gravées sur la lame correspondante.

d) Coloration

Le but de la coloration est de rendre plus évidents les différents constituants cellulaires et tissulaires. Ceci est obtenu à l'aide de coloration topographique : trichrome de Masson. Les coupes ne seront prêtes à recevoir les colorants qu'après les trois étapes suivantes:

1. **Déparaffinage** : Le déparaffinage sert à enlever la paraffine du tissu pour que les colorants puissent pénétrer. Le réactif utilisé est le xylène. Les coupes sont passées dans 3 bains de xylène pendant 5 à 10min pour chacun.
2. **Réhydratation** : Elle a pour objet de retirer le xylène du tissu et le remplacer par l'eau. Les lames sont passées dans les trois bains successifs d'éthanol de degrés décroissants (100°, 96°, 70°) d'une durée de 5min chacun. Les pièces sont enfin lavées à l'eau distillée pendant 5 min environ avant coloration.
3. **Coloration** : Le Trichrome de Masson (la coloration proprement dite, voire annexe I), met en évidence les éléments du tissu conjonctif en particulier le collagène en vert, le noyau en noir et le cytoplasme en rouge ; cette coloration a servi pour les prises de photographies.

- e) **Montage et observation**: Le montage est l'opération qui consiste à conserver les colorations à l'aide de l'Eukitt (Merck, Darmstadt, R.F.A) qui permet l'adhérence entre la lame et la lamelle. Après montage, les lames sont séchées sur papier absorbant et enfin observées au microscope photonique (Optika).

II.1.5. Etude Morphométrique

Pour déterminer l'état physiologique de la glande surrénale, les mesures ont été réalisées sur des coupes histologiques des animaux expérimentés. Les images sont capturées par un appareil photo numérique (HiROCAM, MA88-500, BME lab and Science, St. Paul, USA) connecté à un microscope photonique (Optika B 235, Italie) via le logiciel TS View (Microscopes America, Cumming, GA, USA).

La hauteur du cortex surrénal et celle de la zone glomérulée, ainsi que la surface des cellules et des noyaux, ont été mesurés via un logiciel d'analyse et de traitement d'image "Axio Vision 4.6.3.0" développé par la société Carl Zeiss.

Ce système d'analyse d'images a été étalonné à l'aide d'une lame micrométrique graduée. Afin d'obtenir les mesures des hauteurs en μm et les surfaces en μm^2 . Dans notre étude morphométrique sur 3 animaux par lot on a fait 10 coupes par animal, et pour chaque coupe on a effectuée 30 mesures pour la hauteur du cortex surrénal et de la zone glomérulée, ainsi que 100 mesures pour les surfaces cellulaires et nucléaires dont le contour a été tracé manuellement.

Pour chaque lame histologique, 06 champs visuels aléatoires ont été effectués (haut, bas, droite, gauche, supérieure droite et supérieure gauche) à un grossissement de x100, x400 et x1000).

II.1.6. Détermination de l'hématocrite

1. Principe

L'hématocrite est une mesure de la fraction volumique des hématies. Il constitue un indicateur clé de l'état d'hydratation de l'organisme. Un hématocrite abaissé peut être dû soit à une surhydratation ou à l'anémie, qui se traduit par une augmentation du volume du plasma. Alors qu'un hématocrite augmenté signifie une perte de liquide, comme en cas de déshydratation (**Bower et al., 1974**). La mesure de l'hématocrite est mesurée après une décantation accélérée du sang.

2. Méthode de Mesure

Cet examen est réalisé à partir du sang prélevé sur anticoagulant, acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA). Après l'homogénéisation du sang prélevé afin d'éviter la formation de micro-caillots, nous plongeons l'extrémité du tube dans le sang et nous le laissons monter par capillarité jusqu'à un centimètre de l'extrémité supérieure. L'extrémité libre du tube est scellée à la flamme. Le tube est placé dans l'une des fentes du rotor d'une micro-centrifugeuse prévue à cet effet, en s'assurant que le côté bouché est situé vers l'extérieur de la centrifugeuse. Le sang est centrifugé à une vitesse élevée 14 000 g pendant 5 minutes. Après centrifugation, le tube à hématocrite est placé immédiatement sur un abaque de lecteur ; le bas du culot globulaire rouge est ajusté sur le zéro de la réglette; nous faisons glisser le support soutenant le tube afin de superposer le haut du plasma sur le trait correspondant au 100 %; nous relevons le pourcentage correspondant à la séparation entre la plasmatique et globulaire.

II.1.7. Détermination de l'aldostérone plasmatique par la technique radio-immunologique (RIA)

Ce travail, détermine la mesure des concentrations plasmatique d'aldostérone 50 μ l du plasma pour 36 gerbilles de l'espèce « *Gerbillus tarabuli* » élevées dans la région de Béni-Abbès et répartis dans 3 lots 12 pour chacun (témoin, castré, castré traité à la testostérone).

Les dosages sont effectués par une méthode radio-immunologique à l'aide des kits.

a) Principe

Le dosage quantitatif de cette hormone est basé sur le principe de la compétition. L'hormone est marquée à l'iode 125. L'anticorps est préalablement fixé à la paroi des tubes. L'hormone à doser (échantillon ou standard) et l'hormone marquée (traceur) sont ajoutées simultanément aux tubes renfermant les anticorps. Après homogénéisation et incubation, la fraction libre est séparée par aspiration. La fraction liée attachée à la paroi des tubes est mesurée à l'aide d'un compteur gamma relié à un ordinateur. Elle est inversement proportionnelle aux taux de l'hormone ajoutée (échantillon ou standard). La concentration en hormone de l'échantillon est donnée directement en pg/ml (Figure 10).

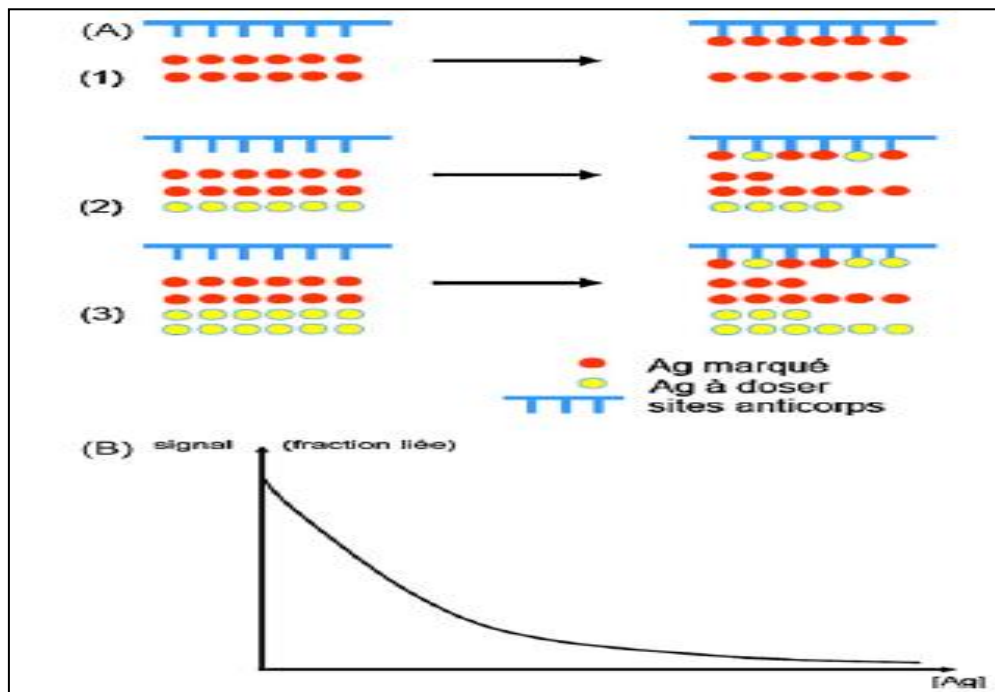


Figure 10 : Principe du test de compétition (Cabanel, 2014).

b) Protocole

Tous les réactifs doivent être équilibrés à la température du laboratoire avant leur utilisation. La distribution des réactifs dans les tubes revêtus s'effectue également à température ambiante. Le dosage nécessite les groupes de tubes suivants :

- ✓ Groupe Cpm T : pour la détermination de l'activité totale
- ✓ Groupes Calibrateurs : pour l'établissement de la courbe d'étalonnage,
- ✓ Groupe Témoin : pour le contrôle
- ✓ Groupes Sx (plasma) : pour les échantillons à doser.

c) Mesure de l'Aldostérone dans le plasma

- ✓ Distribuer 50 µl de calibrateur, de contrôle ou d'échantillons dans les tubes revêtus correspondants.
- ✓ Ajouter 500 µl de 125I-aldostérone dans tous les tubes, y compris les tubes T.
- ✓ Mélanger le contenu de chaque tube avec un appareil de type vortex.
- ✓ Recouvrir les tubes avec la parafilm.
- ✓ Agiter 3 heures (350rpm) à température 18-25°C
- ✓ Eliminer le surnageant par aspiration. Sauf les deux tubes (T).
- ✓ Ajouter 1 ml d'eau distillée (sauf les tubes T) et agiter les tubes manuellement.
- ✓ Eliminer la solution par aspiration (sauf les tubes T).
- ✓ Mesurer la radioactivité liée aux tubes revêtus à l'aide d'un compteur gamma calibré pour l'Iode 125 pendant 1 min.

d) Résultats

Pour chaque groupe de tubes faire la moyenne des comptages.

- ✓ Calculer les B/Bo% = $\frac{\text{moyenne des cpm (échantillon)}}{\text{moyenne des cpm (CALO)}} \times 100$
- ✓ Construire la courbe d'étalonnage en exprimant les B/Bo des calibrateurs en fonction de leur concentration.
- ✓ Lire les valeurs des échantillons à partir de la courbe d'étalonnage.
- ✓ La conversion de pg/ml, en pmol/l peut être calculée en utilisant la formule suivante :
aldostérone (pmol/l) = aldostérone (pg/ml) x 2,774

e) Caractéristiques du dosage

Sensibilité analytique : 1.44 pg/ml

Sensibilité fonctionnelle : 6.98

1) Spécificité

L'anticorps utilisé dans ce dosage est hautement spécifique de l'aldostérone. Des réactivités croisées extrêmement basses ont été obtenues à partir de nombreux stéroïdes naturels (Aldostérone, corticostérone, cortisone ,11-desoxycortisol, progestérone, etc...).

2) Précision

➤ **Intra-essai**

Des échantillons sériques ont été dosés 25 fois dans une même série. Les coefficients de variation obtenus étaient inférieurs ou égales à 12,6% pour les sérums.

➤ **Inter-essais**

Des échantillons ont été dosés en doublet dans 10 séries différentes. Les coefficients de variation obtenus étaient inférieurs ou égales à 17,2% pour les sérums.

3) Exactitude

➤ **Epreuve de dilutions**

Des échantillons sériques ont été dilués dans un diluant pour Aldostérone sérique. Les pourcentages de recouvrement s'échelonnent entre 94,7% et 117% pour les sérums.

➤ **Epreuve de surcharge**

Des échantillons sériques ou plasmatiques ont été surchargés en Aldostérone sérique. Les pourcentages de recouvrement s'échelonnent entre 81,7% et 115% pour les sérums

Plage de mesure (de la sensibilité analytique au calibrateur le plus élevé) : 1,44 à environ 2000 pg/ml.

II.1.8. Analyse statistique

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de moyennes \pm ESM.

• **Moyenne arithmétique (\bar{x}) des valeurs individuelles**

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Σx : Somme des valeurs individuelles

n : nombre de valeurs

• **Erreur Standard à la Moyenne (E.S.M)**

$$\text{ESM} = \frac{\delta}{\sqrt{n}} \quad \text{avec} \quad \delta = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

δ : Écart type

x_i : Valeur individuelle

• **Coefficient de corrélation**

$$r = \frac{p}{\delta_x \delta_y} \quad p = \frac{1}{n} \sum x_i y_i - \bar{x} \bar{y}$$

$$(\delta_x)^2 = \frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2 \quad (\delta_y)^2 = \frac{1}{n} \sum (y_i - \bar{y})^2$$

x_i et y_i : valeur individuelle comparées

\bar{x} et \bar{y} : moyenne des valeurs individuelle comparées

• **Validité statistique**

La validité statistique des différences est calculée par l'ANOVA et test de Student en utilisant le logiciel **STATISTICA**.

La différence entre deux moyennes comparées est statistiquement significative si la probabilité "p", lue en fonction du nombre de degrés de liberté ($d.d.l = n1+n2 -2$) est égale ou inférieur à 5%.

Si $p > 0,05$: la différence n'est pas significative (ns).

Si $0,01 < p < 0,05$: elle est significative (*).

Si $0,001 < p < 0,01$: elle est très significative (**).

Si $p < 0,001$: elle est hautement significative (***)).

II.2. ANALYSES MOLECULAIRES ET PHYLOGENETIQUES

L'objectif de cette partie repose sur le positionnement de différentes espèces de genre *Gerbillus*, dans un arbre phylogénétique général réalisé à partir des séquences d'ADN des gènes codants traités par des logiciels de la bioinformatique, expliquant l'importance de ces rongeurs comme modèle de laboratoire d'étude privilégié, pour aborder les différentes facettes d'autres recherches scientifiques. Pour cela nous décrirons à partir d'analyse moléculaire, la méthodologie utilisée depuis l'extraction d'ADN, la quantification, l'amplification, l'électrophorèse et le séquençage, jusqu'au traitement des séquences qui se trouvent au niveau de GenBank en vue de leur utilisation dans l'étude phylogénétique.

II.2.1. Etapes d'Analyses Moléculaires

II.2.1.1. Echantillonnage représentative

Les prélèvements utilisés pour les analyses moléculaires doivent être au moins de 30 spécimens. Il s'agit de tissus frais (fragments de pied, bout d'oreille ou organes internes, foie en particulier) prélevés lors de l'autopsie de l'animal.

II.2.1.2. Extraction et quantification de l'ADN

Les échantillons préservés dans l'éthanol (95°) ont été disséqués. Lors de l'utilisation, ils ont été rincé avec du PBS sous agitation pour éliminer toute trace d'éthanol.

L'extraction d'ADN à partir d'un tissu est réalisée grâce à des kits qui facilitent le travail, par exemple QiAamp DNA Mini Kit (Qiagen®, Courtaboeuf, France) contenant les différents tampons pré préparés.

La qualité de l'ADN extrait a été contrôlée et quantifiée par spectrophotométrie (Nanodrop). Cette extraction permet d'obtenir un ADN Pur et intacte, puis les extraits ont été conservés à -20°C , jusqu'à l'utilisation.

II.2.1.3. Amplification de l'ADN par PCR

La **Polymerase Chain Reaction (PCR)** (Kleppe *et al.*, 1971) est une méthode *in vitro* d'amplification de séquences spécifiques d'ADN en un très grand nombre de copies. Elle permet d'amplifier une séquence spécifique d'ADN dans un mélange réactionnel approprié.

La PCR est constituée de plusieurs cycles et comporte trois étapes successives :

- **La dénaturation** : elle correspond à la séparation des brins de l'échantillon d'ADN par chauffage (par exemple entre 90°C et 95°C) pendant une courte durée (quelques secondes). L'ADN se retrouve ainsi sous forme monocaténaire.
- **L'hybridation** : les amorces se fixent sur l'ADN monobrin dans les zones de complémentarité des nucléotides selon l'association A-T et C-G à la température d'hybridation (55°C et 68°C).
- **L'élongation** : c'est la phase d'élongation des amorces par la Taq polymérase qui va synthétiser le brin complémentaire en utilisant les dNTP, ce qui permet de doubler l'ADN cible. Chaque cycle ainsi répété permet d'aboutir à un ADN cible multiplié à la température (par exemple entre 70° et 75°).

Gènes amplifiés :

Nous pouvons amplifier par PCR deux types de gènes :

- ❖ Gène de l'ADN nucléaire : le gène ghr, brca1...etc.
- ❖ Gène de l'ADN mitochondrial : le gène Cytb, COI,...etc.

L'ADN extrait de chaque individu a été amplifié en utilisant des kits (exemple : thermocycleur MJ Research PTC-2, Biometra Trio-Thermoblock). Ces kits présentent l'avantage d'amplification rapide à l'aide de réactifs prêts à l'emploi.

II.2.1.4. Electrophorèse des produits de PCR

L'électrophorèse est une méthode pour séparer des produits de PCR et permettre leur visualisation et/ou leur identification. La présence des amplicons est révélée sur gel d'agarose. Il est constitué de trois étapes :

1. Préparation du gel d'agarose: Le gel d'agarose à 1.5% ou 2% est déposé dans une cuve remplie de tampon conducteur de migration (TBE), où les molécules sont soumises à une tension électrique. Le gel joue le rôle d'un réseau inerte, dont les mailles, plus ou moins

serrées en fonction de sa concentration en agarose, séparent les molécules en fonction de leur taille.

2. Dépôt des échantillons : L'ADN de chaque échantillon amplifié a été mélangé avec du bleu de charge et déposé dans chaque puits du gel. La même opération est réalisée avec un marqueur de poids moléculaire connu, ce qui permet d'apprécier la taille des fragments amplifiés.

3. La migration : La migration de l'ADN dans le gel est possible grâce à sa charge négative. Il va se déplacer dans un champ électrique, du pôle négatif vers le pôle positif. Elle permet de séparer les molécules en fonction de leur taille et de leur forme. Ainsi les grandes molécules très étendues migrent lentement alors que les petites molécules repliées sur elles-mêmes migrent rapidement.

4. La visualisation des échantillons : Après migration, le gel est placé sur une table à UV pour révéler l'ADN (qui apparaît sous forme de bandes fluorescentes) et le photographier. Chaque bande correspond à un ensemble de très nombreuses copies toutes identiques du fragment amplifié qui se retrouvent au même endroit sur le gel, puisqu'elles sont de même taille.

II.2.1.5. Séquençage des fragments amplifiés

Le séquençage de l'ADN consiste à déterminer l'ordre des nucléotides sur la molécule d'ADN précédemment amplifié par PCR. La méthode utilisée aujourd'hui (établie par Sanger en 1977) repose sur l'utilisation de didésoxynucléotides, qui bloquent la synthèse de l'ADN après leur incorporation.

Le séquençage de produits de PCR se déroule en trois étapes :

1. Purification des produits de PCR : Après vérification sur gel, les produits de PCR sont purifiés via des kits (exemple : Mini kit Qiagen®).

2. Réaction de séquençage : Elle repose sur la méthode de SANGER ou méthode des interrupteurs de chaîne, adaptée à la fluorescence.

Aujourd'hui, la plupart des séquençages sont réalisés par des séquenceurs industriels entièrement automatisés (par exemple: Eurofins MWG Operon, Génome Express). Par la suite, pour chaque échantillon, les séquences obtenues ont été alignées et corrigées à l'aide du programme spécifique (par exemple: BioEdit version 7.0.5). Les séquences d'ADN obtenus dans les différents laboratoires de biologie moléculaire à travers le monde ont été déposées

dans la banque publique GenBank (NCBI) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank/>) pour être à la disposition des recherches scientifiques entre autres les séquences d'espèces de gerbilles.

L'Algérie à ce jour n'a fait aucun travail sur la détermination moléculaire de genre « *Gerbillus* » en raison de manque des moyennes et de laboratoires spécialisés en biologie moléculaire, même au niveau de laboratoire de recherche sur les zones arides (LRZA) dans lequel nous avons fait l'étude histologique et morphométrique, les moyens sont toujours non disponible, pour cela nous avons basé notre travail sur l'analyse des séquences qui se trouvent au niveau de la GenBank (voir tableau I en annexe I).

II.2.2. Etude de la GenBank

1. Définition de la GenBank

La GenBank est une collection annotée de toutes les séquences d'ADN publiquement disponibles. Cette banque est mise à jour régulièrement grâce à des échanges quotidiens de séquences avec la banque européenne EMBL (European Molecular Biology Laboratory) et la banque japonaise DDBJ (DNA Data Bank of Japan).

Afin d'une reconstruction phylogénétique du genre *Gerbillus*, nous récupérons les séquences qui se trouvent au niveau de la GenBank, nous passons par plusieurs étapes distinctes :

1. Nous construisons l'URL suivante : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank/>
2. Nous avons choisi recherche par taxonomie.
3. Nous avons écrit le nom de notre genre « *Gerbillus* », Figure 11.

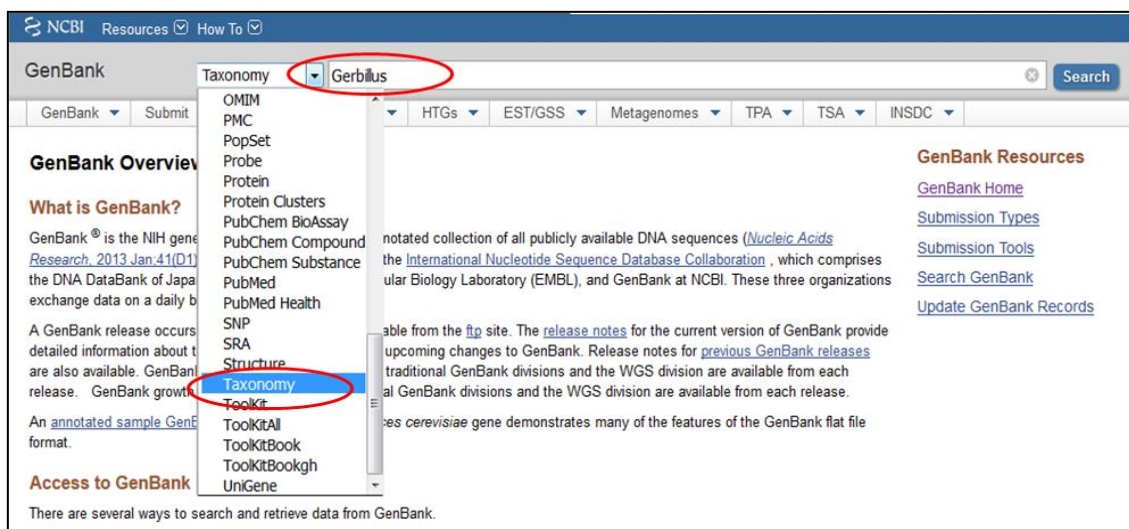


Figure 11 : Les étapes initiales pour récupérer les séquences de la GenBank.

4. En entrant sur *Gerbillus*, nous obtenons toutes les espèces qui appartiennent à ce genre (Figure 12).

o **Gerbillus** (northern pygmy gerbils) *Click on organism name to get more information.*

- [Gerbillus amoenus](#) (pleasant gerbil) ←
- o [Gerbillus andersoni](#) (Anderson's gerbil) ←
 - [Gerbillus andersoni andersoni](#)
- [Gerbillus cheesmani](#) (Cheesman's gerbil) ←
- [Gerbillus floweri](#) (Flower's gerbil) ←
- [Gerbillus gerbillus](#) (lesser Egyptian gerbil) ←
- [Gerbillus henlevi](#) (pygmy gerbil) ←
- [Gerbillus hesperinus](#) (Moroccan gerbil) ←
- [Gerbillus hoogstrali](#) (Hoogstraal's gerbil) ←
- [Gerbillus latastei](#) (Lataste's gerbil) ←
- [Gerbillus nancillus](#) (Sudan gerbil) ←
- [Gerbillus nanus](#) (Baluchistan gerbil) ←
- [Gerbillus nigeriae](#) (Nigerian gerbil) ←
- [Gerbillus occiduus](#) (occidental gerbil) ←
- [Gerbillus perpallidus](#) (Pale gerbil) ←
- [Gerbillus poecilops](#) (large Aden gerbil) ←
- o [Gerbillus pyramidum](#) (greater Egyptian gerbil) ←
 - [Gerbillus pyramidum elbaensis](#)
 - [Gerbillus pyramidum gedeedus](#)
 - [Gerbillus pyramidum pyramidum](#)
- [Gerbillus tarabuli](#) (Tarabul's gerbil) ←

Figure 12: Les dix-sept espèces de genre « *Gerbillus* » obtenues dans la GenBank, ces espèces sont indiquées par des flèches en rouge.

5. Nous avons analysé toutes les espèces une par une pour identifier le nombre des séquences nucléotidiques trouvées dans cette banque (Figure 13).

NCBI Taxonomy Browser

Search for: **Gerbillus tarabuli** (circled in red)

Display: [dropdown] levels using filter: none

Gerbillus tarabuli

Taxonomy ID: 856706
 Genbank common name: **Tarabul's gerbil**
 Inherited blast name: **rodents**
 Rank: species
 Genetic code: [Translation table 1 \(Standard\)](#)
 Mitochondrial genetic code: [Translation table 2 \(Vertebrate Mitochondrial\)](#)
 Other names:
 authority: **Gerbillus tarabuli** Thomas, 1902

[Lineage \(full\)](#)
 cellular organisms; Eukaryota; Opisthokonta; Metazoa; Eumetazoa; Bilateria; Deuterostomia; Chordata; Craniata; Vertebrata; Gnathostomata; Teleostomi; Euteleostomi; Sarcopterygii; Dipnotetrapodomorpha; Tetrapoda; Amniota; Mammalia; Theria; Eutheria; Boreoeutheria; Euarchontoglires; Glires; Rodentia; Sciurognathi; Muroidea; Muridae; Gerbillinae; Gerbillus

External Information Resources (NCBI LinkOut)

LinkOut	Subject	LinkOut Provider
Gerbillus tarabuli Thomas 1902	taxonomy/phylogenetic	Mammal Species of the World

Entrez records

Database name	Direct links
Nucleotide	40 (circled in red)
Protein	40
Popset	5
PubMed Central	1
Taxonomy	1

Figure 13: Exemple des séquences nucléotidiques trouvées pour l'espèce *Gerbillus tarabuli*.

Au total, la GenBank contient 388 séquences de 17 espèces du genre « *Gerbillus* » dont 40 séquences de notre espèce *Gerbillus tarabuli*:

- ❖ 109 Séquences d'ADN nucléaire.
- ❖ 279 Séquences d'ADN mitochondrial.

2. Traitement des séquences de la GenBank:

Pour le traitement des séquences, il existe plusieurs logiciels permettant de générer des arbres phylogéniques environ 367 logiciels de bioinformatique, parmi eux : PHYLIP, PAUP*, MEGA, Phylo_win, ARB, DAMBE, PAL, Bionumerics, Mesquite, PaupUp, BIRCH, Bosque, EMBOSS, phangorn, Bio++, ETE, DendroPy, SeaView, Crux, mais nous avons choisi MEGA version 5 (MEGA5: **M**olecular **E**volutionary **G**enetics **A**nalysis using **M**aximum **L**ikelihood (Tamura et al., 2011), c'est un programme informatique permettant d'explorer et d'analyser des séquences nucléotidiques. En effet le majeure de la collection d'outils d'analyse phylogénétiques puisqu'elle a été amélioré pour rendre l'utilisation plus facile, elle a la possibilité d'inclure le maximum de vraisemblance entre les séquences grâce à la nouvelle fonctionnalité de marquage (*). Par rapport aux autres logiciels, il est le meilleur en termes de calculs, l'efficacité et la précision des estimations des arbres (Kumar et Dudley, 2007 ; Kumar et al., 2008).

Nous pouvons alors procéder à la construction des arbres phylogénétiques à partir des séquences nucléotidiques de chaque espèce du genre « *Gerbillus* » par différents étapes :

- Les séquences représentatives de chacune des 17 espèces ont été téléchargées sous format FASTA à partir de "GenBank" (Figure 14).

Gerbillus tarabuli mitochondrial cytb gene for cytochrome b, isolate 2002403

```
GenBank: LN606697.1
GenBank Graphics
>gi|942478074|emb|LN606697.1| Gerbillus tarabuli mitochondrial cytb gene for
cytochrome b, isolate 2002403
ATGACAAACATCCGAAAATTACCCCTTACTAAAAATAGTAAACCACTCATTTCATCGACCTCCCACTC
CTCCAAACATCTCATCCTGATGAAACTTTGGCTCACTTCTAGGAATTTGGTTAGTAATTCAAATTTGCTAC
AGGACTTTTCTAGCCATACATTATACAGCAGACACAACAACAGCATTTCATCAGTATCCCATATCTGC
CGAGACGTAATACGGATGACTAATCCGTTATATACAGCAAACGGAGCCTCACTATCTTCATCTGCC
TATTTATCCATATCGGACGAGGCATTTACTACGGATCCTACATCTTCAAGAAACATGAAACATCGGTGT
AATCCTCCTATTTGCCGTAATAGCTACCCGATTATAGGATACGTCCTGCCATGAGGACAAATATCCTTC
TGAGGAGCCACAGTGATTACAAATCTCCTCAGCAATCCCGTATATTTGGTCCAAATTTGTAGATGAA
TCTGAGGGGGTTCTCAGTAGACAAAGCCACCCTAACACGATTTTTCGCATTCCATTTTATCCTCCCTTT
TATTTATACAGCCCTTGTCTAGTCCACCTCCTATTTCTCAGCAAACCGGATCCAATAACCCCTTAGGA
CTAAACTCTAATGCAGACAAAATCCCTTTCCACCCTATTACAGTAAAGATTTTCTCGGAGTAATTT
TACTACTTCTATTTTTCATAATCCTAGTTCTCTTCTTTCTGACCTACTTGGAGACCCAGACAATTACAC
ACCTGCTAACCCACTCAACACACCTCCCATATTAACCCGAATGATATTTCTTATTTGCCCTACGCTATT
CTCCGTTCCATCCCAATAAACTAGTGGAGTACTAGCCTTAGTATTATCAATCCTCAATTTCTAAATTTCC
TACCCTAATCCATACATCAAAAACACGAAGCCTAATTTCCGACCAATTTACAAATCTTTTACTGAAT
TTTAACTGCCTAACCTGTTATCCTTACATGAATCGGAGGCCAACCCAGTAGAACACCCATTTATCATTAT
GGCCAACTAGCCTCAATAGCTACTTTTCTATCATCTTAATCTTTCTACCAATCGCAGGAATCATCGAAG
ACAAAATATTAATAATATAT
```

Figure 14: Exemple d'une séquence nucléotidique au format FASTA.

- Après l'intégration de ces séquences dans le programme MEGA5, un alignement multiple a été réalisé en utilisant le programme ClustalW (Figure 15), nous avons choisi ce type d'alignement par ce qu'il est très utile et permet d'étudier les différences et les similitudes entre les séquences d'un même marqueur moléculaire.

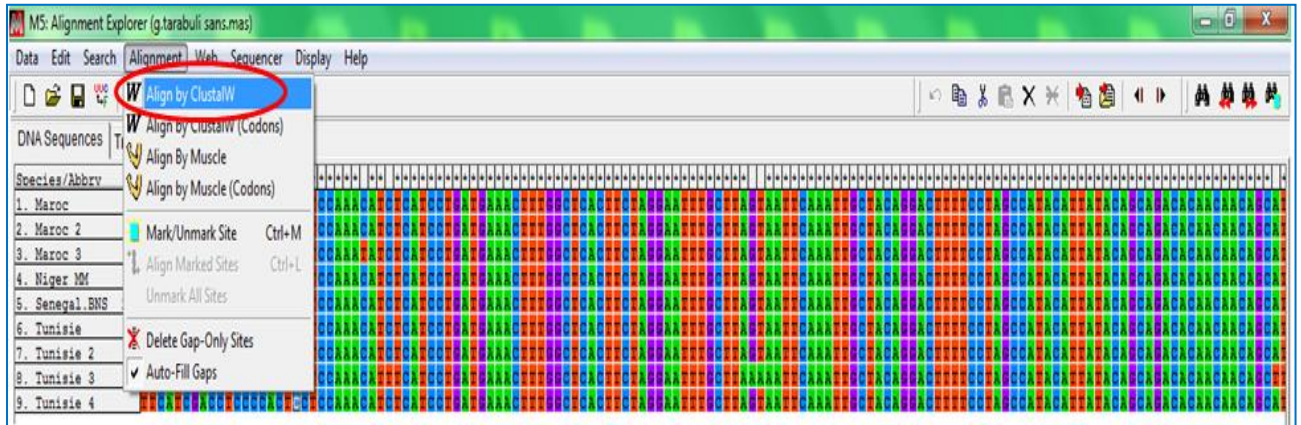


Figure 15 : Le programme ClustalW utilisé pour l'alignement multiple des séquences du marqueur moléculaire choisi.

- Une fois les séquences alignées sont ensuite comparées et servent à la construction d'arbres phylogénétiques en utilisant l'une des méthodes fondées sur les distances, la méthode UPGMA (Figure 16), la plus simple, basée sur l'hypothèse que les taux de mutation et donc les vitesses d'évolution sont identiques sur les différentes branches de l'arbre, en utilisant le modèle de « Kimura 2-parameter », dans ce modèle, les transitions et les transversions ne sont pas équivalentes en termes de proportions et leur fiabilité a été évaluée par le programme "Bootstrap". Les valeurs de "Bootstrap" pour 1000 (Figure 17) répliqués sont ramenées en pourcentages et ils sont indiqués au niveau des nœuds.

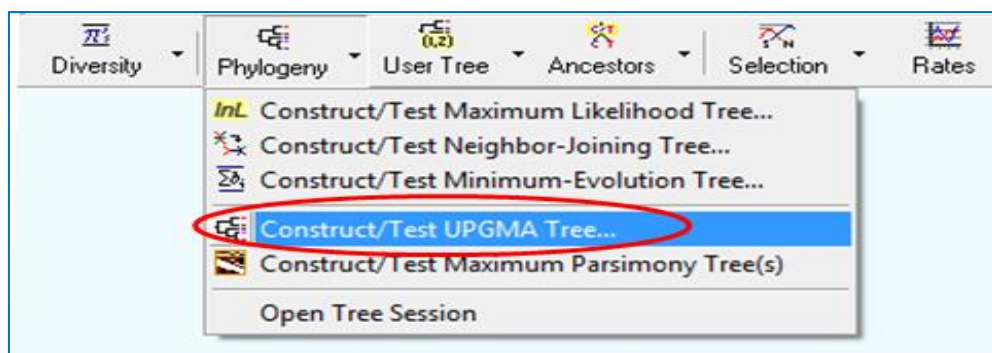


Figure 16: La méthode UPGMA utilisée pour la construction de l'arbre phylogénétique.

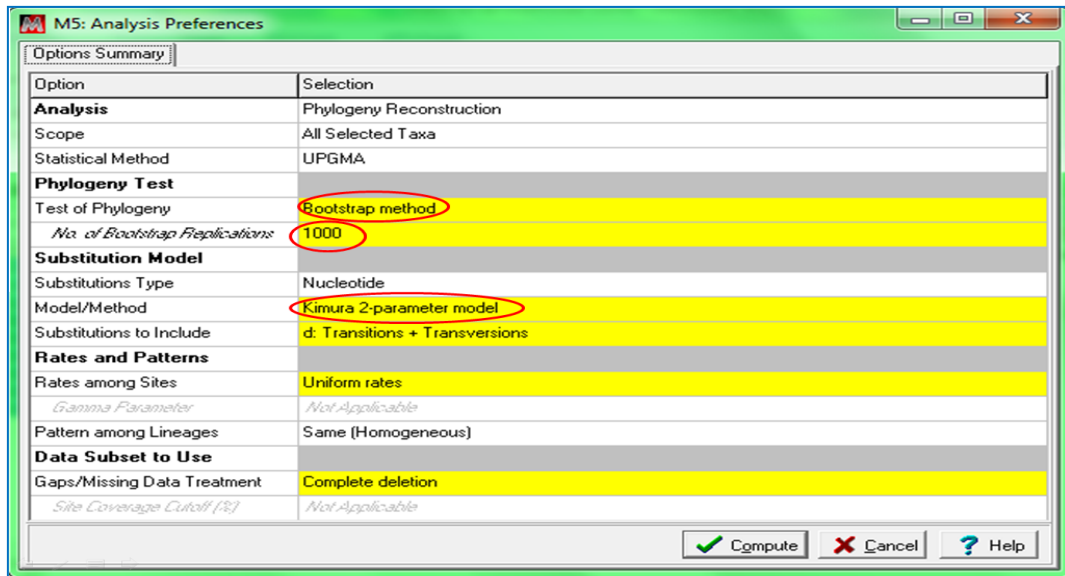


Figure 17 : Les paramètres utilisés pour la reconstruction phylogénétique.

Pour mieux comprendre les arbres obtenus, nous avons besoin de comparer les séquences alignées pour situer chaque espèce, donc nous calculons la différence en % entre les séquences.

Les résultats rapportés dans ce travail, concernant d'une part les effets éventuels de la castration suivie par le traitement de testostérone sur l'activité minéralocorticoïde de la zone glomérulée du cortex surrénalien chez la gerbille saharienne, « *Gerbillus tarabuli* » mâle adulte, et d'autre part la position de cette espèce dans l'arbre phylogénétique par rapport aux autres espèces appartenant du même genre « *Gerbillus* ».

Nos études seront présentées en deux parties :

- ✓ **la partie physiologique :** cette partie rapporte les effets pondéraux (poids corporel et surrénalien), sur l'étude histologique de la zone glomérulée corticosurrénalienne. Et enfin les effets sur quelques paramètres biochimiques sanguins (aldostérone et hémocrite).
- ✓ **La partie génétique :** cette partie a porté sur la comparaison entre *Gerbillus tarabuli* avec d'autres espèces de genre *Gerbillus* sur le plan moléculaire à partir des données qui se trouvent au niveau de la GenBank, afin de déterminer la position de cette espèce dans l'arbre phylogénétique.

Les résultats obtenus seront discutés à la lumière de la littérature. Les tableaux des tests statistiques sont placés en annexe II.

III.1.RESULTATS PHYSIOLOGIQUES

III.1.1. Effets pondéraux

III.1.1.1. Effets de la castration sur le poids corporel

Le poids corporel a été mesuré une fois par semaine chez tous les lots expérimentaux pendant 57 jours en période d'activité sexuelle. L'évolution du poids corporel des animaux témoins (t), castrés (C) et castrés traités à la testostérone (CT) sont représentés dans la Figure 18 (A) et (B).

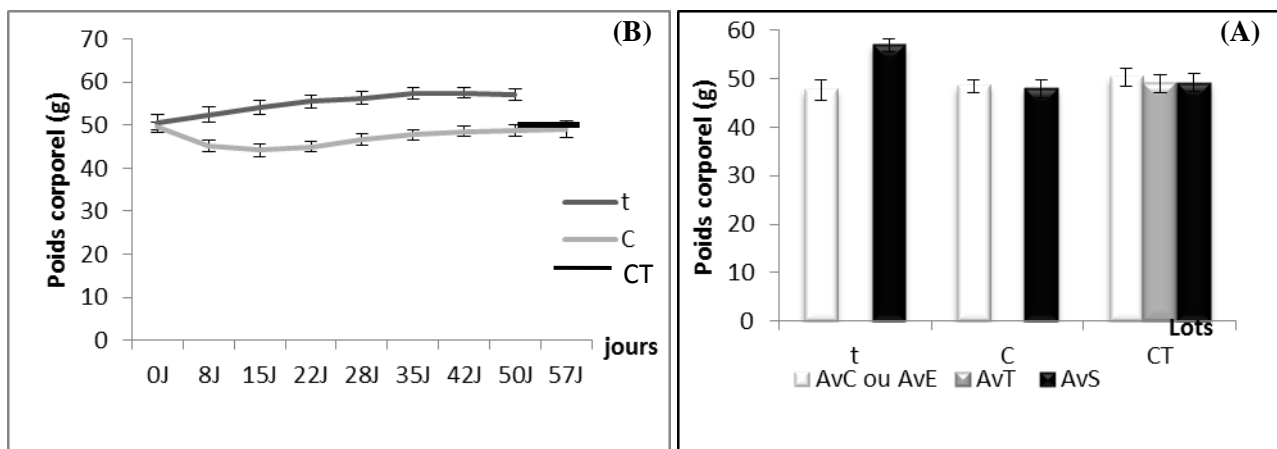


Figure 18 : Effet de la castration sur le poids corporel chez la gerbille *Gerbillus tarabuli* mâle adulte

AvC : avant castration ; Av E : avant élevage ; AvT : avant traitement à la testostérone ; AvS : avant sacrifice ; t : témoin ; C : castré ; CT : castrée traité à la testostérone.

Nous avons noté chez les témoins une prise pondérale durant toute la période d'expérimentation, qui se maintient jusqu'aux 50^{ème} jours de façon moins importante. En effet le poids corporel des gerbilles augmente à la fin de l'expérimentation de 12,5% ($p=0,008$).

Par contre chez les castrés, la castration induit une chute pondérale dès la première semaine, cette diminution dû à la chirurgie qu'à la castration elle-même ; une reprise pondérale est observé à la 4^{ème} semaine, Mais cette reprise reste au-dessous de la valeur initiale, à la fin de l'expérience comparant le poids corporel à 50 jour par rapport au 0 jour, on note aucune différence statistiquement significative (1,64% $p=0.63$). Le traitement biquotidien à la testostérone pendant 7 jour n'entraîne pas de modification du poids corporel (0,26% $p=0,96$).

En conclusion chez les *Gerbillus tarabuli* mâles adultes, la castration et le traitement à la testostérone n'entraînent aucun effet sur le poids corporel.

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus chez les rats (Johren *et al.*, 2003), ainsi que chez la souris après 30 jours de la castration (Park *et al.*, 2004 ; Xu *et al.*, 2005).

Cependant des résultats contradictoires ont été rapportées dans le littérature, certains montrent que la castration induit une diminution du poids corporel chez certaines espèces, telle que les rats (Kakolewski *et al.*, 1968 ; Nunez *et al.*, 1979 ; Earley et Leonard, 1978 ; Viau *et al.*, 2003), la souris (Sandstedt *et al.*, 1994 ; Allison *et al.*, 2006), les cobayes (Black 1994), *Meriones libycus* (Aknoun *et al.*, 2009), *Psammomys obesus* (Benmouloud *et al.*, 2015).

D'autres auteurs ont signalé une augmentation, chez les rats (Bouamrane, 2002 ; Milne *et al.*, 2006), les chats (Fettman *et al.*, 1997 ; Martine *et al.*, 2001 ; Kanchuk *et al.*, 2003), la gerbille saharienne *Gerbillus gerbillus* après 25 et 40 jours de castration (Mataoui, 1999), le lapin (Chala et Meftouh, 2003), ainsi que chez les bovins qui montrent une prise pondérale après castration (Crane, 1991), et même chez l'homme (Sato *et al.*, 2003).

En effet la chute pondérale observé chez certains autres expliquer par l'absence de la synthèse de la testostérone connue par son implication dans le développement musculaire et la distribution corporelle des graisses (Christoffersen *et al.*, 2006) ou par l'effet du stress qui provoque une hypophagie chez les rats, ces effets restaurées par traitement au propionate de testostérone qui stimule la prise alimentaire et la gain pondérale (Gentry et Wade, 1976).

D'ailleurs d'après **Martine et al. (2001)**, l'augmentation suivie de poids corporel chez les chats dû à l'augmentation de la concentration du sérum en leptine. En outre, chez l'homme, les sujets hypogonadiques sont souvent obèses avec un taux élevé de leptine et d'insuline (**Martine, 1995 ; Bjorntopr, 1996 ; Couillard et al., 2000**). Mais aussi l'obésité est associée aux concentrations réduites en testostérone. (**Sato et al., 2003**).

III.1.1.2. Effets de la castration sur le dimorphisme pondéral des surrénales

- **Chez les témoins**

Chez le lot témoin, il apparaît que le poids de la surrénale gauche est plus élevé que celui de la surrénale droite (figure 19), même si les différences ne sont pas statistiquement significatives, que ce soit en valeur absolue ($13,6 \pm 0,6$ vs $14,3 \pm 0,9$ mg ; +5,4% ; $P=0,49$ ou en valeur relative au poids corporel ($23,80 \pm 0,9$ vs $25,1 \pm 1,3$ mg/100g P.C. ; + 5,3% ; $P=0,41$).

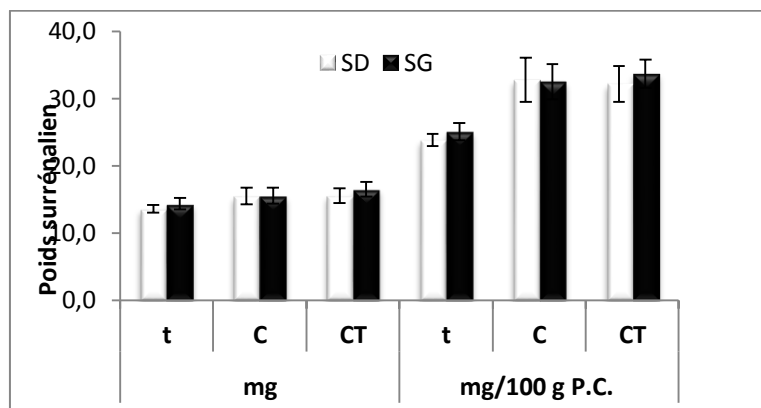


Figure 19: Influence de la castration sur le dimorphisme pondérale surrénalien chez *Gerbillus tarabuli* mâle adulte.

t: témoin ; C : castré ; CT : castrée traitée à la testostérone ; SD : surrénale droite ; SG : surrénale gauche ; P.C. : poids corporel

- **Chez les castrés**

La castration entraîne une disparition du dimorphisme pondérale surrénalien, En effet une égalité pondérale entre les surrénale droite et gauche a été signalée ($15,5 \pm 1,3$ vs $15,5 \pm 1,2$ mg ; +0,3% ; $P=0,98$; en valeur absolue et $32,8 \pm 3,3$ vs $32,5 \pm 2,6$ mg/100g ; -0,8% ; $P= 0,95$ en valeur relative au poids corporel).

- **Chez les castrés traités à la testostérone**

Le traitement à la testostérone restaure comme chez les témoins que ce soit en valeur absolue (+6,1% ; $P= 0,55$) ou en valeur relative au poids corporel (+4,6 % ; $P=0,65$).

Nos résultats montrent que chez *Gerbillus tarabuli* mâle adulte, la surrénale gauche a un poids plus élevée que la droite chez les témoins. Ce résultat est similaire à ceux de **Zatra (2008)**, de **Rana et al. (1975)** chez les rats, de **Benmouloud (2014)** chez *Psammomys obesus*,

de **Kandsi- Bouhadad et Hadj Bekkouche (2010)** chez le lapin. Alors que, le dimorphisme est légèrement en faveur de la surrénale droite chez *Gerbillus gerbillus* (**Khammar et al., 1975**), chez le viscacha *Lagostomus maximus maximus* (**Ribes et al., 1999**), ou totalement absent chez *Meriones libycus* (**Aknoun, 2009**).

Après 50 jours de castration, on obtient une égalité pondérale entre la surrénale droite et gauche.

Ces résultats laissent supposer l'existence d'une sensibilité différente aux androgènes entre surrénales droite et gauche et spécifique de l'espèce animale.

III.1.1.3. Effets sur le poids des deux surrénales

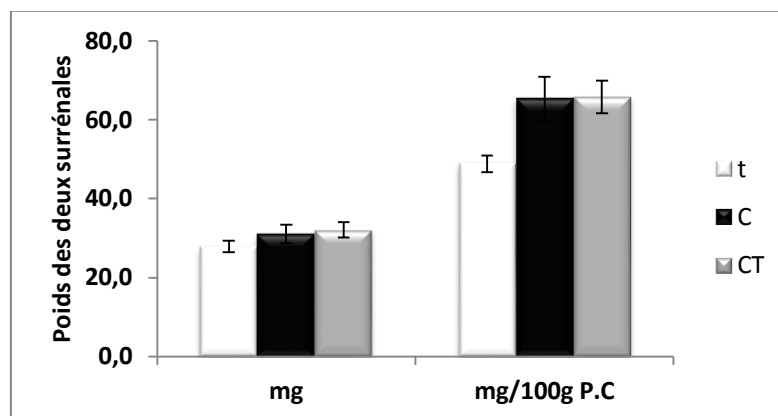


Figure 20: Influence de la castration sur le poids des deux surrénales chez *Gerbillus tarabuli*, mâle adulte.

t : témoin ; C : castré ; CT : castrée traité à la testostérone ; P.C : poids corporel

- **Chez les témoins**

Le poids des deux surrénales est de $27,9 \pm 1,5$ mg en valeurs absolue et de $48,9 \pm 2,1$ mg/100g en valeur relative au poids corporel (Figure 20).

- **Chez les castrés**

Il apparaît que le poids des deux surrénales des castrés est supérieur à celui des témoins. Les différences sont statistiquement non significative en valeur absolue ($31,0 \pm 2,4$ vs $27,9 \pm 1,5$; 11,1%; $p=0,478$) et significative en valeur relative ($65,3 \pm 5,7$ vs $48,9 \pm 2,1$; 33,5% ; $p=0,019$).

- **Chez les castrés traités à la testostérone**

Le traitement à la testostérone augmente légèrement le poids des deux surrénales et ceci que ce soit en valeur absolue (3,5% ; $p=0,920$) qu'en valeur relative au poids corporel (0,7% ; $p=0,994638$), comparés aux lots castrés.

La castration bilatérale chez *Gerbillus tarabuli* entraîne une augmentation du poids surrénalien. Des constatations similaires sont rapportées chez de nombreuses espèces animales comme le rat (**Korenchevsky et al., 1935 ; Chester, 1957 ; Kitay, 1963 ; Gibson, 1976 ; Malendowicz et Jachimowicz, 1982 ; Lesniewska et al., 1990 ; Rifka et al., 1998 ; Lan et al., 2009 ; Ajdzanovic et al., 2015**), le hamster (**Keyes, 1948 ; Holmes, 1995**), la souris (**Hartman et Brownell, 1949 ; Johnsen et al., 2006**), le lapin (**Kandsi-Bouhadad et Hadj-Bekkouche-Bekkouche, 2010**), le poisson (**Breneman, 1942**), le volaille (**Breneman, 1941 ; Kar, 1947 ; Chan et Phillips, 1973**), le chien et le chat (**Hartman et Brownell, 1949**) et le mouton (**Canny et al., 1999**), ainsi que quelques rongeurs déserticoles tels que *Psammomys obesus* (**Gernigon et al., 1992 ; Benmouloud et al., 2014**), *Meriones libycus* (**Mataoui, 1999 ; Aknoun, 2009**)

Cette augmentation reflète :

- L'augmentation de la hauteur du cortex surrénale chez le rat de sable *Psammomys obesus* (**Benmouloud et al., 2014**), chez le rat wistar (**Greep et Chester, 1930 ; Burrows, 1945 ; Duda et al., 1985 ; Rasmussen et al., 2000**), chez le lapin (**Kandsi-Bouhadad et Hadj-Bekkouche, 2010**) et chez le volaille (**Kar, 1947**).

- L'augmentation du contenu surrénalien en cholestérol et lipides suggérant la stimulation de l'activation stéroïdogénique corticosurrénalienne (**Benmouloud et al., 2014**).

Chez notre espèce, le traitement à la testostérone, augmente légèrement le poids des surrénales, des constatations similaires sont rapportées chez le coqs (**Nagra et al., 1964 ; Schoenberg et al., 1964**), chez les canards (**Chan et Phillips, 1973**), chez les poissons (**Breneman, 1942**), chez le hamster (**Holmes, 1995**), chez *Meriones libycus* (**Aknoun, 2009**). Alors qu'il entraîne une diminution de ce poids chez d'autre espèce notamment, le rat des sables (**Benmouloud et al., 2014**), le rat (**Korenchevsky, 1930 ; Burrows, 1949 ; Gibson, 1976 ; Malendowicz et al., 1986 ; Rifka et al., 1998 ; Lan et al., 2009 ; Ajdzanovic et al., 2015**) et les volailles (**Breneman, 1941 ; Kar, 1947**).

III.1.2. Effets sur l'histologie du cortex surrénal et de la zone glomérulée

La surrénale est constituée d'un cortex externe et d'une médullaire interne. Une capsule fibreuse dense, enveloppe la glande et fournit un support externe à la délicate charpente collagène qui soutient les cellules sécrétoires.

- **Chez le témoin (t) :**

On observe que le cortex surrénalien est formé par trois couches (la zone glomérulée (flèche rouge), la zone fasciculée (flèche verte) et la zone réticulée (flèche orange)). La zone glomérulée est la région la plus externe, elle mesure $79,4\mu\text{m}$ et occupant environ 6.3 % du cortex total (Figure 21 a).

La zone glomérulée est formée par une couche mince, mal limitée, parfois inconstante, située immédiatement sous la capsule, est constituée des cellules qui se disposent en amas glomérulaires ou petits nids ovoïdes, séparés par de fins travées de tissu conjonctif provenant de la capsule et guident de larges capillaires d'aspect sinusoïde et elles sont caractérisées par un cytoplasme acidophile renfermant un noyau sombre et arrondi (Figure 21 d). La surface cellulaire et nucléaire ainsi que le rapport nucléo-cytoplasmique sont respectivement : $486,6\pm 14,3\ \mu\text{m}^2$; $99,7\pm 2,1\ \mu\text{m}^2$ et $0,32\pm 0,01$ (Figure 23).

- **Chez le castré (C):**

On observe une hypertrophie du cortex (Figure 21 b). L'épaisseur de la corticosurrénale passe de $1253,2\pm 13,4\ \mu\text{m}$ chez les témoins à $1608,0\pm 34,3\ \mu\text{m}$ chez les castrés avec une différence très hautement significative (28,31%, $p=0,0001$). Alors que la zone glomérulée ne subit aucune modification histologique (Figure 21 b) et morphométrique (Figure 22), alors qu'elle occupe environ 4.8 % par rapport au cortex total. En effet l'épaisseur de cette zone diminue légèrement de $79,4\pm 2,6\mu\text{m}$ chez les témoins à $77,7\pm 2,5\mu\text{m}$ chez les castrés cette diminution est statistiquement non significative (-2,07%, $p=0,88$) comparés aux témoins, la surface des cellules glomérulaires et des noyaux présentent une faible diminution statistiquement non significative (0,63%, $p=0,63$ et -2,77%, $p=0,589$) alors que le rapport nucléo-cytoplasmique reste constant (Figure 23).

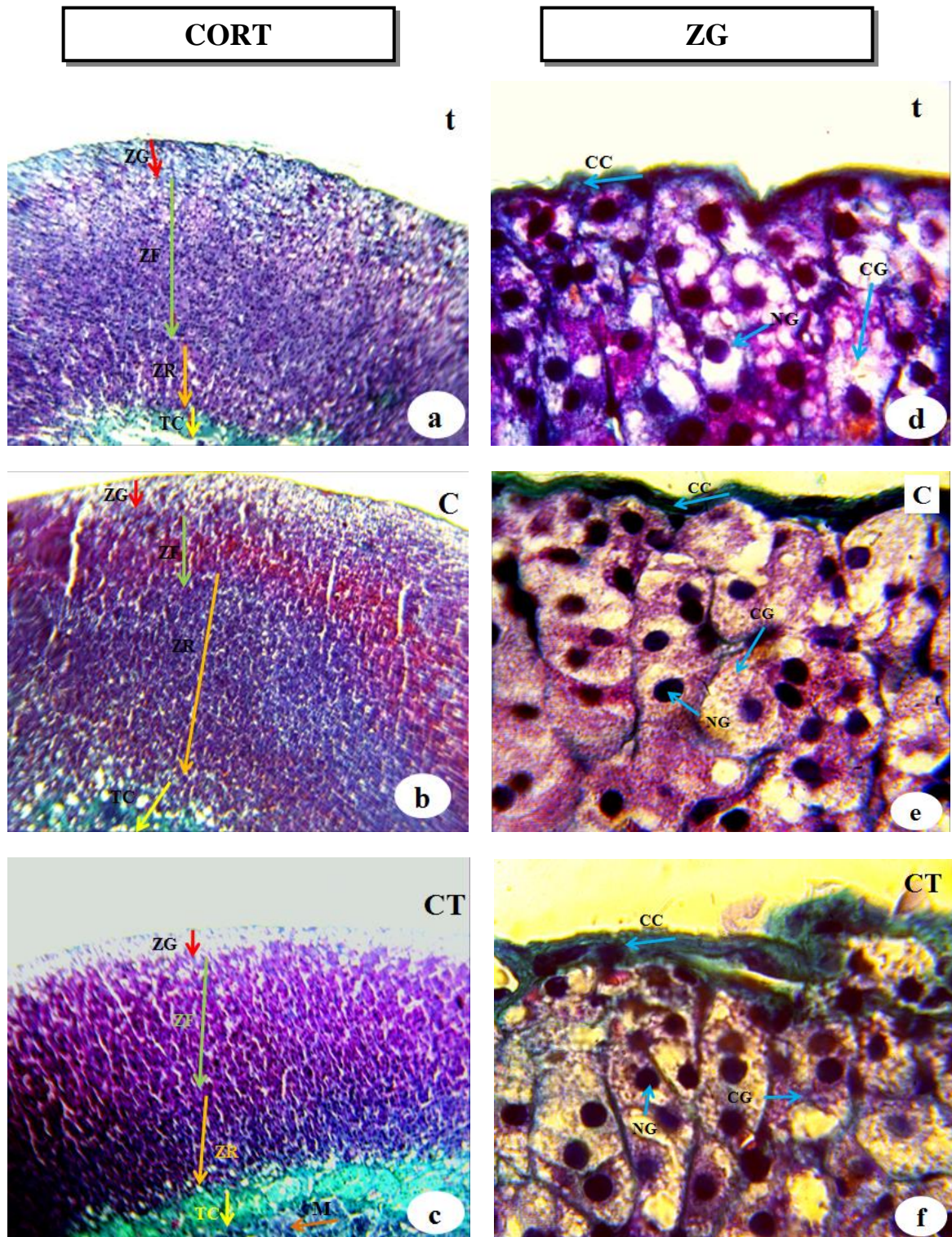


Figure 21: Influence de la castration sur l'histologie du cortex surrénalien et de la zone glomérulée corticosurrénalienne chez *Gerbillus tarabuli*, mâle adulte.

Coloration: trichrome de Masson

a, b et c : cortex (G : x100) ; **d, e et f :** Zone glomérulée (G : x1000)

t : témoin ; **C :** castrés ; **CT :** castrés traités à la testostérone ; **CORT :** cortex surrénalien ; **ZG :** zone glomérulée ; **ZF :** zone fasciculée ; **ZR :** zone réticulée ; **CC :** capsule conjunctive ; **CG :** cellule glomérulaire ; **NG :** noyau de la cellule glomérulaire ; **M :** médullaire.

• **Chez le castré traité à la testostérone (CT) :**

On constate une restauration de l'histologie de la surrénale identique à celle du témoin (Figure 21 c), puisque en comparant les animaux de ces lots aux castrés, la diminution observée est très hautement significative (-26,05%, $p= 0.0001$) et ramènent les valeurs à celles des témoins avec lesquels la différence est non significative (-5,11%, $p= 0.145$) (Figure 23).

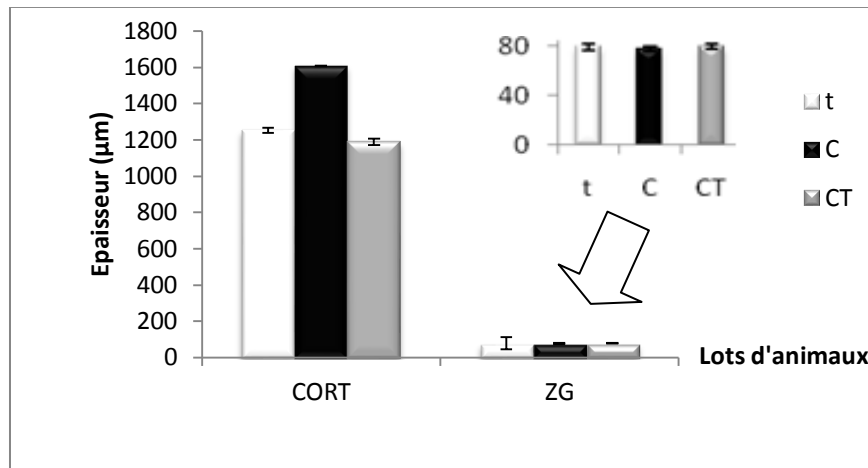


Figure 22 : Influence de la castration sur l'épaisseur de la zone glomérée du cortex surrénalien, chez *Gerbillus tarabuli*, mâle adulte.

t : témoin ; C : castré ; CT : castrée traité à la testostérone ; CORT : cortex surrénalien ; ZG : zone glomérée.

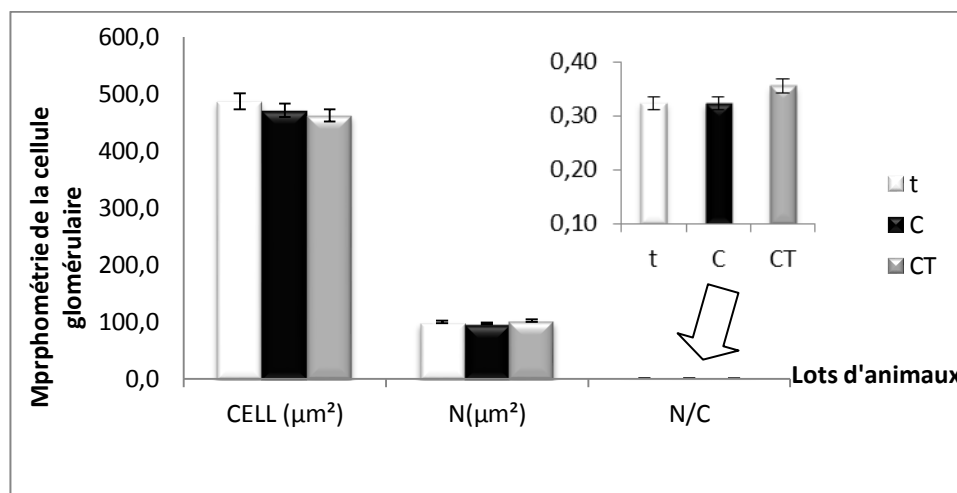


Figure 23 : Influence de la castration sur la morphométrie de la cellule glomérale chez *Gerbillus tarabuli*, mâle adulte.

t : témoin ; C : castré ; CT : castrée traité à la testostérone ; CELL : cellule glomérée ; N : noyau ; N/C : rapport nucléocytoplasmique.

L'analyse des coupes histologiques de la glande surrénale chez la gerbille *Gerbillus tarabuli* mâle adulte castrée révèle une augmentation très nette du volume total du cortex surrénal.

Ces résultats confirment les données de **Zatra (2008)** chez cette même espèce. Des constatations similaires sont rapportées chez nombreuses espèces animales comme les hamsters (**Keyes, 1948 ; Zieger et al., 1980**), le rat des sables *Psammomys obesus* (**Boudoucha, 1990 ; Gernigon-Spychalowicz et al., 1992 ; Benmouloud et al., 2014**), *Meriones libycus* (**Belhocine et Gernigon-Spychalowicz, 1996 ; Aknoun, 2009**) et le lapin domestique *Oryctolagus cuniculus* (**Kandsi-Bouhadad et Hadj-Bekkouche, 2010**).

En 1938, **Hall et Korenchevsky** avaient déjà montré que la castration entraînait chez le rat une hypertrophie des zones fasciculée et réticulée mais pas celle de la glomérulée.

Benmouloud et al. (2014) montrent que la castration provoque hypertrophie corticosurrénalienne ainsi qu'une élévation du contenu du cortex surrénal en protéines, acides nucléiques et du rapport ARN/ADN. L'apoptose des cellules corticosurrénales en fragments apoptotiques est analysé par l'étiquetage *in situ* d'ADN nucléaires a prouvé que le répertoire apoptotique détecté dans la zone glomérulée était semblable à celle observée chez les animaux non-castrés.

La castration n'a aucun effet sur la zone glomérulée chez *Gerbillus tarabuli* mâle adulte. Ceci confirment les résultats de **Zatra (2008)** chez cette même espèce et sont similaires à ceux de **Benmouloud (2003 et 2015)** chez le rat des sables *Psammomys obesus*, de **Aknoun (2009)** chez *Meriones libycus* et ainsi que ceux de **Ajdžanović et al. (2015)** chez les rats wistar.

Nos résultats sont différents de ceux de **Reiter et Hoffman (1967)** chez le hamster doré *Mesocricetus auratus*, qui signalent que la majorité de mitoses se produisent dans les zones glomérulée et fasciculée.

En 1948, Keyes avait déjà montré chez le hamster mâle que la castration entraine une hypertrophie de la zone glomérulaire et des cellules glomérulaires et ses noyaux.

Le traitement à la testostérone chez *Gerbillus tarabuli*, mâle adulte restaure l'aspect histologique à celle du témoin.

Ces observations confirment les données de **Zatra (2008)** chez même espèce et sont similaires à celles signalées dans les travaux de **Aknoun (2009)** chez *Meriones libycus*, de **Benmouloud (2015)** qui indiquent que les androgènes agissent en tant que facteurs de

régulation pour la mort programmée de cellules cortisurréaliennes chez *Psammomys obesus*.

Ajdžanović et al. (2015) montrent que l'administration de propionate de testostérone pendant trois semaines chez les rats en andropause augmente le volume de cellules et de noyaux de ZG de manière significative avec un arrangement en groupement sporadique de petites cellules et une vacuolisation de gouttelettes lipidiques.

Les effets des androgènes sur la surrénale se manifestent par le biais de récepteurs au androgènes (RA) identifiés par plusieurs auteurs chez même espèce (**Zatra et al., 2009**), chez le rat (**Calandra et al., 1978 ; Rifka, 1978 ; Bentvelsen et al., 1996 ; Pelletier, 2000**) et chez le cobaye (**Hirst et al., 1992 ; Pelletier, 2000**). **Benmouloud (2015)** les a identifiés également au niveau de la zone glomérulée du rat des sables *Psammomys obesus*.

Ajdžanović et al. (2015) montrent que les (RA) sont localisés dans le cytoplasme des cellules glomérulaires. La réduction des stéroïdes sexuels agit sur l'expression des gènes des RA dans la ZG. Ils montrent aussi que les effets de testostérone sur le cortex surrénalien sont non seulement par l'intermédiaire de l'hypophyse mais par la modulation d'activité des enzymes de la stéroïdogénèse.

La castration a été étudiée par certains auteurs chez la femelle, notamment **Saruhan et Ozdemir (2005)** montrent que chez les rats wistar albinos, adultes peut avoir comme conséquence une diminution de l'activité du cortex surrénal. En revanche, l'injection d'œstradiol peut causer une croissance significative dans l'activité du cortex surrénal (**Fekete et al., 1941 ; Saruhan et Ozdemir, 2005**).

III.1.3.Effets sur les paramètres biochimiques

III.1.3.1. Effets sur les concentrations plasmatiques en aldostérone

Les concentrations plasmatiques (pg/ml) en aldostérone de différents lots (témoin, castré et castré traité) sont montrées sur la figure 24.

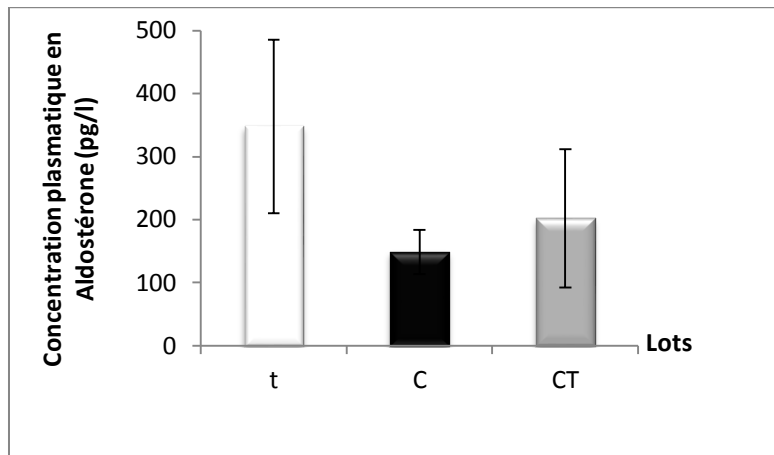


Figure 24: Influence de la castration sur les concentrations plasmatiques en aldostérone chez *Gerbillus tarabuli*, mâle adulte.

t : témoin ; C : castré ; CT : castrée traité à la testostérone.

Chez les gerbilles mâles *Gerbillus tarabuli* témoins, la concentration plasmatique en aldostérone est en moyenne de $348,1 \pm 137,6$ pg/ml. Elle est de $148,5 \pm 35,1$ chez les castrés. On note donc une diminution de 57,4% ($p=0,37$). Remarquons toutefois que cette diminution est statistiquement non significative en raison de grandes variations individuelles.

Le traitement à la testostérone rétablit le niveau d'aldostérone dans le plasma (35,9%), mais reste inférieur à celle de témoin (42%) (Figure 24).

Ajdžanović et al, (2015), a constaté des résultats similaires concernant l'effet de la castration, et différent pour l'effet du traitement à la testostérone.

D'autres part, nos résultats sont différentes de ceux retrouvées chez plusieurs espèces, notamment chez le rat (Kau et al., 1999 ; Tooh et al., 2007 ; Chang et al., 2008 ; keinitz et Quinkler, 2008 ; Hofmann, 2012 ; Albiger et al., 2011), même chez l'homme, (Sanger et al., 2006 ; Yanesa et Romerob, 2009), et les bovins (Lynne et al., 1992) signalant une augmentation de la concentration d'aldostérone au niveau plasmatique.

Le traitement à la testostérone a un effet inhibiteur sur la sécrétion d'aldostérone se manifeste au niveau des cellules glomérulaires par l'inhibition de la stimulation par l'ACTH et Ang II (Kau et al., 1999 ; Jenkins et al., 2007).

En fait la testostérone inhibait la production d'aldostérone par l'inhibition de l'activité cyt p450 (conversion de 25-OH-cholestérol en pregnenolone), aldostérone-synthétase, (conversion de la corticostérone en aldostérone) (Simpson *et al.*, 1988 ; Aguilera, 1993), par l'inhibition de 21 ou 11 β hydroxylase (Vicencio *et al.*, 2006), et même par l'accumulation de l'AMPc. D'autres études suggèrent que l'action inhibitrice de la sécrétion d'aldostérone se manifeste uniquement sur l'inhibition de aldostérone-synthétase et non par l'accumulation de l'AMPc (Jenkins *et al.*, 2007). Et encore les androgènes surrénaliens notamment la déhydroepiandrosterone agit directement sur les cellules de la ZG et diminuent la sécrétion d'aldostérone par inhibition de la voie de AMPc ou par l'action sur la mobilisation intracellulaire du Ca^{2+} . En outre il affecte sur la fonction des enzymes stéroïdogénique du post-P450_{sc} (Chang *et al.*, 2008).

III.1.3.2. Effets de la castration sur l'hématocrite

L'hématocrite est mesuré en pourcentage chez les lots témoins, elle est de $44,7 \pm 1,9\%$. On constate que cette valeur augmente de façon statistiquement non significative chez les lots castrés (-5,85%, $p=0,426$).

Le traitement à la testostérone diminue le taux de l'hématocrite statistiquement significative (-11,34%, $p=0,049$) comparés aux lots castrés.

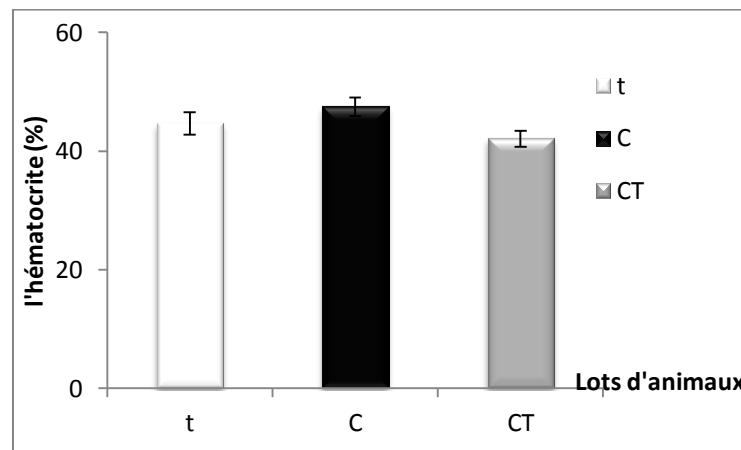


Figure 25: Effet de la castration sur l'hématocrite chez *Gerbillus tarabuli*, mâle adulte.

t : témoin ; C : castré ; CT : castrée traité à la testostérone.

En conclusion, la castration n'entraîne aucun effet sur le taux de l'hématocrite.

Nos résultats sont similaires à ceux de **Aknoun (2009)** chez le mérion mâle, *Meriones libycus*, de **Moore et al. (1978)** et **Cherfi et Lacherab (2011)** chez le rat et chez les bovins (**Early et Crowe, 2002 ; Martins et al., 2011 ; Ferreira et al., 2015**).

Nos résultats sont différents de ceux obtenus chez l'homme (**Hamilton et al., 1964 ; Rossi et Tostain, 2004**), et chez les animaux tel que le rat (**Schmidt et al., 1987 ; Benadouda et Boudef, 2011 ; Bellili et Bichara, 2012**), les souris (**Sullivan et al., 1995**), les lapins blancs (**Zhao et al., 2013**) et les poulets (**Snapir et al., 1969**). Ces derniers signalent une augmentation. En effet, **Cecil et Baskst (1990)** Chez les coqs suggèrent que l'augmentation de taux de l'hématocrite pourrait être employée pour prévoir la maturation fonctionnelle des testicules. **Duan et al. (2012)** indiquent que la castration peut affecter les phénotypes des deux espèces différentes de coqs.

L'augmentation de taux de l'hématocrite peut causer chez les patients présentant des maladies vasculaires une augmentation de viscosité de sang et plus grand risque de thrombose (**Basaria et Dobs, 1999 ; Viallard et al., 2000 ; Stergiopoulos et al., 2008**).

Le traitement à la testostérone entraîne une diminution de pourcentage de l'hématocrite de façon statistiquement significative.

Moore et al. (1978) et **Duan et al. (2012)** ont noté que le traitement d'œstrogène a diminué le taux de l'hématocrite tandis que la progestérone n'a aucun effet chez les rats.

Par contre les travaux de (**Snapir et al., 1969**) signalent que l'administration de propionate de testostérone augmente le taux de l'hématocrite chez les poulets.

Zhao et al. (2013) montrent que l'injection d'undecanoate de testostérone à long terme conduit à une élévation de taux de l'hématocrite. Ils indiquent également que l'hématocrite est l'un des différents facteurs de risque pour la mortalité chez les lapins blancs présentant une maladie cardiaque coronaire. Alors que le traitement de lapin castré au propionate de testostérone ne modifie ni l'hématocrite ni le taux d'hémoglobine sanguine (**Wibowo et Zielhuis, 1981**).

III.2. PARTIE PHYLOGENETIQUE

Les espèces de genre *Gerbillus* ont été l'objet d'un grand nombre d'études morphologiques, cytogénétiques et enzymatiques concernant leur taxonomie et leur systématique (Chibani et Cheniti, 1982 ; Lay, 1983 ; Chetoui et al., 2002 ; Aniskin et al., 2006). Cependant, plusieurs espèces de ce genre sont toujours sous la discussion taxonomique (Chevret et Dobigny, 2005 ; Abiadh et al., 2010 ; Alhajeri et al., 2015 ; Ndiaye et al., 2016). En outre, beaucoup reste à étudier sur la distribution, de l'écologie et de l'évolution de ces rongeurs en Afrique du Nord.

III.2.1. Résultats de la GenBank

Notre étude est basée sur la reconstruction phylogénétique à partir de 388 séquences (gène : *cytb*, *IRBP*,.....*etc*) de 17 espèces appartenant au genre *Gerbillus*, récupérées auprès de la GenBank. Les espèces qui ont été utilisé dans ces analyses phylogénétiques sont: *G. poecilops*; *G. henleyi*; *G. occiduus*; *G. gerbillus*; *G. nanus* ; *G. amoenus* ; *G.andersoni* ; *G.cheesmani* ; *G.floweri* ; *G.latastei* ; *G.nancillus* ; *G.nigeriae* ; *G.perpallidus* ; *G.pyramidum* ; *G.tarabuli* ; *G.hoogstrali* et *G.hosperinus* localisées dans différentes régions géographiques.

Les séquences de chaque espèce extraite à partir de la GenBank, leur type de gène et leur origine géographique ont été montrées dans le tableau I en annexe II. Il faut signaler qu'il y a plusieurs séquences identiques à 100 %, pour cela nous ne prendrons en considération qu'une seule séquence représentative.

Tableau II : Les séquences d'ADN nucléaire et mitochondrial extraites de la GenBank pour le genre *Gerbillus*

Espèce	Nombre total des séquences	Séquences d'ADN nucléaire	Séquences d'ADN mitochondrial	Nombre total de <i>cytb</i>
<i>G. amœnus</i>	8	2	6	6
<i>G. andersoni</i>	7	3	4	4
<i>G. cheesmani</i>	5	2	3	3
<i>G. floweri</i>	6	1	5	5
<i>G. gerbillus</i>	53	22	31	29
<i>G. henleyi</i>	37	13	24	24
<i>G. hesperinus</i>	2	1	1	1

<i>G. hoogstrali</i>	11	2	9	9
<i>G. latastei</i>	19	1	18	15
<i>G. nancillus</i>	45	1	44	43
<i>G. nanus</i>	51	12	39	33
<i>G. nigeriae</i>	48	34	14	12
<i>G. occiduus</i>	28	3	25	25
<i>G. perpallidus</i>	7	1	6	6
<i>G. pæcilops</i>	2	1	1	1
<i>G. pyramidum</i>	19	5	14	13
<i>G. tarabuli</i>	40	5	35	35
Total :	388	109	279	264

D'après le tableau ci-dessus, nous remarquons qu'il y a :

- ❖ 109 Séquences d'ADN génomique : IRBP, GHR, akr1b, RAG1, AVPR2...*etc.*
- ❖ 279 Séquences d'ADN mitochondriale majoritairement le cytb (264 séquences de cytb).

Notre choix s'est porté sur un gène mitochondrial, le cytochrome b (cytb) (Figure 26), pour établir des liens de parenté entre les espèces du genre *Gerbillus*, parce que ce dernier est très largement utilisé dans les études de phylogénie et il est donc bien documenté pour de nombreux groupes de mammifères (**Bradley et Baker, 2001 ; Delsuc et al., 2003**) tels que les rongeurs (**Martin et al., 2000 ; Veyrunes et al., 2005 ; Pagès et al., 2012 ; Nicolas et al., 2012 ; Galan et al., 2012**). Les études moléculaires réalisées à ce jour sur les Gerbillinae ont également utilisé le cytb (**Chevret et Dobigny, 2005 ; Abiadh et al., 2010 ; Ito et al., 2010 ; Ndiaye et al., 2012, 2013**). Le cytb est un gène présent en de nombreuses copies dans la cellule, est considéré comme clonal et rarement ou jamais soumis à la recombinaison (**Le et al., 2000**). Il est transmis maternellement (hérédité cytoplasmique) (**Gyllensten et al., 1991**). Enfin il a un taux de mutation plus élevé que les gènes nucléaires.

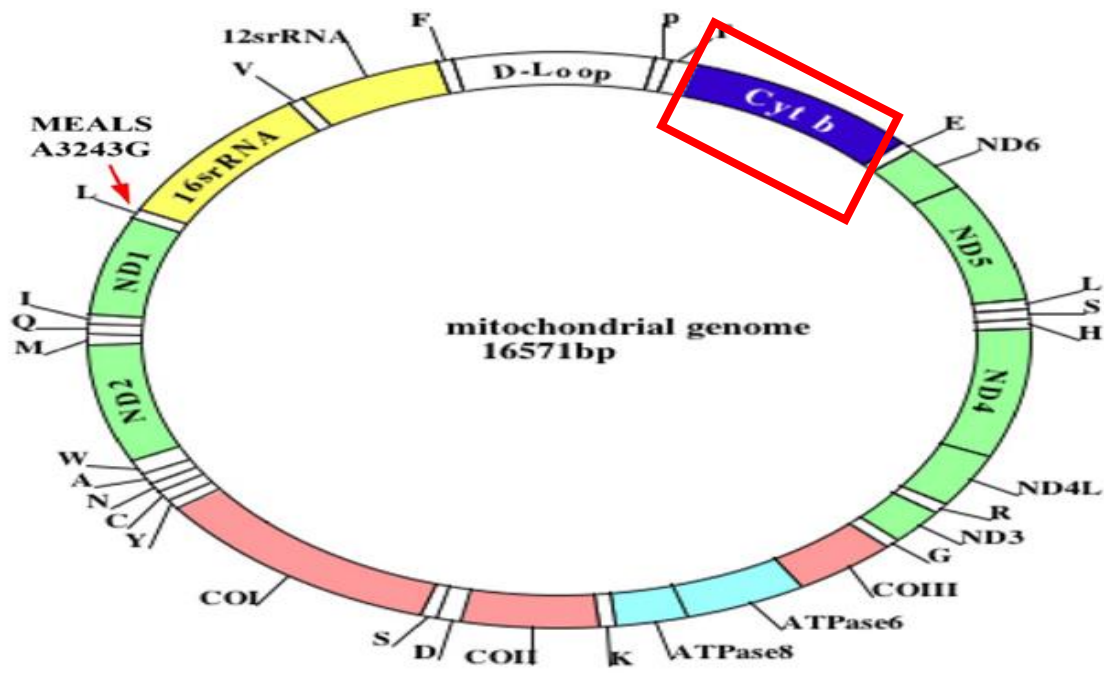


Figure 26: la position de *cytb* dans l'ADN mitochondrial (Reddy, 2011).

III.2.2. Construction des arbres phylogénétiques

La construction des arbres phylogénétiques ont été réalisées à l'aide du programme MEGA5. Tout d'abord, nous avons choisi les séquences représentatives de *cytb* en se basant sur leurs origines géographiques (tableau III en annexe II).

A. Pour l'espèce *G. amænus* : Au total, nous avons 6 séquences de *cytb*, 5 séquences sont de l'Égypte et une séquence du Burkina-Faso, nous avons choisi 4 séquences d'Égypte de différentes tailles (entre 228pb à 238pb) et une séquence de Burkina-Faso (1140pb) pour construire l'arbre.

B. Pour l'espèce *G. andersoni* : 4 séquences de *cytb* ont été choisi, 2 de l'Égypte de longueur différente (1119 et 1140pb), une de Burkina-Faso (1140pb) et une du Mali (1140pb).

C. Pour l'espèce *G. cheesmani* : 2 séquences du Mali avec une taille différente (1118pb et 1140pb) et une d'Égypte (1115pb).

D. Pour l'espèce *G. floweri* : nous prendrons toutes les séquences de ce genre, 4 d'Égypte avec une taille différente (entre 225pb à 232pb) et une de Burkina-Faso (1140pb).

E. Pour l'espèce *G. gerbillus* : Au total, nous avons 29 séquences de *cytb*, nous avons choisi seulement 10 séquences représentatives : 3 d'Égypte (228pb, 226pb et 220pb), 2 de Tunisie (1006pb et 1071pb), une du Mali (1140pb), une de Burkina-Faso (1140pb), une du Maroc (1140pb), une du Soudan (1140pb) et une du Kuweit (1121pb).

F. Pour l'espèce *G. henleyi* : Nous avons repris 24 séquences de cytb, 2 séquences de Burkina-Faso (de 1132pb et 1140pb), une de Mali (1140pb), une de Niger (1113pb), une de Bénin (819pb) et une de l'Egypte (1115pb) ont été choisis pour l'arbre.

G. Pour l'espèce *G. latastei* : Au total, nous avons 15 séquences, une séquence du Soudan (1115pb), 8 de Tunisie (sa taille entre 1055pb à 1140pb) et 3 séquences d'Algérie (taille entre 539pb à 903pb) ont été choisis.

H. Pour l'espèce *G. nancillus* : Au total, nous avons 43 séquences, seulement une séquence du Soudan (1140pb) et 7 du Sénégal (tailles entre 1119pb et 1440pb) ont été choisis.

I. Pour l'espèce *G. nanus* : 33 séquences ont été trouvées dont 11 sont des séquences représentatives de taille différente: 2 du Mali, 4 d'Egypte, une de Kuweit, une du Niger, une du Sénégal, une d'Arabie Saoudite et une de Burkina-Faso.

J. Pour l'espèce *G. nigeriae* : Nous avons trouvé 12 séquences dont 2 séquences d'Egypte (de tailles différentes, 1140pb à 1115pb), 3 du Mali (de longueur respectivement de: 1140pb, 1115pb et 1134pb) et une du Soudan (1140pb) ont été choisis pour l'arbre.

K. Pour l'espèce *G. occiduus* : Au total, 25 séquences ont été récupérées de la GenBank dont 5 séquences de même taille (1140pb) ont été choisis pour la construction de l'arbre : 2 du Maroc, une du Mali, une de l'Egypte et une du Soudan.

L. Pour l'espèce *G. perpallidus* : 6 séquences de cytb ont été extraites, seulement 3 séquences ont été choisis, 2 du Maroc avec une longueur de 239pb et une d'Egypte avec une longueur de 1130pb.

M. Pour l'espèce *G. pyramidum* : 13 séquences ont été extraites de la GenBank, 2 séquences d'Egypte, une du Mali, une du Maroc (1140pb) et une du Soudan (1115pb) ont été choisis pour la construction de l'arbre.

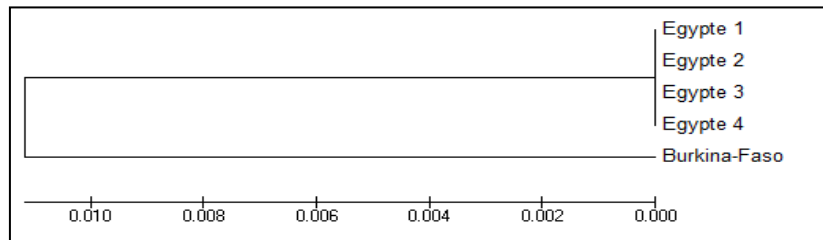
N. Pour l'espèce *G. tarabuli* : Au total, 35 séquences de cytb ont été trouvées parmi eux 9 séquences de tailles différentes (entre 1096pb à 1140pb) sont considérées comme les séquences représentatives : 4 de Tunisie, 2 de Maroc, 2 de Soudan et une de Mali.

O. Pour l'espèce *G. pæcilops*, *G. hoogstrali* et *G. hesperinus* : une seule séquence de taille 1140pb a été considérée comme une séquence représentative pour chacune de ces espèces.

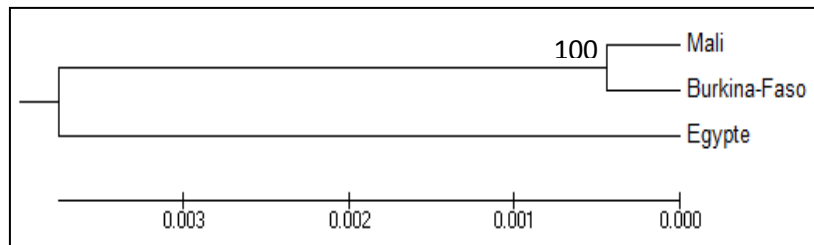
D'après ces résultats, nous avons remarqué que toutes ces séquences de cytb étaient très différentes en termes de variation de longueur entre 220 à 1140 pb. Les séquences les plus courtes ont été notées chez *G. gerbillus* et les plus longues ont été trouvées chez l'espèce *G. andersoni* et *G. occiduus*. En effet, les séquences représentatives alignées de chaque espèce ont été coupées de façon à obtenir la même longueur de cytb analysé.

Toutes les espèces montrent une divergence génétique relativement élevée une fois comparées par des paires. Ce pourcentage de différenciation génétique est semblable à ce qui a été trouvé dans d'autres genres de rongeur (**Bradley et Baker, 2001**) où la divergence interspécifique moyenne du *cyt b* entre des espèces sœurs s'étend de 2.7% à 19.23% (**Abiadh et al., 2010**).

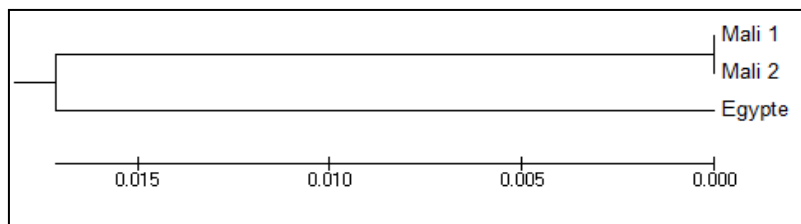
Des arbres phylogénétiques ont été construits avec la méthode UPGMA sur le gène *cytb* de l'ADNmt (tableau III en annexe II) des 17 espèces de *Gerbillus*, en utilisant le modèle Kimura-2 paramètres (**Kimura, 1980**). On considère généralement que les branches définies par une valeur de "Bootstrap" supérieure à 50% sont fiables. Il faut 1000 répliquions de "Bootstrap" pour que cette méthode soit statistiquement valable. Les arbres phylogénétiques obtenus sont présentés dans la figure 27 (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N).



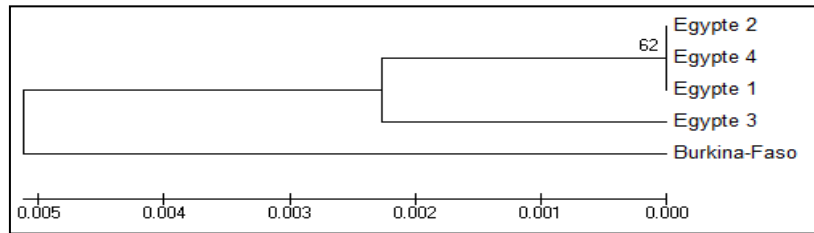
- A. *Gerbillus amoenus* : l'Arbre est divisé en deux branches : l'une inclut quatre séquences : Egypte 1, 2, 3 et 4 avec une valeur de bootstrap 100% et l'autre de Burkina-Faso ; le taux de différence entre les séquences est de 2,19 %.



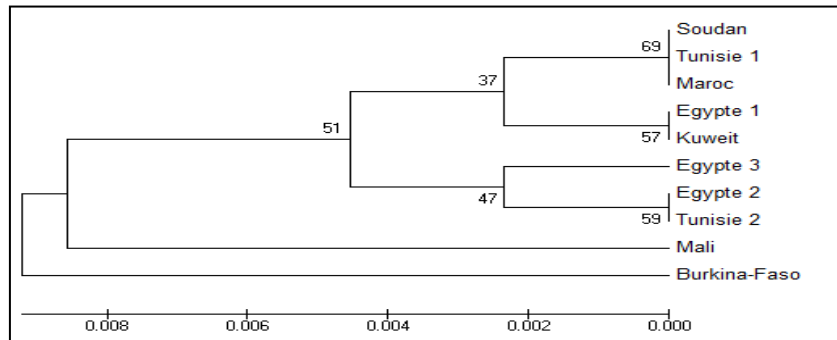
- B. *Gerbillus andersoni* : nous avons deux branches : l'une inclut l'Egypte et l'autre est subdivisée en deux: Mali et Burkina-Faso. Il y a 8 bases différentes sur un total de 1140 sites donc la distance entre eux est égale à 0.70 %.



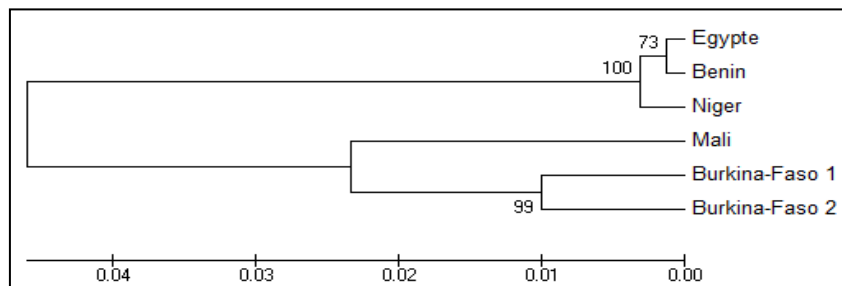
- C. *Gerbillus cheesmani* : Dans cet arbre, nous avons trouvé deux clades : l'un de l'Egypte et l'autre de Mali (1 et 2). Il y a 30 bases différentes sur un total de 1115 sites donc la distance entre ces séquences est de 2,69 %.



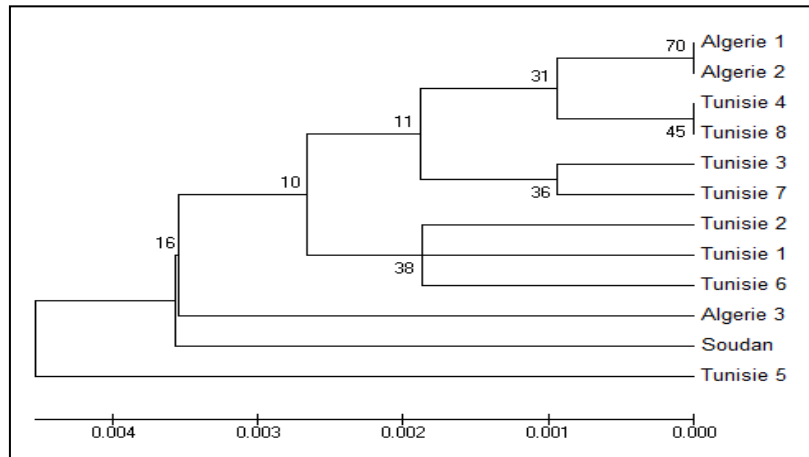
D. *Gerbillus floweri* : Cet arbre est divisé en deux branches: le périmètre inclus une séquence de Burkina-Faso et la seconde est elle-même subdivisée en deux branches l'une incluant l'Egypte 3 et l'autre incluant trois séquences : l'Egypte 1, 2 et 4. La différence sur un total de 222pb est égale à 1,35%.



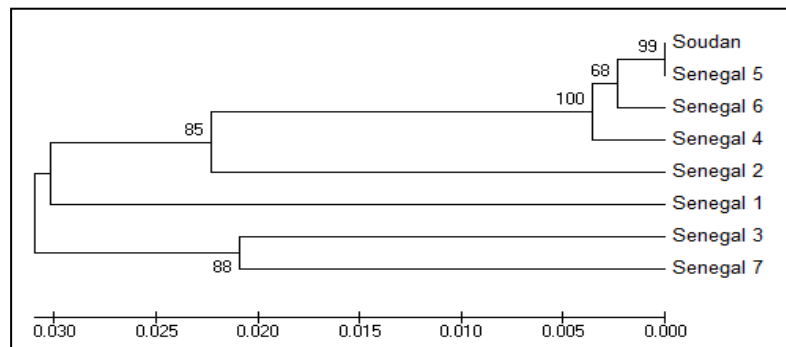
E. *Gerbillus gerbillus* : Notre arbre est divisé en trois clades, le clade 1 comprend la séquence de Burkina-Faso, le clade 2 comprend la séquence de Mali, et le clade 3 qui lui-même se subdivise en deux clades chacun contenant un sous-clade qui contient les séquences du Soudan, Egypte, Maroc, Kuwait, et la Tunisie. Le taux de différence est de 2,72%.



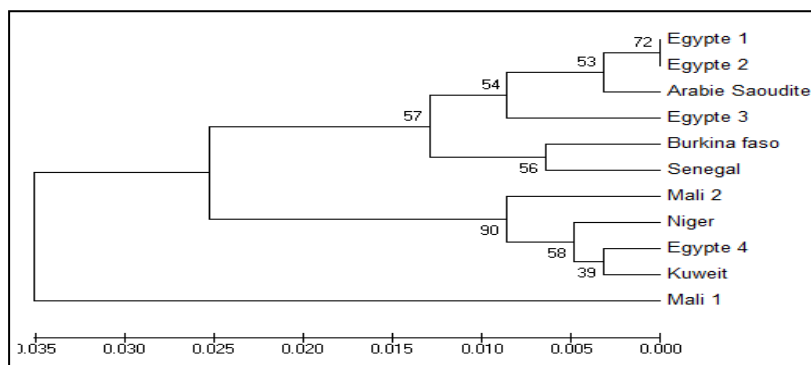
F. *Gerbillus henleyi* : Notre arbre est divisé en deux branches :
 • Branche 1 : divisée en deux : l'une Niger et l'autre renferme Bénin et Egypte.
 • Branche 2 : subdivisée en deux : l'une Mali et l'autre incluant deux séquences : Burkina-Faso 1 et 2. Le taux de différence entre toutes les séquences est de 3.65 %.



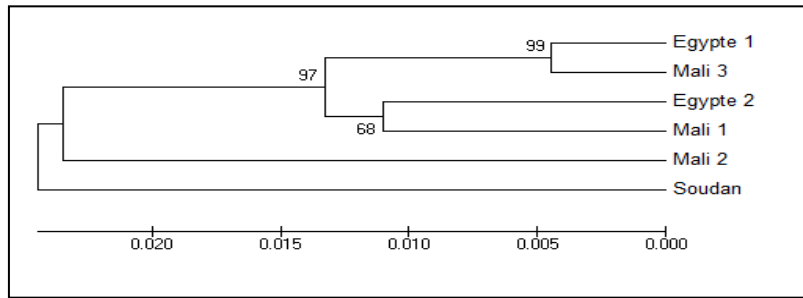
G. *Gerbillus latastei* : cet arbre est divisé en 4 clades, le premier inclus une séquence de la Tunisie, le deuxième inclus une séquences du Soudan, le troisième inclus une séquences de l'Algérie, et le dernier clade subdivise en deux autres clades l'un divisé en sous-clade comporte les séquences d'Algérie et Tunisie, et l'autres comprend trois séquences de la Tunisie. Sur un total de 539pb la différence entre les deux sous-clades de Tunisie 1, Tunisie 5 et de Tunisie 4, Tunisie 3, Tunisie 5 est respectivement 1,8% et 7,4%. La différence entre les séquences d'Algérie (1, 2, 3) est de 1,2 % pour cela ils sont classés dans différentes branches.



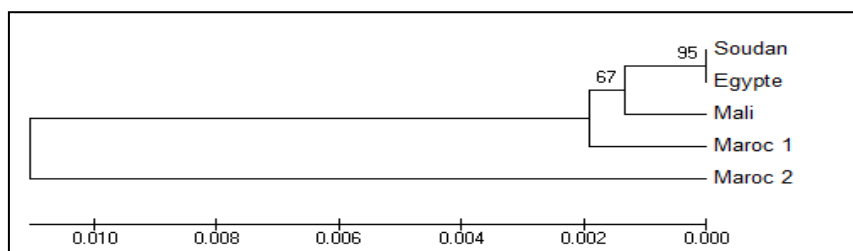
H. *Gerbillus nancillus* : Cet arbre est divisé en plusieurs clades qui comprennent des séquences du Sénégal et du Soudan. La différence entre les séquences du Sénégal 4 et Sénégal 2 d'une part et entre les séquences du Sénégal 4 et Sénégal 1 et du Sénégal 4 et Sénégal 3 d'une autre part est respectivement 3,62% ; 5,4% et 6%. Le taux de différence est 8.7%.



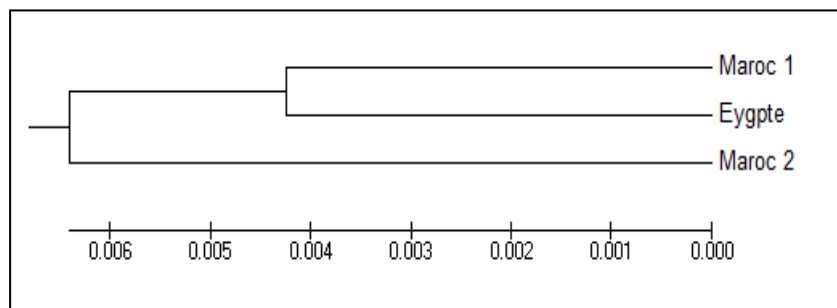
I. *Gerbillus nanus* : Dans cet arbre nous avons trois clade : clade 1 qui inclus une séquence du Mali, clade 2 se divise en deux sous clades avec quatre séquences, clade 3 inclus deux sous clade contenant six séquences. La différence entre les séquences de l'Egypte est 3.3%, pour cela ils sont classés dans différentes branches.



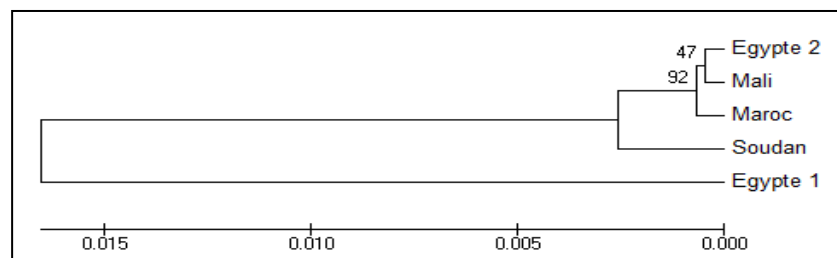
J. *Gerbillus nigeriae* : Nous avons divisé cet arbre en 3 clades qui contiennent les séquences du Mali, Egypte, et Soudan. La différence entre les séquences du Mali et d’Egypte localisées dans différentes branches est respectivement de 3.2% et 2.7%.



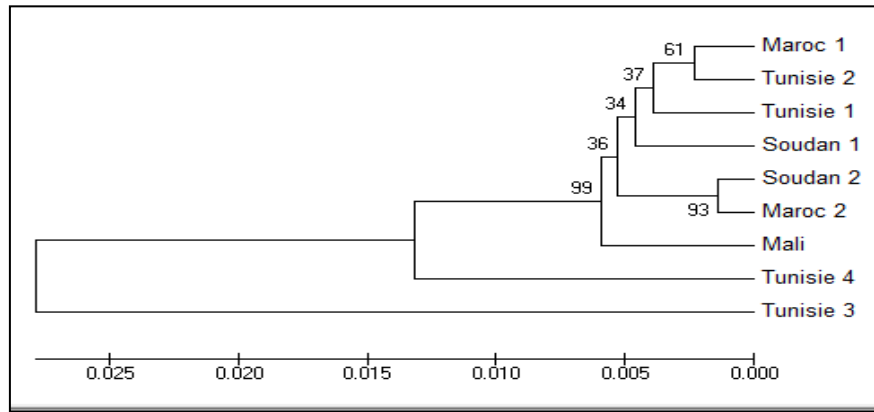
K. *Gerbillus occiduus* : L’arbre suivant est divisé en deux branches, l’une contient une séquence du Maroc et l’autre est partagée en sous-branche, le premier contient une séquence du Maroc et le deuxième contient deux branches avec 3 séquences du Soudan et de l’Egypte inclus dans une branche et Mali dans une autre branche. La différence entre Maroc 1 et Maroc 2 est de 2.2%



L. *Gerbillus perpallidus* : Cet arbre est divisé en deux branches, l’une inclus une séquence du Maroc 2 et l’autre divisé en deux sous-branches inclus des séquences du Maroc et de l’Egypte. La différence entre les animaux du Maroc est de 1.7%.



M. *Gerbillus pyramidum* : Nous avons remarqué que les séquences de l’Egypte sont localisées dans différentes branches de l’arbre avec un taux de différence de 3.22% sur un total de 1115pb.



N. *Gerbillus tarabuli* : L'arbre est divisé en 3 clades l'un contient une seule séquence de la Tunisie et l'autre divisé en deux clades, clade 1 comprend la séquence de la Tunisie et clade 2 comprend deux autres clades qui contiennent des séquences du Maroc, Tunisie, et Soudan. Le taux de différence entre les séquences de Tunisie est de 5,4%,

Figure 27: Arbres phylogénétiques par la méthode UPGMA basés sur des séquences de *cytb*, reconstruisent les relations phylogénétiques entre 17 espèces de genre *Gerbillus*. Les valeurs sur les branches indiquent les valeurs bootstrap pour 1000 répliques.

Pour les espèces *G. hoogstrali*, *G.hesperinus* et *G. pœcilops* : on ne peut pas construire les arbres phylogénétiques car chacune possède une seule séquence représentative de *cytb* alors qu'il faut plus de trois séquences pour construire un arbre.

III.2.3. Arbre phylogénétique global du genre *Gerbillus* :

La construction de l'arbre final qui représente les 17 espèces du genre *Gerbillus* est basée sur les séquences représentatives de *cytb* de chaque espèce :

1. *G. amænus* : Nous avons choisi 2 séquences de l'Egypte et une du Burkina-Faso qui appartiennent à deux branches différentes de l'arbre de cette espèce.
2. *G. andersoni* : 2 séquences de *cytb* localisées sur deux clades (Egypte et Mali) ont été choisi.
3. *G. cheesmani* : 2 séquences : Mali et Egypte.
4. *G. floweri* : nous prendrons deux séquences de l'Egypte (1 et 2) et une du Burkina-Faso.
5. *G. gerbillus* : 6 séquences représentatives : Egypte 3, Tunisie 2, Mali, Burkina-Faso, Soudan et Kuweit.
6. *G. henleyi* : nous avons repris 4 séquences de *cytb* qui sont : Burkina-Faso, Mali, Niger, Bénin.

7. *G. latastei* : au total, nous choisissons 7 séquences provenant du Soudan, Tunisie (1, 3, 4 et 5) et de l'Algérie (2 et 3).
8. *G. nancillus* : au total, nous avons choisi 4 séquences provenant de deux pays : Soudan et Sénégal (1, 2 et 3).
9. *G. nanus* : Mali, Kuweit, Niger, Sénégal, Arabie Saoudite et Burkina-Faso.
10. *G. nigeriae* : Egypte 2, Mali 2 et Soudan ont été choisis pour l'arbre final.
11. *G. occiduus* : Au total, 4 séquences ont été choisies dans la construction de l'arbre : Maroc 1 et 2, Mali et Soudan.
12. *G. perpallidus* : 2 séquences ont été choisies : Maroc 2 et Egypte.
13. *G. pyramidum* : les 4 séquences provenant des pays africains ont été choisies (Egypte, Mali, Maroc et Soudan).
14. *G. tarabuli* : Au total, nous avons pris toutes les séquences de cette espèce (9 séquences : 4 de Tunisie, 2 du Maroc, 2 du Soudan et une du Mali).
15. *G. pæcilops*, *G. hoogstrali* et *G. hesperinus* : nous avons ajouté les séquences représentatives de cytb (une de l'Egypte et 2 de Maroc) dans l'arbre général.

Au total, nous avons une matrice finale qui comprend 61 séquences du cytb de différentes tailles dont 9 séquences de notre modèle d'étude *G. tarabuli*. Ces séquences ont été alignées puis coupées de façon à obtenir des séquences ayant une même longueur de 220 pb, l'arbre global est présenté dans la figure 28.

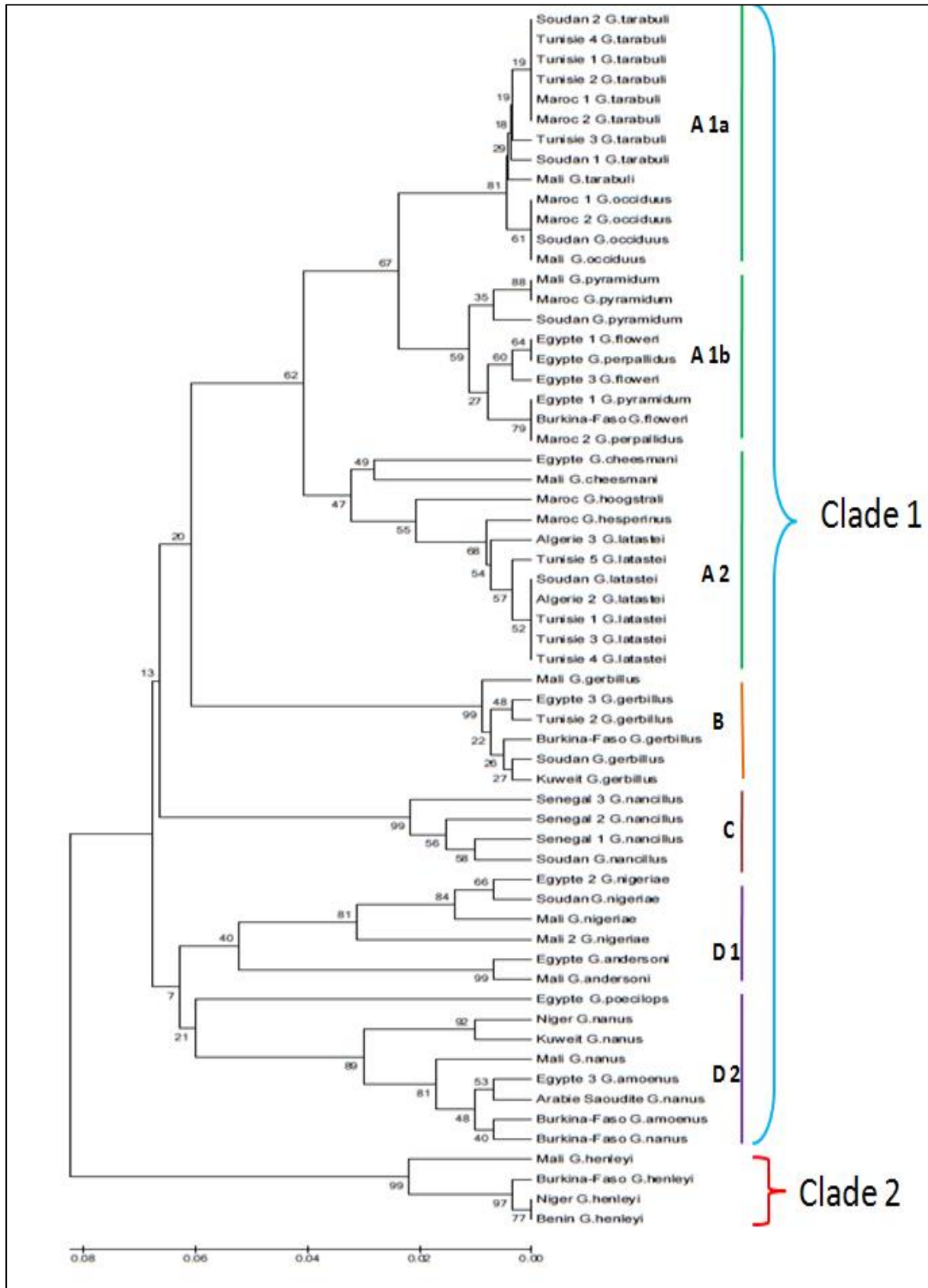


Figure 28: Arbre phylogénétique basé sur les séquences de cytb des 17 espèces du genre *Gerbillus* en utilisant la méthode UPGMA « Kimura 2-paramater » par la suite informatique MEGA5.

D'après l'arbre, les séquences de cytb se répartissent en 2 clades principaux :

- **Le clade 1** : Il comprend la majorité des espèces (*G. tarabuli*, *G. occiduus*, *G.pyramidum*, *G.floweri*, *G.perpallidus*, *G. cheesmani*, *G. hoogstrali*, *G. hesperinus*, *G. latastei*, *G. gerbillus*, *G. nancillus*, *G. nigeriae*, *G. andersoni*, *G.poecilops*, *G.amoenus* et *G. nanus*) correspondrait donc au genre « *Gerbillus* ». Ce clade est subdivisé en quatre sous-clades :

Clade A : Il est subdivisé en deux avec d'une part les espèces *G. tarabuli*, *G.occiduus*, *G.pyramidum*, *G.floweri* et *G.perpallidus* avec une valeur de bootstrap de 67. Ce sous-clade est subdivisé en deux groupes assez bien remarquables avec d'une part les spécimens à *G. tarabuli* et *G.occiduus* (**A1a**) d'origine africaine (Soudan, Tunisie, Maroc et Mali) qui apparaissent comme 2 espèces sœurs très proches, présentant la plus forte valeur de BP= 81, et d'autre part, tous les spécimens de *G.pyramidum*, *G.floweri* et *G.perpallidus* (**A1b**) d'origine africaine (Mali, Maroc, Soudan, Egypte et Burkina-Faso), les spécimens de *G. perpallidus* originaire d'Egypte et Maroc et de *G. floweri* originaire d'Egypte et de Burkina-Faso apparaissent très proches et indifférenciés de la majorité des spécimens de *G. pyramidum*. L'autre sous-clade correspond aux espèces *G. cheesmani*, *G.hoogstrali*, *G.hesperinus* et *G. latastei* (**A2**) avec une valeur de bootstrap en UPGMA inférieure à 50. Ce sous-clade est subdivisé en deux avec d'une part un premier sous-clade constitué de *G. cheesmani* et d'autre part un deuxième sous-clade constitué de trois autres espèces, *G.hoogstrali*, *G.hesperinus* et *G. latastei* avec une valeur de bootstrap de 55.

Clade B : Il correspond à *G. gerbillus* avec une valeur de bootstrap de 20.

Clade C : Il correspond à *G. nancillus* originaire du Sénégal et du Soudan avec une valeur de bootstrap de 13.

Clade D : Il renferme les espèces *G. nigeriae*, *G.andersoni*, *G.poecilops*, *G.amoenus* et *G.nanus*. Ce sous-clade est subdivisé en deux: l'un est constitué de *G. nigeriae* et *G.andersoni* (**D1**) qui apparaît comme des groupe-frères comme le témoigne la faible valeur de bootstrap entre ces deux groupes, et l'autre renferme *G.amoenus*, *G.nanus* et *G.poecilops* (**D2**) avec une valeur de bootstrap entre les deux de 86, soit un schéma analogue à celui publié dans Ndiaye *et al.* (2013).

- **Le clade 2** : Il n'est représenté que par la seule espèce correspond à *G. henleyi* ce qui montre clairement qu'elle constitue une lignée bien différenciée du premier clade de *Gerbillus*.

De manière générale, l'arbre obtenu dans cette partie montre que *Gerbillus* est monophylétique, résultat soutenu par des faibles valeurs de support statistique (bootstrap inférieurs à 50) des nœuds ce qui signifie qu'il n'y a pas une séparation nette des espèces, donc elles sont considérées comme des espèces très proches, à partir d'une matrice de séquences traitées (cytb) avec la méthode UPGMA.

Les mêmes résultats ont été trouvés en utilisant le programme BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov>). Ce programme utilise l'algorithme développé par **Altschul et al., (1990)** pour rechercher les segments similaires entre une séquence requête et l'ensemble des séquences présentes dans la banque nucléique ou protéique. Ceci consiste à faire la comparaison de cette séquence requête avec les génomes existants dans les banques pour y déceler les séquences homologues. Des tests statistiques permettent de décider si l'alignement obtenu est significatif et les résultats fournis sont classés par ordre de fiabilité.

Les séquences sont classées en fonction d'un "score" qui dépend de l'homologie avec la séquence requête, de la taille de la banque et de la valeur du "E-Value". Plus celui-ci est petit, plus l'homologie entre la séquence requête et celle de la banque est grande.

Nous avons comparé la séquence du Mali (sous le numéro d'accèsion KM236146) de *G. tarabuli* par rapport aux autres séquences de *G. occiduus* : du Mali (KM236139) et du Maroc 1 (JN652805). Ces dernières ont une grande similarité de 98% avec la séquence de *G. tarabuli*. Ce résultat montre que ces séquences sont très homologues.

<input type="checkbox"/>	Gerbillus tarabuli voucher Ge tara1 cytochrome b gene, partial cds: mitochondrial	1988	1988	100%	0.0	99%	JN652814.1
<input type="checkbox"/>	Gerbillus tarabuli voucher MAK23 cytochrome b gene, partial cds: mitochondrial	1988	1988	100%	0.0	99%	JN652800.1
<input type="checkbox"/>	Gerbillus tarabuli voucher MAK6 cytochrome b gene, partial cds: mitochondrial	1988	1988	100%	0.0	99%	JN652798.1
<input type="checkbox"/>	Gerbillus occiduus voucher LG110 cytochrome b gene, partial cds: mitochondrial	1961	1961	100%	0.0	98%	JN021432.1
<input type="checkbox"/>	Gerbillus occiduus voucher LG103 cytochrome b gene, partial cds: mitochondrial	1961	1961	100%	0.0	98%	JN021421.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Gerbillus occiduus isolate MAR08-LG134 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	1957	1957	100%	0.0	98%	KM236139.1
<input type="checkbox"/>	Gerbillus occiduus voucher LG139 cytochrome b gene, partial cds: mitochondrial	1957	1957	100%	0.0	98%	JN021430.1
<input type="checkbox"/>	Gerbillus occiduus voucher LG104 cytochrome b gene, partial cds: mitochondrial	1957	1957	100%	0.0	98%	JN021422.1
<input checked="" type="checkbox"/>	Gerbillus occiduus voucher MAK8 cytochrome b gene, partial cds: mitochondrial	1952	1952	100%	0.0	98%	JN652805.1
<input type="checkbox"/>	Gerbillus occiduus voucher MAK7 cytochrome b gene, partial cds: mitochondrial	1952	1952	100%	0.0	98%	JN652804.1
<input type="checkbox"/>	Gerbillus occiduus voucher LG132 cytochrome b gene, partial cds: mitochondrial	1952	1952	100%	0.0	98%	JN021429.1
<input type="checkbox"/>	Gerbillus occiduus voucher LG109 cytochrome b gene, partial cds: mitochondrial	1952	1952	100%	0.0	98%	JN021426.1

Figure 29 : Les similitudes entre la séquence de Mali de *G. tarabuli* avec les séquences de Mali et de Maroc 1 de *G. occiduus* par le programme BLAST.

Nous avons comparé aussi la séquences de l'Égypte 1 de *G. floweri* (KT721350) avec d'autres séquences de *G. perpallidus* (Égypte : KT721341 ; Maroc 2 : JN652806), de *G.*

pyramidum (Egypte 1 : LN606692) et de *G. floweri* (Burkina-Faso : KM236119). L'homologie entre la séquence requête et celle de la banque est de 99 %.

Sequences producing significant alignments:

Select: All None Selected:5

Alignments Download GenBank Graphics Distance tree of results

Description	Max score	Total score	Query cover	E value	Ident	Accession
<input checked="" type="checkbox"/> Gerbillus floweri isolate 100073 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	419	419	100%	1e-113	100%	KT721350.1
<input type="checkbox"/> Gerbillus perpallidus isolate 101828 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	419	419	100%	1e-113	100%	KT721342.1
<input type="checkbox"/> Gerbillus perpallidus isolate 101825 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	419	419	100%	1e-113	100%	KT721341.1
<input type="checkbox"/> Gerbillus perpallidus isolate 101824 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	419	419	100%	1e-113	100%	KT721340.1
<input type="checkbox"/> Gerbillus perpallidus isolate 101819 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	419	419	100%	1e-113	100%	KT721339.1
<input type="checkbox"/> Gerbillus floweri isolate 100064 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	414	414	98%	5e-112	100%	KT721347.1
<input checked="" type="checkbox"/> Gerbillus perpallidus isolate 101831 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	410	410	100%	6e-111	99%	KT721343.1
<input checked="" type="checkbox"/> Gerbillus pyramidum mitochondrial cytb gene for cytochrome b, isolate Gpr	410	410	100%	6e-111	99%	LN606692.1
<input checked="" type="checkbox"/> Gerbillus floweri isolate F2 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	410	410	100%	6e-111	99%	KM236119.1
<input checked="" type="checkbox"/> Gerbillus perpallidus voucher Geperp1 cytochrome b gene, partial cds: mitochondrial	410	410	100%	6e-111	99%	JN652806.1
<input type="checkbox"/> Gerbillus floweri isolate 100067 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	407	407	96%	7e-110	100%	KT721349.1

Figure 30 : Les similitudes entre la séquence Egypte 1 de *G. floweri* avec d'autres séquences de *G. perpallidus*, de *G. pyramidum* et de *G. floweri* par le programme BLAST.

Une homologie de 98% entre la séquence de *G. amoenus* (Egypte 3 : KT721323) et une séquence de la même espèce (Burkina-Faso : KM236112) et celles de *G. nanus* (Arabie saoudite : KT721338 ; Burkina-Faso : LN606685).

Description	Max score	Total score	Query cover	E value	Ident	Accession
<input type="checkbox"/> Gerbillus amoenus isolate 86827 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	426	426	100%	7e-116	100%	KT721325.1
<input type="checkbox"/> Gerbillus amoenus isolate 86825 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	426	426	100%	7e-116	100%	KT721324.1
<input checked="" type="checkbox"/> Gerbillus amoenus isolate 79364 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	426	426	100%	7e-116	100%	KT721323.1
<input type="checkbox"/> Gerbillus amoenus isolate 101215 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	417	417	100%	4e-113	99%	KT721321.1
<input type="checkbox"/> Gerbillus amoenus isolate 101222 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	412	412	96%	2e-111	100%	KT721322.1
<input type="checkbox"/> Gerbillus nanus isolate M4943 cytochrome b (CYTB) gene, partial cds: mitochondrial	412	412	100%	2e-111	99%	JQ753060.1
<input type="checkbox"/> Gerbillus nanus isolate JMD930 cytochrome b (CYTB) gene, partial cds: mitochondrial	412	412	100%	2e-111	99%	JQ753059.1
<input type="checkbox"/> Gerbillus nanus mitochondrial partial cytochrome b gene	412	412	100%	2e-111	99%	AJ851270.1
<input checked="" type="checkbox"/> Gerbillus nanus mitochondrial cytb gene for cytochrome b, isolate 1999032	408	408	100%	2e-110	98%	LN606685.1
<input type="checkbox"/> Gerbillus nanus isolate 1999032 cytochrome b (CYTB) gene, partial cds: mitochondrial	408	408	100%	2e-110	98%	JQ753062.1
<input checked="" type="checkbox"/> Gerbillus nanus isolate 83060 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	403	403	100%	8e-109	98%	KT721338.1
<input checked="" type="checkbox"/> Gerbillus amoenus isolate N3009 cytochrome b (cytb) gene, partial cds: mitochondrial	403	403	100%	8e-109	98%	KM236112.1
<input type="checkbox"/> Gerbillus nanus isolate pb1553 cytochrome b (CYTB) gene, partial cds: mitochondrial	403	403	100%	8e-109	98%	JQ753052.1

Figure 31 : Les similitudes entre la séquence de *G. amoenus* avec une séquence de la même espèce et celles de *G. nanus* par le programme BLAST.

4. Interprétation des relations phylogénétiques entre les différentes espèces du genre *Gerbillus* :

Le genre *Gerbillus* (Musser et Carleton, 2005), inféodé aux milieux désertiques et subdésertiques du Nord de l'Afrique, du Proche et Moyen-Orient, représente l'exemple d'un groupe dont la systématique a été parmi les plus fluctuantes chez les rongeurs : le nombre d'espèces de ce genre ainsi que leur distribution en sous-genres, voir en genres distincts ont beaucoup varié selon les auteurs (Lay, 1983 ; Pavlinov, 2001 ; Musser et Carleton, 2005).

Cette divergence taxonomique est la conséquence de l'utilisation de différentes approches (biochimiques, biogéographiques, écologiques, comportementaux, morpho-anatomiques, cytogénétiques et moléculaires) où les caractères morphologiques et moléculaires sont les plus utilisées et leur congruence permet souvent de délimiter les frontières entre espèces (Dobigny et al., 2003 ; Colangelo et al., 2007 ; Ndiaye et al., 2012 ; 2013) d'une part, mais aussi de la difficulté de réunir des échantillons suffisants, provenant de toute l'aire de répartition de ces taxons d'un autre part (Dayrat, 2005 ; Padial et al., 2009 ; Ndiaye et al., 2012).

Ce genre est d'ailleurs considéré comme particulièrement intéressant pour aborder les différents aspects de l'évolution chromosomique, du fait du nombre de remaniements très importants retrouvés (Qumsiyeh, 1986 ; Volobouev et al., 1995 ; Aniskin et al., 2006). Le nombre diploïde ($2n$), le nombre fondamental d'autosomes (NFa) qui varient de 34 à 74 et de 52 à 142 respectivement (Lay, 1983 ; Qumsiyeh et al., 1991 ; Aniskin et al., 2006 ; Granjon et Denys, 2006) ainsi que la morphologie des chromosomes sexuels permis souvent de caractériser de façon non ambiguë des espèces par ailleurs très similaires morphologiquement (Jordan et al., 1974 ; Lay et al., 1975 ; Wassif, 1981 ; Qumsiyeh et al., 1986 ; Volobouev et al., 1995 ; Dobigny et al., 2001 ; Granjon et Dobigny, 2003), mais aussi de faire des propositions sur les relations phylogénétiques à l'intérieur de ce groupe (Viégas-Péquignot et al., 1984 ; Qumsiyeh, 1986 ; Volobouev et al., 1995 ; Aniskin et al., 2006).

D'après l'arbre global du genre *Gerbillus*, les espèces *G. occiduus* et *G. tarabuli* apparaissent comme deux espèces-sœurs. Aniskin et al. (2006) montrent qu'elles sont sur le plan chromosomique bien différenciées malgré la possession d'un nombre diploïde commun de $2n = 40$ chromosomes. De façon intéressante, et malgré le caractère très récent de leur séparation, ces deux espèces présentent déjà une différenciation morphologique assez nette du point de vue de leurs mensurations crâniennes (Ndiaye et al., 2012).

Le même résultat a été trouvée pour les espèces *G. amoenus* et *G. nanus*, ces deux espèces jumelles semblent en effet avoir des caryotypes très similaires voire identiques, avec $2n = 52$ et $NFa = 58$ (Ndiaye et al., 2013). La situation opposée à ce conservatisme chromosomique apparemment très rare dans le genre *Gerbillus* correspond à des cas de polymorphisme, où des individus de la même espèce présentent des caryotypes assez différents (cas de *G. nigeriae*, Volobouev et al., 1988 ; Hima et al., 2011). Par contre, Ndiaye et al. (2013) ont montré sur le plan moléculaire l'existence de deux sous-clades de distributions géographiques bien distinctes, justifiant de la distinction entre *G. nanus* (asiatique) et *G. amoenus* (africaine).

Nous avons ainsi retrouvé au sein d'un même clade bien soutenu des espèces de *G. floweri*, *G. perpallidus* et *G. pyramidum*. Ces deux dernières constituent deux espèces dont la taxonomie a pendant longtemps fait débat. D'une part *G. perpallidus* ($2n = 40$; $NFa = 76$) décrite par Setzer (1958) en Egypte n'est connue qu'à l'ouest de la vallée du Nil. Elle est considérée comme une espèce valide par plusieurs auteurs (Lay, 1983 ; Osborn et Helmy, 1980 ; Pavlinov et al., 1990 ; Musser et Carleton, 2005) contrairement à Cockrum (1977) qui la considère comme synonyme de *G. latastei* ou Petter (1975) qui la répertorie comme une sous-espèce de *G. pyramidum*. *Gerbillus perpallidus* est une forme très proche morphologiquement de *G. pyramidum*. Setzer (1958) va même jusqu'à suggérer que *G. perpallidus* soit un « envahisseur récent ou alors se soit développé *in situ* ». De manière générale, comparée à *G. pyramidum*, elle est de couleur plus pâle son crâne est de plus petite taille et ses bulles tympaniques sont plus enflées, entre autres critères décrits par Setzer (1958). Quant à *G. pyramidum* ($2n = 38$, $NFa = 76$), quatre formes sont communément reconnues en Egypte à savoir *G. p. pyramidum*, *G. p. elbaensis*, *G. p. gedeedus* et *G. p. floweri* (Osborn et Helmy, 1980), l'une d'entre elles, « *floweri* », étant d'ailleurs régulièrement considérée comme une espèce valide (Lay, 1983 ; Musser et Carleton, 2005 ; Granjon, 2013). Les travaux de Ndiaye (2013) montrent que *G. perpallidus* et *G. pyramidum floweri* semblent constituer un clade fort bien soutenu, à l'intérieur duquel les spécimens référés sous les 2 noms sont mélangés. Dans cette hypothèse, *G. p. floweri* et *G. perpallidus* devraient en fait être considérées comme une seule et même espèce, ce qui irait dans le sens des observations d'Osborn et Helmy (1980) qui notent une très forte ressemblance entre leurs représentants.

Nos résultats sont conformes à ceux de Ndiaye et al. (2012) qui signalent que les espèces *G. hoogstrali* et *G. hesperinus* sont des espèces sœurs. Ces deux espèces sont génétiquement proches de l'espèce *G. latastei* (Musser et Carleton, 2005).

L'espèce *G. henleyi* constitue une lignée bien différenciée du premier clade de l'arbre global du genre *Gerbillus*. Elle présente un caryotype distinct ($2n = 52$) par rapport à l'espèce *G. nancillus* ($2n = 56$) mais pouvant être confondue de par leur petite taille ; elles se retrouvent nettement distinguées par l'analyse moléculaire et avec les mensurations corporelles ou crâniennes discriminantes (Ndiaye et al., 2013). Cette espèce présente le même nombre diploïde avec celle de *G. nanus* ($2n = 52$). Cependant le NFa de ces individus ainsi que la forme et la taille de leurs différents chromosomes (dont les chromosomes sexuels) permettent de les identifier sans ambiguïté, en se référant en particulier aux informations et illustrations fournies par Lay et al. (1975), Volobouev et al. (1995) et Aniskin et al. (2006).

Les données moléculaires extraites de la GenBank, nous a permis d'obtenir des résultats solides, ce qui va nous permettre d'apporter des éléments de réponse à des questions d'ordre phylogénétique concernant la position exacte des espèces du genre *Gerbillus* en particulier l'espèce *Gerbillus tarabuli*.

conclusion

Dans ce travail portant d'un part sur l'influence de la castration bilatérale par voie abdominale chez les gerbilles *Gerbillus tarabuli* capturées dans la région de Béni-Abbés (30°7 N, 2°10 O) en période de reproduction, et d'un autre part sur le positionnement de cette espèce dans un arbre phylogénétique de différentes espèces de genre *Gerbillus*, nous avons mis en évidence les résultats suivants:

➤ Pour résultats physiologiques :

La castration entraîne après 50 jours :

1. Au niveau pondéral :

- Aucune modification sur le poids corporel.
- Disparition du dimorphisme pondéral surrénalien.
- Augmentation du poids relatif et poids absolu des deux surrénales.

2. Au niveau histologique :

- Augmentation de l'épaisseur du cortex surrénal.
- Peu de modification histologique et morphométrique de la zone glomérulée.

3. Au niveau des données biochimiques :

- Diminution de la concentration plasmatique en aldostérone.
- Aucune modification sur le taux d'hématocrite.

Le traitement à la testostérone restaure le dimorphisme de deux surrénales, les paramètres histologiques ainsi que la concentration plasmatique en aldostérone, par ailleurs une augmentation du poids des deux surrénales que ce soit relatif ou absolu.

- Pour la reconstruction des relations phylogénétiques du genre *Gerbillus*, nous avons :
 - Tenté de résoudre (au moins en partie) les nombreuses controverses liées à la subdivision en espèces de ce genre.
 - Trouver parmi les 17 espèces de genre *Gerbillus*, les plus proches à notre espèce *Gerbillus tarabuli*.
 - Trouver les relations de parenté entre les différentes lignées constituantes.
 - Démontrer la présence de deux principaux clades génétiques que nous proposons de considérer comme étant des sous-genres avec une différence de 14.92%.

L'existence d'un important rétrocontrôle de la testostérone sur l'activité corticosurrénalienne qui pourrait s'exercer sur l'activité de la surrénale chez la gerbille *Gerbillus tarabuli* pendant sa période de reproduction est un résultat qui mérite d'être confirmé.

D'autre part, au point de vue de la phylogénie des espèces du genre *Gerbillus*, ce travail a permis d'émettre des hypothèses nouvelles sur l'organisation et les relations entre les principales lignées constituant ce genre. Là aussi, compléter l'échantillonnage (en taxons cette fois) apparaît prioritaire pour aller plus loin et définitivement régler des questions d'ordre divers (purements taxonomiques et nomenclaturales, phylogénétiques et évolutives) laissées en suspens.

A la lumière de ces résultats, parfois difficiles à interpréter, nous proposons de poursuivre ce travail en :

- ✚ Évaluant les effets progressifs de la castration bilatérale à court terme (suivre les animaux durant les 15 premiers jours) et à long terme (au-delà de 50 jours de castration).
- ✚ Mesurant l'activité de certaines enzymes surrénaliennes notamment la p450 scc, 3 β HSD et la 5 α réductase et en quantifiant les récepteurs surrénaliens à l'AVP, l'ACTH et à LH. Particulièrement au niveau de la zone glomérulée.
- ✚ Explorant l'expression des ARNm codant pour l'ACTH et les enzymes de stéroïdogénèse et leur modification éventuelle par les androgènes.
- ✚ Étudiant les récepteurs aux androgènes au niveau des cellules corticotropes hypophysaires et en recherchant leurs modifications quantitatives et/ou qualitatives.
- ✚ Dosant AVP et l'ACTHémie.
- ✚ Recherchant les effets de la testostérone en période de repos sexuel.

Parallèlement à ces travaux, il serait également intéressant de compléter cette étude par la réalisation de surrénalectomie et traitement aux glucocorticoïdes pour mieux cerner les effets réciproque surrénale-testicule chez les espèces soumises naturellement à un environnement extrême.

- **Abiadh A., Chetoui M., Cheniti L., Capanna T., and Colangelo E. P., 2010.** Molecular phylogenetics of the genus *Gerbillus* (Rodentia, Gerbillinae): Implications for systematics, taxonomy and chromosomal evolution. *Mol. Phylogenet. Evol.*, **56**: 513–518.
- **Agarwal, M. K. and Mirshahi, M. 1999.** General overview of mineralocorticoid hormone action. *Pharmac. Therap.*, **84**: 273-326.
- **Aguilera G. 1993.** Factors controlling steroid biosynthesis in the zona glomerulosa of the adrenal. *J. Steroid. Biochem. Mol. Biol.*, **45**:147-151.
- **Ajdžanović V., Jarić I., Živanović J., Filipović B., Ristić N., Miler M. and Milošević V., 2015.** Testosterone application decreases the capacity for ACTH and corticosterone secretion in a rat model of the andropause. *Acta Histochem.*, **117**: 528-535.
- **Ajdžanović V., šošić-jurjević B., Filipović B., Trifunović S., Manojlović-Stojanoski M., Sekulić M. and Milošević V., 2009.** Genistein-induced histomorphometric and hormone secreting changes in the adrenal cortex in middle-aged rats. *Exp. Biol. Med.*, **234**: 148-156.
- **Aknoun N., 2009.** Répercussions histophysiologiques de la castration sur la surrénale chez un gerbillidé saharien *Meriones libycus*. *Mémoire du Magister*. 131p.
- **Alauzet C., 2009.** Taxonomie des bactéries anaérobies : de la reclassification a la découverte de nouveaux pathogènes. *Thèse doctorat, université de Nancy*.
- **Albiger N. M., Sartorato P., Mariniello B., Iacobone M., Finco I., Fassina A. and Mantero F., 2011.** A case of primary aldosteronism in pregnancy: do LH and GNRH receptors have a potential role in regulating aldosterone secretion? 1Division of Endocrinology, Department of Medical and Surgical Sciences, 2Endocrine Surgery Unit, Department of Surgical and Gastroenterological Sciences and 3 Section of Pathology and Cytopathology, Department of Diagnostic Medical Sciences and Special Therapies, University of Padua, Via Ospedale 105, 35128 Padua, Italy. *Euro. J. Endocrinol.*, **164**: 405–412.
- **Alhajeri B. H., Hunt A. J., and Steppan S. J., 2015.** Molecular systematics of gerbils and deomyines (Rodentia: Gerbillinae, Deomyinae) and a test of desert adaptation in the tympanic bulla. *J. Zool. Syst. Evol. Resea.*, **53**: 312–330.
- **Allen R. G., Carey C., Parker J. D., Mortrud M. T., Mellon S. H. and Low M. J., 1995.** Targeted ablation of pituitary pre-proopiomelanocortin cells by herpes simplex virus-1 thymidine kinase differentially regulates mRNAs encoding the adrenocorticotropin receptor and aldosterone synthase in the mouse adrenal gland. *Mol. Endocrinol.* **9(8)**: 1005-1016.
- **Allison S. J., Baldock P., Sainsbury A., Enriquez R., Lee N. J., Lin E. J. D., Klugman M., Doring M., Eisman J. A., Li M., Pan L.C., Herzog H. and Gardiner E. M., 2006.** Conditional Deletion of Hypothalamic Y2 Receptors Reverts gonadectomy-induced Bone Loss in Adult Mice. *Am. Soc. Biochem. Mol. Biol.*, **281**:23436–23444.
- **Amar L., Kuipers E., Raynaud A., Plouin P. F. and Steichen O., 2012.** Suppressible aldosteronism on saline infusion test does not exclude lateralized primary aldosteronism. Presented at the Congress of the *European Society of Hypertension*, London, G.B. 3B.05.
- **Amar L., Plouin P. F. and Steichen O., 2010.** Aldosterone-producing adenoma and other surgically correctable forms of primary aldosteronism. *Orphanet J. Rare. Dis.*, **5**: 9.
- **Amirat Z., Khammar F. and Brudieux R., 1980.** Seasonal change in plasma and adrenal concentration of cortisol, corticosterone, aldosterone and electrolytes in the adult male sand rat (*Psammomys obesus*). *Genet. Comp. Endocrino.*, **40**: 36-43.

- **Aniskin V. M., Benazzou T., Biltuev L., Dobigny G., Granjon L. and Volobouev V. T., 2006.** Unusually extensive karyotype reorganization in four congeneric *Gerbillus* species (Muridae: Gerbillinae). *Cytogenet. Genome. Res.***112**: 131 – 140.
- **Anctil M., Baguet F., Charmantier M. G., Raymond G. J. R., Péqueux A., Plumier and J-C & Philippe S., 2006.** Physiologie Animale. De Boeck Université Bruxelles B-1000.
- **Aulagnier S. et Thévenot M., 1986.** Catalogue des Mammifères sauvages du Maroc. *Travaux de l'Institut Scientifique, Série zoolo ., 41*:1-164.
- **Basaria S. and Dobs A.S., 1999.** Risks versus benefits of testosterone therapy in elderly men. *Drugs.Aging.***15**:131–42.
- **Bassetm H., White P. C. and Rainey W. E., 2004.**The regulation of aldosterone synthase expression. *Mol. Cell. Endocrino., 217(1-2)*: 67-74.
- **Beaulieu M. E., 2007.** Caractérisation moléculaire des champignons ophiostomatoïdes associés à quatre espèces de scolytes de l'écorce colonisant l'épinette blanche au Québec et phylogénie multigénique d'une nouvelle espèce de *leptographium*. *Thèse doctorat*, Université Laval, Québec.
- **Belhocine M. et Gernigon-Spychalowicz T. H., 1996.** Effets de la castration sur l'appareil génital mâle et la surrénale des mérions sahariens. *Bull. Soc. Zool. Fr., 121*: 107-110.
- **Bellili M. A. and Bichara H. I., 2012.** Effet de la gonadectomie sur quelques paramètres biochimiques sanguin et urinaire chez le rat Wistar mâle. *Mémoire de Master, F.S.B, U.S.T.H.B., Alger.*
- **Benadouda D. and Boudef A., 2011.** Répercussions de la castration sur le métabolisme énergétique et sur l'évolution pondérale chez le rat Wistar mâle. *Mémoire de Master, F.S.B, U.S.T.H.B., Alger.*
- **Benmouloud A., 2003.** Effet de la castration sur la fonction corticosurrénalienne, basale et stimulée par l'ACTH, chez le rat des sables *Psammomys obesus* mâle adulte. *Mémoire de Magister, F.S.B, U.S.T.H.B., Alger*, 111p.
- **Benmouloud A., Mouterfi N., Khammar F., Exbrayat J. M. and Amirat Z., 2008.** Male sexual hormone effects on the adrenal cortex activity in a Saharan desert rodent, *Psammomys obesus* (Cretzschmar, 1828), *Endocrine Abstracts*, 16 p2.
- **Benmouloud A., 2015.** Régulation de l'activité corticosurrénalienne par les androgènes testiculaires chez les rats de sables *psammomys obesus*.
- **Bentvelsen F. M., Nphaul M. J., Wilson G. D. and George F. W., 1996.** Regulation of immunoreactive androgen receptor in the adrenal glands of adult rat. *Endocrinol., 137* : 2659-2663
- **Bird I. M., Mason J. I. and Rainey W. E., 1994.** Regulation of type 1 angiotensin II receptor messenger ribonucleic acid expression in human adrenocortical carcinoma H295 cells. *Endocrino., 134(6)*: 2468-2474.
- **Bjorntorp P., 1996.** The regulation of adipose tissue distribution in humans. *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord., 20*: 291-302.
- **Black V. H., 1994.** Estrogen, not Testosterone, Creates Male Predominance of a P4501Related Cytochrome in Adult Guinea Pig Adrenals. *Endocrinol., 135*: 299-306.
- **Bower J. D., Ackerman, P. G. and Toto G., 1974.** Evaluation of Formed Elements of Blood. *Mosby Company*.
- **Boudoucha D., 1990.** Effet de la castration sur la corticosurrénale d'un rongeur désertique, le rat des sables *Psammomys obesus* : Etude histologique et détermination du contenu surrénalien en androstènedione. *D.E.S, FSB, USTHB, Alger*. 48p.

- **Bradley R. D. and Baker R. J., 2001.** A test of the genetic species concept: Cytochrome b sequences and mammals. *J. Mammal.*, **82**: 960–973.
- **Brenman R., 1941.** Growth of the endocrine glands and viscera in the chick. *Endocrinol.*, **2**:946954.
- **Bresemman W., 1942.** Action of diethylstilbestrol in the chick. *Endocrinol.***31**, **17** % **186 pp**: 675-711.
- **Burbach J. P., Luckman S. M., Murphy D. and Gaine R. H. 2001.** Gene regulation in the magnocellular hypothalamo-neurohypophysial system. *Physio. Review.*, **81(3)**:1197-267.
- **Burrows H., 1949.** Biological Actions of Sex Hormones, Cambridge University Press.
- **Cabanel E. L., 2014.** Mise en place et validation du dosage du cortisol urinaire, du cortisol salivaire et des androgènes en LC-MS/MS. *Thèse de doctorat, université de Limoges*, pp116.
- **Calandra R. S., Purvis K., Naess O., Attramadal A., Djoseland O. and Hansson V., 1978.** Androgen receptors in the rat adrenal gland. *J. Steroid.Biochem.*,**9**: 1009-1015.
- **Canny B. J., O'Farrell K. A., Clarke I. J. and Tilbrook A. J., 1999.** The influence of sex and gonadectomy on the hypothalamo-pituitary-adrenal axis of the sheep. *J. Endocrino.*, **162**: 215-225.
- **Cau D., 2001.** Opérations de convenue chez le furet, les rongeurs et lagomorphes de compagnie. Th : Med. vet., n°52, 196p.
- **Cecil H.C.C. and Bakst M.R., 1990.**Correlations of Organ Weights, Hematocrit, and Testosterone with Sexual Maturity of the Male Turkey, *Poultry Science*.**70 (5)**:1252-1257.
- **Chai, W., Garrelds I. M., Vries R. D., Batenburg W.W., Kats J.P. and Danser A. H., 2005.** Nongenomic effects of aldosterone in the human heart: interaction with angiotensin II. *Hypertension*.**46(4)**: 701-706.
- **Chala N. et Meftouh F., 2003.** Effet de la castration sur l'histologie de la glande surrénale et sur la teneur plasmatique en sulfate de déhydroépiandrostérone (SDHEA) chez le lapin mâle adulte local. *D.E.S, FSB, USTHB, Alger*, 31p.
- **Chan C. and Phillips G., 1973.** Effects of Gonadectomy and Replacement Therapy on Adrenal Function in the Domestic Duck. *Anas. plafyrhynchos*, p: 144-148.
- **Chang L., Wun W. S. A. and Wang P.S., 2008.** Effects of dehydroepiandrosterone on aldosterone release in rat zona glomerulosa cells, National Science Council Taipei, *J. Biomed. Sci.*,**15**:463–470.
- **Chen X., Li W., Yoshida H., Tsuchida S., Nishimura H., Takemoto F., Okub O. S., Fogo A., Matsusaka T. and Ichikawa I., 1997.** Targeting deletion of angiotensin type 1B receptor gene in the mouse. *Am. J. Physiol.*, **272(3 Pt 2)**: F299-304.
- **Chester J. I., 1957.** The Adrenal Cortex. Cambridge Univer. Press, Cambridge, pp. 10% 104.
- **Chevret P. and Dobigny G., 2005.** Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae), *Mol. Phylogenet. Evol.*, **35** : 674–688.
- **Chibani J. and Cheniti T. L., 1982.** Etude caryologique des gerbilles (genre *Gerbillus*) de Tunisie. *Rev. Fac. Sc.*, Tunis **2** : 147–153.
- **Cherfi A. and Lachehab N., 2011.** Effets de l'ovariectomie sur quelques paramètres pondéraux et sur la fonction glycogénique du foie chez le rat Wistar. *Thèse de Master, F.S.B, U.S.T.H.B.*, Alger.
- **Christoffersen B., Raun K., Svendsen O., Fledelius C. and Golozoubova V., 2006.** Evaluation of the castrated male Sprague–Dawley rat as a model of the metabolic syndrome

- and type 2 diabetes, Department of Veterinary Pathobiology, *The Royal Veterinary and Agricultural University, Frederiksberg C, Denmark Pharmaco. Research 1, Maaloev, Denmark*, 1288–1297.
- **Cockrum E. L., 1977.** Status of the hairy footed gerbil, *Gerbillus latastei* Thomas and Trouessart. *Mammalia*, **40**: 685-686.
 - **Colangelo P., Granjon L., Taylor P. J. and Corti M., 2007.** Evolutionary systematics in African gerbilline rodents of the genus *Gerbilliscus*: Inference from mitochondrial genes. *Mol. Phylogenet. Evol.*, **42**: 797-806.
 - **Comet J. P., 1998.** Programmation Dynamique et Alignements de Séquences Biologiques. Thèse de doctorat en Informatique. Dir. Thèse : Henry J. *Univ de Technologie de Compiègne* : 5-38. 216p.
 - **Couillard C., Gagnon J., Bergeron J., Leon A., S. Rao D. C., Skinner J. S., Wilmore J. H., Despres J. P. and Bouchard C., 2000.** Contribution of body fatness and adipose tissue distribution to the age variation in plasma steroid hormone concentrations in men: *the Heritage Family Study. J. Clin. Endocrinol. Metab.*, **85**:1026-1031.
 - **Crane S. W., 1991.** Occurrence and management of obesity in companion animals. *J. Small Anim. Pract.*, **32**: 275–282.
 - **Dayrat B., 2005.** Towards integrative taxonomy. *Biological Journal of the Linnean Society*, **85**: 407–415.
 - **Dekar A. and Bendjelloul M., 2002.** The pineal gland of the Gerbil: *Gerbillus pyramidum* Ultrastructural study of long and short photoperiods. Congrès: Journées annuelles de la Société zoologique de France, *Le Havre.*, **127(2)**: 103-119.
 - **Delsuc F., Mauffrey J. F. et Douzery E., 2003.** Une nouvelle classification des Mammifères. *Pour la Scie.*, **303**: 62-66.
 - **Diallo A.B., 2009.** Bioinformatique avancée. *Université du Québec à Montréal. Canada.*
 - **Dobigny G., Noma A. and Gautun J. C., 2002.** Acyotaxonomic survey of Rodent s from Niger: implications for system at i c, biodiversity and biogeograph y. *Mammal.*, **66(4)**: 495-523.
 - **Dobigny G., Moulin S., Cornette R. and Gautun J. C., 2001.** Rodent from Adrar des Iforas, Mali: chromosomal data. *Mammalia*, **65**: 215 – 220.
 - **Dobigny G., Granjon L., Aniskin V., Bâ K. and Volobouev V., 2003.** A new sibling species of *Taterillus* (Muridae, Gerbillinae) from West Africa. *Mammalian Biology.*, **68**: 299-316.
 - **Duan J. L., Shao Y. G., Shao F., Lij Y., Ling Y., Li H. Y., Wu C. X., 2012.** Effects of castration on blood routine tests results and hormone levels in roosters, *J. China Agricultural University.*
 - **Duda T., Waliszewska A., Trzeciak W. H., Malendowic L. K., 1985.** Sex differences in adrenocortical structure and function-xx. The effects of gonadectomy and testosterone or estradiol replacement on cholesterol content and distribution in the gland. p: 578.
 - **Duplantier, J. M., Granjon, L. & Ba K. 1991.** Découverte de trois espèces de rongeurs nouvelles pour le Sénégal: un indicateur supplémentaire de la désertification dans le nord du pays. *Mammalia*, **55**: 313-315.
 - **Earley B. and Crowe M. A., 2002.** Effects of ketoprofen alone or in combination with local anesthesia during the castration of bull calves on plasma cortisol, immunological, and inflammatory responses. *J. Anim. Sci.*, **80**:1044–1052.

- **El Fazaa S., Gharbi N., Kamoun, A. and Somody, L. 2000.** Vasopressin and A1 noradrenaline turnover during food or water deprivation in the rat. *Comp. Biochem. Physio. Part.*, **126**: 129-137.
- **Elliott J. K. and Hall G. M. 2008.** Hypothalamic–pituitary–adrenal function: anaesthetic implications. *Pharmacol.*, **9(10)**: 454-456.
- **Espallergues J., Givalois L., Tamsamani J., Laruelle C. and Maurice T. 2008.** The 3 β -hydroxysteroid dehydrogenase inhibitor trilostane shows antidepressant properties in mice. *Psycho. neuro. endocrinol.*, **34(5)**: 644-59.
- **Fekete E. and Little C. C., 1945.** Histological Study of Adrenal Cortical Tumors in Gonadectomized Mice of the CE Strain. *Canc. Res.*, **5**: 220- 226.
- **Felsenstein J., 1985.** Confidence limits on phylogenies: An approach using the BOOTSTRAP. *Evolution*, **39(4)**. 783-791.
- **Fettman M. J., Staton C. A., Banks L. L., Hamar D. W., Johnson D. E., Hegstad R. L. and Johnston S., 1997.** Effects of neutering on body weight, metabolic rate and glucose tolerance of domestic cats. *Res. Vet. Sci.*, **62**: 131–136.
- **Galan M., Pagès M., Cosson J. F., 2012.** Next-Generation Sequencing for Rodent Barcoding: Species Identification from Fresh, Degraded and Environmental Samples. *Plos One*, **7**: e48374, doi: 10.1371/j.pone.0048374.
- **Gentry R. T. and Wade G. N., 1976.** Androgenic control of food intake and body weight in male rats. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, **90**: 18–25.
- **Gernigon-Spychalowicz T. J., 1992.** Etudes cytologiques et biochimiques des variations saisonnières de l'appareil génital mâle d'un rongeur saharien diurne, le rat des sables *Psammomys obesus*. Thèse de doctorat d'état, USTHB, Alger, 180p.
- **Gernigon-Spychalowicz Th., Ablaoui R., Boudoucha D. et Kandsi F., 1992.** Effets cytologiques et biochimiques de la castration d'un rongeur désertique à cycle saisonnier (*Psammomys obesus*). *Bull. Soc. Zool. Fr.*, **117** (3).
- **Gibson A., 1976.** Testosterone and of castration on anococcygeus muscle contractility and on plasma corticosterone levels in the rat, p: 7.
- **Golding B., Morton D., 2003.** Elementary Sequence Analysis. Department of Biology. McMaster. *Univ. Hamilton, Ontario*. 190 p.
- **Granjon L., Bruderer C., Cosson J. F., Dia, A. T. et Colas F., 1992.** In press - The small mammal community of a coastal site of South West Mauritania. *African J. Ecol.*
- **Granjon L., Cosson J. F., Cuisin J., Tranier, M. et Colas F. 1997.** Les Mammifères du littoral mauritanien, 2. Biogéographie et écologie. In : Environnement et littoral mauritanien (ed. F. Colas). *CIRAD (Collection Colloques)*, Montpellier, France. pp.73-81.
- **Granjon L., Bonnet A., Hamdine W. et Volobouev V. 1999.** Reevaluation of the taxonomic status of North African gerbils usually referred to as *Gerbillus pyramidum* (Gerbillinae, Rodentia): Chromosomal and biometrical data. *Z. Säugetierkunde*, **64**: 298-307.
- **Granjon L. et Denys C., 2006.** Systématique et biogéographie des Gerbilles sahariennes du genre *Gerbillus*. In : Mécanismes adaptatifs des petits vertébrés des zones arides et semi-arides. *Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **73**: 33-44.
- **Granjon L. et Dobigny G., 2003.** The importance of cytotaxonomy in understanding the biogeography of African rodents: Lake Chad murids as an example. *Mammal Review*, **33**: 77–91.
- **Granjon L., et Duplantier J. M., 2009.** les rongeurs de l'Afrique sahélo-soudanienne : institut de recherche pour le développement Publication scientifiques du Muséum, collection faune et flore tropicales 43 Marseille.

- **Greep O., et Chester J. I., 1930.** Steroid control of pituitary function. *Recent Progress in Hormone Research.*, **5**: 197-261.
- **Granjon L., 2013.** Genus *Gerbillus*. In: Mammals of Africa, Volume III: Rodents, Hares and Rabbits. *Bloomsbury Publishing*, London, 295-297.
- **Gros R., Ding Q., Sklar L. A., Prossnitz E. E., Arterbur J. B., Chorazyczewski J. and Feldman R. D., 2011.** GPR30 expression is required for the mineralocorticoid receptor-independent rapid vascular effects of aldosterone." *Hypertension.*, **57(3)**: 442-451.
- **Gyllensten U., Wharton D., Josefsson A. et Wilson A. C., 1991.** Paternal inheritance of mitochondrial DNA in Mice. *Nature.*, **352**: 255-257.
- **Hall K. and Korenchevsky V., 1938.** Effect of castration and of sexual hormones on the adrenals of male rats. *J. Physiol.*, **91**: 365-374.
- **Hamilton J. B., Bunch L. D., Mestler G. E., and Imagawa R., 1964.** Effect of Castration in Man Upon Blood Sedimentation Rate, *Hematocrit and Hemoglobin*.
- **Hanna P., 2010.** Pathology of the Endocrine System: Adrenal & Thyroid Glands. *System.patho.*, **221**: 3-7.
- **Hartman F., Brownell K., 1949.** The Adrenal Gland. *Henry Kimpton*, London. 568-569.
- **Hassanin A., Pasquet E., and Vign, J. D., 1998** - Molecular systematics of the subfamily Caprinae (Artiodactyla, Bovidae) as determined from cytochrome b sequences. *J. Mammal. Evol.* **5**: 217-236.
- **Hattangady N. G., Olala L. O., Bollag W. B. and Rainey W. E., 2012.** Acute and chronic regulation of aldosterone production. *Mol. Cell. Endocrinol.*, **350(2)**: 151-162.
- **Hemachandra R. P., 2011.** Mitochondrial Dysfunction and Oxidative Stress in Asthma: *Implications for Mitochondrial-Targeted Antioxidant Therapeutics. Pharmacol., USA*, **4(3)**: 429-456.
- **Hertwing R., 1903.** Ueber die korrelation von Zell und Kerngröße und ihre bedeutung für die Geschlechtliche Differenzierung und die Teilung der Zelle. *Biolog. Sches. Centralblatt.* **23**: 4-62.
- **Hima K., Thiam M., Catalan J., Gauthier P., Duplantier J. M., Piry S., Sembène M., Britton-Davidian J., Granjon L., and Dobigny G., 2011.** Extensive Robertsonian polymorphism in the African rodent *Gerbillus nigeriae*: geographic aspects and preliminary meiotic data. *J. Zoology.*, **284**: 276-285.
- **Hirst J. J., West N. B., Brenner R. M. et Novy M. J., 1992.** Steroid hormone receptors in the adrenal glands of fetal and adult rhesus monkeys. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, **75**: 308-314.
- **Hofmann P. J., Michaelis M., Götz F., Bartel C., Kienitz T., and Quinkler M., 2012.** flutamide increases aldosterone levels in gonadectomized male but not female wistar rats, *American journal of hypertension.*, **25 (6)**: 697-703.
- **Holmes W. N., 1995.** Histological variations in the adrenal cortex of the golden hamster with special reference to the x zone, p: 276.
- **Houssay B. A., Cardeza A. F., Pinto R. M. and Burgos M. H., 1951.** Adrenal tumors and estrogenic effects in castrated rats. *Rev. Soc. Argent. Biol.*, **27**: 56-6.
- **Huseby R. A. and Bittner J., 1951.** Differences in adrenal responsiveness to postcastration alteration as evidenced by transplanted adrenal tissue. *Canc. Res.*, **11**: 954-961.
- **Hughes L., 2000.** Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *T. Ecol. Evol.*, **15**: 56-61.

- **Idelman S., 1966.** Contribution à la cytophysiologie infrastructurale de la corticosurrénale chez le rat albinos. *An. Scie. Natural. Zool. Biol. Anim.*, **8**: 205-362.
- **Inoue T., Nonoguchi H. and Tomita K. 2001.** Physiological effects of vasopressin and atrial natriuretic peptide in the collecting duct. *Cardiovascular Research.*, **51**:470-480.
- **Ito M., Jiang W., Sato J. J., Zhen Q., Jiao W., Gota K., Sato H., Ishiwata K., Oku Y., Chai J. J. and Kamiya H., 2010.** Molecular phylogeny of the subfamily Gerbillinae (Muridae, Rodentia) with emphasis on species living in the Xinjiang-Uygur Autonomous Region of China and based on the mitochondrial Cytochrome *b* and Cytochrome *c* Oxidase Subunit II genes. *Zool.Scie.*, **27**: 269–278.
- **Jenkins C., Milsted A., Doane K., Meszaros G., Toot J., Ely D., 2007.** A cell culture model using rat coronary artery adventitial fibroblasts to measure collagen production. *BMC Cardiovascular Disorders* 2007, **7**:13.
- **Johren O., Bruggeman N., Dendorfer A. and Dominiak P., 2003.** Gonadal steroids differentially regulate the messenger ribonucleic acid expression of pituitary orexine type 1 receptors and adrenal orexine type2 receptors. *Endocrinol.*, **144** (4):1219-1225.
- **Johnsen I. K., Slawik M., Shapiro I., Hartmann M. F., Wudy S. A., Looy-enga B. D., Hammer G. D., Reincke M., Beuschlein F., 2006.** Gonadectomy in mice of the inbred strain CE/J induces proliferation of sub-capsular adrenal cells expressing gonadal marker genes. *J. Endocrinol.*, **190**:47–57.
- **Jordan R. G., Davis B. L. and Baccar H., 1974.** Karyotypic and morphometric studies of Tunisian *Gerbillus*. *Mammalia.*, **38**: 667–680.
- **Jourdan H., 2006.** Méthode comparative: Evolution d'une méthode vers un nœud interdisciplinaire. *Thèse doctorat, University of British Columbia*
- **Kakolewski J. W., Verne C. C. and Valenstein E. S., 1968.** Sex differences in body-weight change following gonadectomy of rats. *Psychol. Rep.*, **22**: 547-554.
- **Kandsi-Bouhadad F., Hadj-Bekkouche F., 2010.** Evaluation du contenu surrénalien en androstènedione et effets de la castration chez le lapin domestique (*Oryctolagus cuniculus*), *C. R. Biolog.*, **333** : 591–596.
- **Kanchuk M. L., Backus R. C., Calvert C. C., et al., 2003.** Weight gain in gonadectomized normal and lipoprotein lipase-deficient male domestic cats results from increased food intake and not decreased energy expenditure. *J. Nutr.* **133**: 1866–1874.
- **Kar A., 1947.** The adrenal cortex, testicular relations in the fowl: The effect of castration and replacement therapy on the adrenal cortex. *Anat. Rec.* **99** : 177-197.
- **Kassir Dekkiche L., 1983.** Variations saisonnières de l'activité du testicule de la gerbille (*Gerbillus gerbillus*). *Thèse de 3e cycle, Alger*, 109p.
- **Kau M. M., Lo M. J., Wang S. W., Tsai S. C., Chen J. J., Chiao Y. C., Yeh J. Y., Lin H., Shum A. Y., Fang V. S., Ho L. T. and Wang P. S., 1999.** Inhibition of aldosterone production by testosterone in male rats. *Metabo.*, **48**: 1108-1114.
- **Keyes P. H. and Rochester N. Y., 1948.** Adreno-cortical changes in syrian hamsters following gonadectomy, *Dent*, **18**: 172.
- **Kienitz T., and Quinkler M., 2008.** Testosterone and Blood Pressure Regulation, Clinical Endocrinology, Department of Internal Medicine, Gastroenterology, Hepatology and Endocrinology, Universitätsmedizin Berlin, Berlin , Germany., **31**:71–79.

- **Kierszenbaum A. L., 2002.** Intramanchette transport (IMT): Managing the making of the spermatid head, centrosome, and tail.
- **Kimura M., 1980.** A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *J. Mol. Evol.*, **16**: 111–120.
- **King J. A., Lush D. J. and Fray J. C., 1993.** Regulation of renin processing and secretion: chemiosmotic control and novel secretory pathway. *Am. J. Physiol.*, **265(2 Pt 1)**: C305-320.
- **Kitay J. I., 1963.** Pituitary-adrenal function in the rat after gonadectomy and gonadal hormone replacement. *Endocrinal.*, **7 3 (2)**: 253-260.
- **Kitay J. I., 1968.** Effects of estrogen and androgen on the adrenal cortex of the rat. In: Functions of the Adrenal Cortex. McKerns K.W. (eds). *Appleton-Century-Crofts*. New York. 2: pp 775–811.
- **Klein, J. M., Poulet, A. R., and Simonkovich E.,1975.** Observations écologiques dans une zone enzootique de peste en Mauritanie. 1. Les rongeurs, et en particulier *Gerbillus gerbillus* Olivier, 1801 (Rodentia, Gerbillinae). *Cahiers de l'ORSTOM, Série Entomo. Médic. et Parasito.*, **13**: 13-28
- **Kleppe K., Ohtsuka E., Kleppe R., Molineux I., Khorana H. G., 1971.** Studies on polynucleotides. XCVI. Repair replications of short synthetic DNA's as catalyzed by DNA polymerases. *J. Mol. Biol.*, **56**: 341-361.
- **Korenchevsky V., Dennison M., Simpsons L., 1935.** CCCIII. The prolonged treatment of male and female rats with androsterone and its derivatives, *alone or together with oestrone*. *Biochem. J.*, **29**: 2534-2552.
- **krenchevskyV., 1930-**The influence of cryp- torchidism and of castration on body-weight, fat deposition, the sexual and endocrine organs of male rats. *J. Patho. Bacteria.*, **33**: 607-636.
- **Lan N. I., Hellemans Kim G. C., Linda E., Viau V., Weinberg J., 2009.** Role of testosterone in mediating prenatal ethanoleffects on hypothalamic-pituitary-adrenalactivityin male rats, p: 1320.
- **Larson A., 1998.** The coparison of morphological and molecular data in phylogenetic systematics. Eds. *R. DeSalle, B. Schierwater. Molecular Approaches to Eco. and Evol.* 275-296.
- **Lay D. M., Agerson K. et Nadler C. F., 1975.** Chromosomes of some species of *Gerbillus* (Mammalia, Rodentia). *Zeitschrift fur Säugetierkunde*, **40**: 141-150.
- **Lay D. M., 1983.** Taxonomy of the genus *Gerbillus* (Rodentia : Gerbillinae) with comments on the applications of generic and subgeneric names and an annotated list of species. *Z.Säugetierkunde* **48**: 329-354.
- **Lesniewska B., Nowak M., Malendowicz K., 1990.** Sex Differences in Adrenocortical Structure and Function XXVIII. ACTH and Corticosterone in Intact, Gonadectomised and Gonadal Hormone Replaced Rats, p: 379.
- **Le B. M., 1990.** Faune du Sahara. Tome 2 : Mammifères. LE CHEVA LIER, Paris. Pp 360.
- **Le T. H., Blair D., M. C. and Manus D. P., 2000.** Mitochondrial genomes of human helminths and their use as markers in population genetics and phylogeny. *Acta. Trop.*, **77**: 243-256.
- **Lieberman S. and LinY. Y., 2001.** Reflections on sterol sidechain cleavage process catalyzed by cytochrome P450 (scc). *J. Steroid. Biochem. Mol. Biol.*, **78(1)**: 1-14.
- **Malendowicz L. K. and Jachimowicz B., 1982.** Sex differences in adrenocortical structure and function. XI. Autoradiographic studies on cell proliferation and turnover in the adrenal cortex of the male and female rat and its dependence on testosterone and estradiol.

- **Malendowicz L.K., Claudia R., Gastone G., and Nussdorfer.,1986.** Sex differences in adrenocortical structure and function XXII. Light- and electron-microscopic morphometric studies on the effects of gonadectomy and gonadal hormone replacement on the rat adrenal cortex, p: 141-144.
- **Manna P. R., Huhtaniemi I. T., and Stocco D. M., 2009.** Mechanisms of protein kinase C signaling in the modulation of 3', 5'-cyclic adenosine monophosphate-mediated steroidogenesis in mouse gonadal cells. *Endocrino.*, **150(7)**: 3308-3317.
- **Manna P. R., Wang X. J. and Stocco D. M., 2003.** Involvement of multiple transcription factors in the regulation of steroidogenic acute regulatory protein gene expression. *Steroid.***68(14)**: 1125-1134.
- **Marieb E.N., 1998.** Anatomie et Physiologie humaines. De Boeck, Bruxelles., pp 610-614.
- **Marieb E. N., 2000.** Biologie Humaine Anatomie et Physiologie. De Boeck, Bruxelles., Pp 277 -278.
- **Martin Y., Gerlach G., Schlötterer C. and Meyer A., 2000.** Molecular phylogeny of European Muroid Rodents based on complete cytochrome b sequences. *Molecular Phylogenet.Evol.*, **16**: 37-47.
- **Martin L., Siliart B., Dumon H., Backus R., Biourge V. and Nguyen P., 2001.** Leptin, body fat content and energy expenditure in intact and gonadectomized adult cats: a preliminary study. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutrit*, **85**: 195-199.
- **Martins L. T., Gonçalves M. C., Tavares K. C. S., Gaudêncio S., Santos N. P. C., 2011.** Castration methods do not affect weight gain and have diverse impacts on the welfare of water buffalo males. *Livestock. Sci.*, **140**: 171-176.
- **Mataoui H., 1999.** Effet de la castration sur le tractus génital mâle et sur l'activité thyroïdienne chez trois rongeurs sahariens : le mérion, la gerbille et le rat des sables. *mémoire de Magister, ENS.*, Alger, 186p.
- **Mazzocchi G., Malendowicz L. K., Rubba C., Rebuffat P., Gottardo G., Menegghelli V. and Nussdorfer. A., 1993.** Effect of testosterone on the zona fasciculata of the male rat adrenal cortex. *J. Submicrosc. Cytol.*, **15**: 991-1005.
- **Milne K. J., Thorp D. B., Melling C. W. J. and Nobel E. G., 2006.** Castration inhibits exercise-induced accumulation of Hsp70 in male rodent hearts. *Am. J. Physiol. Hear. Circ. Physiol.*, **290**: 1610–1616.
- **Mitani F., Mukai K., Miyamoto H., Suematsu M. and Ishimura Y., 2002.** The undifferentiated cell zone is a stem cell zone in rat adrenal cortex. *Biochim. Biophysic.*, **1619**: 317-324.
- **Moore L. M., Mcmurtry I. F., Reeves J. T., 1978.** Effects of Sex Hormones on Cardiovascular and Hematologic Responses to Chronic Hypoxia in Rats, *Exp. Biol. Med.*, **158 no, 4**: 658-662.
- **Mouriquand C., 1977.** Histologie: appareil respiratoire et glandes endocrines. *Armand Colin.*, Paris, Pp 1-71.
- **Musser G. G. and Carleton M. D., 2005.** Superfamily Muroidea. In D. E. Wilson &D. M. Reeder (Eds) *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference*, Vols. 1 and 2. Baltimore, MD: *John Hopkins University Press*, 894–1531.
- **Nagra C. L., Sauers A. K., and Etwittmaier H. N., 1946.** Effect of Testosterone, Progestagens, and Metopirone on Adrenal Activity in Cockerels, p: 69-73.
- **Ndiaye A., Bâ K., Aniskin V., Benazzou T., Chevret P., Konecny A., Sembene M., Tatard C., Kergoat G. J. and Granjon L., 2012.** Evolutionary systematics and

- biogeography of endemic gerbils (Rodentia, Muridae) from Morocco: an integrative approach. *Zoolo.Scripta.*, **41**: 11-28.
- **Ndiaye A., Shanas U., Chevret P., and Granjon L., 2013.** Molecular variation and chromosomal stability within *Gerbillus nanus* (Rodentia, Gerbillinae): taxonomic and biogeographic implications. *Mammalia.*, **77**: 105-111.
 - **Ndiaye A., Tatard C., Stanley W. and Granjon L., 2016.** Taxonomic hypotheses regarding the genus *Gerbillus* (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens, *ZooKeys.* **566**:145–155.
 - **Nicolas V., Schaeffer B., Missoup A. D., Kennis J., Colyn M., Denys C., Tatard C., Cruaud C. and Laredo C., 2012.** Assessment of three mitochondrial genes (16S, Cytb, CO1) for identifying species in the Praomyini Tribe (Rodentia: Muridae). *Plos. One*, **7**: e36586.
 - **Nijman I. J., Otsen M., Verkaar E. L., Ruijter C. and Hanekamp E., 2003.** Hybridization of banteng (*Bos javanicus*) and zebu (*Bos indicus*) revealed by mitochondrial DNA, satellite DNA, AFLP and microsatellites. *Heredity*, **90**: 10–16.
 - **Nunez M and Margarita M., 1979.**La flore lactique du fromage bleu de Cabrales, Departamento de Bioquimica y Microbiologia. CRIDA 06, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, *Apdo*, 8111 Madrid, **10.1051/lait:197958825** : 497-513.
 - **Omari N., Aït Akli Y., Labrousse F., Delage-corre M., Le Boutet M. J. and Hadj-Bekkouche F. 2007.** Stress nutritionnel chez *Psammomys obesus*. Physiopathologie du gland e surrénal e. *Bull. Soc. Zoo. de France*, **132 (3)**: 163-181.
 - **Osborn D. J. and Helmy I., 1980.** The contemporary land mammals of Egypt (including Sinai). *Field. Zoo.*, 579p.
 - **Oudot Le-secq M. P., 2000.** Organisation et structure des génomes mitochondriaux des algues brunes *Pylaiella littoralis* et *Laminaria digitata*. Thèse de doctorat en Biologie. Dir. These: S. Loiseaux-de-Göer. *Univ. Rennes I.* 30-32. 166p.
 - **Qumsiyeh M. B. H., 1986.***Chromosomal Evolution in the rodent family Gerbillidae*, PhD thesis, *Texas Tech University.*, 109 p.
 - **Qumsiyeh M. B. and Schlitter D. A., 1991.** Cytogenetic data on the rodent family Gerbillidae. Occasional Papers, *Museum Texas Tech University*, **144**: 1- 20.
 - **Padial J. M. et De R., 2009.** Integrative taxonomy reveals cryptic Amazonian species of *Pristimantis* (Anura: Strabomantidae). *Zool. J. Linn.Societ.*, **155**: 97–122.
 - **Park K. M., Kim J. I., Ahn Y., Bonventre A. J. and Bonventre J. V.,2004.** Testosterone Is Responsible for Enhanced Susceptibility of Males to Ischemic Renal Injury. *J. biol. chem.*, **279(50)**: 52282–52292.
 - **Parmesan C., 1996.** Climate and Species' range. *Nature.*,**382**: 499-511.
 - **Pavlinov I. J. A., Dubrovsky A. Y., Potapova E. G., and Rossolimo O. L., 1990.** *Gerbils of the world*. Nauka publications, Moscow [in Russian], 368p.
 - **Pavlinov I. J. A., 2001.** Current concepts of Gerbillids phylogeny and classification.In: African small mammals (C. Denys, L. Granjon, and A. Poulet, eds.). *IRD Éditions, Coll. Colloq. Sémin.*, Paris, 141-149.
 - **Payet N. and Lehoux J. G. 1980.** A comparative study of the role of vasopressin andACTH in the regulation of growth and function of rat adrenal glands. *J. Steroid. Biochem.*, **12**: 461-467.
 - **Payet N., Deziel Y. and Leoux J. C. 1984.** Vasopressin: a potent growth factor inadrenal glomerulosa cells in culture. *J. steroid. Biochem.*, **20(1)**: 449-454.

- **Pelletier G., 2000.** Localisation of androgen and estrogene receptors in rat and primate tissues. *Histo. Histopatho.*, **15**: 1261-1270.
- **Petter F., 1961** -Répartition géographique et écologie des Rongeurs désertiques (du Sahara occidental à l'Iran oriental). *Mammalia* **25 (N° spécial)**: 1-222.
- **Petter F., 1968.** Rodentia: Gerbillinae (excluding the genera *Tatera* and *Gerbillurus*). In: Meester J. (Ed.), Preliminary identification manual for African mammals. *Smithsonian Institution*, Washington.
- **Petter F., 1975.** Preliminary identification Manual for African mammals, Chapitre 17 Rodentia: Gerbillinae. *Smithsonian Institution*, Washington
- **Pihlajoki M., Dörner J., Cochran R. S., Heikinheimo M. and Wilson D. B., 2015.** Adrenocortical zonation, renewal and remodeling. *Cell. Endocrino.*
- **Pocock G. et Richards C. D., 2004.** Physiologie humaine. Paris: *Masson*.638p.
- **Pradier P. and Dalle M. 1996.** Effects of corticotrophin-releasing factor and vasopressin on plasma adrenocorticotrophin molecular forms, aldosterone and corticosterone in young and adult rats and rabbits. *Repro. Fertil. Dvpt.*, **8**: 111-116.
- **Rault P., 2006.** Vasopressine. A Comparison of Vasopressin and Epinephrine for Out-of-Hospital. *Cardiopul. Resusc.*, **350**: 105-113.
- **Ranck G. L., 1968.** The Rodents of Libya - Taxonomy, ecology and zoogeographical relationships. *Washington D.C.*, 264p.
- **Reiter R. J. and Hoffman R. A., 1967.** Adrenocortical cytogenesis in the adult male golden hamster. A radioautographic study using tritiated-thymidine, *J. Anatom*, **101,4**: pp. 723-729.
- **Richard, D. 1997.** Généralités. Corticoïdes et corticothérapie, pp 11- 20. Hermann, Paris.
- **Rifka S. M., Cutler J. G., Sauer M. and Loriaux D., 1978.** Rat adrenal androgen receptor: a possible mediator of androgen-induced decreased in rat adrenal weight. *Endocrino.*, **103**: 1103–1110.
- **Rischkowsky B., Pilling D., 2008** -L'Etat des Ressources Zoogénétiques pour l'Alimentation et l'Agriculture dans le Monde, pp393-410.
- **Rogerson, F. M., Brennan F. E. and Fuller P. J., 2004** - Mineralocorticoid receptor binding, structure and function. *Mol. Cell. Endocrinol.*, **217(1-2)**: 203-212.
- **Rossi D., Tostain J., 2004** - Déficit androgénique lié à l'âge : Synthèse diagnostique. Progrès en Urologie **vol 14** : 809-829.
- **Rouhou C. M., 2006.** Evaluation des classifications phylogénétiques des *bacillaceae* basées sur les gènes de l'opéron RRN et de gènes de ménage. Thèse doctorat, Université du Québec à Montréal.
- **Sabatini, D. D. and Derobertis, E. D. P., 1961.** Ultrastructural zonation of adrenocortex in the rat. *J. Biophysic. Biochem. Cyto.*, **9(1)**:105-119.
- **Sanger-Amigh K., Mayhew B. A., Mantero F., Schiavi F., White P. C., Rao C. V., and Rainey W. E., 2006.** Elevated Expression of Luteinizing Hormone Receptor in Aldosterone-Producing Adenomas. *J. Clin. Endocrinol. Metabol., in USA***91(3)**:1136–1142.
- **Sandstedt J., Ohlsson C., Norjavaara E. and Nilsson J., 1994.** Disproportional Bone Growth and Reduced Weight Gain in Gonadectomized Male Bovine Growth Hormone Transgenic and Normal Mice. *Endocrinol.*, **135**: 2574-2580.
- **Saruhan B. and Ozdemir G. N., 2005.** Effect of ovariectomy and estrogen treatment on the adrenal gland and body weight in rats, *Saudi Med J* 2005., **26 (11)**: 1705-1709.

- **Sato T., Matsumoto T., Yamada T., Watanabe T., Kawano H. and Kato S., 2003.** Late onset of obesity in male androgene receptor-deficient (ARKO) mice. *Biochem. Bioph. Res. Commun.*, **300**: 167-171.
- **Sharshar T. and Annane D. 2008.** Endocrine effects of vasopressin in critically illpatients. *Best Practice & Research Clin. Anaesthesio.*, **22(2)**: 265–273.
- **Schmidt E. H., Holzgreve W., and Beller F. K., 1987.** Effects of castration, exogenous testosterone and estrogen on endotoxin response in male rats, *Eur. J. Obstet. Gyneco .y Repro. Biol.*, **25**: 347-353.
- **Schomberg D. W., Stob M. and Andrews F. N., 1964.** Effects of Bamethyl-17-acetoxyprogesterone, 17a-ethynyl-19nortestosterone, progesterone, and testosterone propionate on the adrenals, gonads, and bursa of Fabricius of the chicken. *Gen. Comp. Endocrino.* **4**: 54-60.
- **Setzer H. W., 1958.** The Gerbils of Egypt. *J. Egy. Public Health Assoc.*, **6**: 205-227.
- **Shinzawa K., Ishibashi S., Murakoshi M., Watanabe K., Kominami S., Kawahara A. and Takemori S., 1988.** Relationship between zonal distribution of microsomal cytochrome P-450s (P-450(17) alpha,lyase and P-450C21) and steroidogenic activities in guinea-pig adrenal cortex. *J. Endocrino.* **119(2)**: 191-200.
- **Simpson E. R. and Waterman M. R., 1988.** Regulation of the synthesis of steroidogenic enzymes in adrenal cortical cells by ACTH. *Annu. Rev. Physiol.*, **50**:427-440.
- **Smith F. W., 1948.** The relationship of the inherited hormonal influence to the production of adrenal cortical tumors by castration. *Canc. Res.*, **8**: 641-651.
- **Snapir N., Furuta F. and Lepkovsky S., 1969.** Effect of Administered Testosterone Propionate on Cocks Functionally Castrated by Hypothalamic Lesions, *Endocrino.*, **84**: 611.
- **Sneath, P., Sokal, R. 1973.** Numerical Taxonomy: The Principles and Practice of Numerical Classification.
- **Spat A. and Hunyady L., 2004.** Control of aldosterone secretion: a model for convergence in cellular signaling pathways." *Physiol. Rev.*, **84(2)**: 489-539.
- **Stergiopoulos K., Brennan J. J.and Mathews R., 2008.** Anabolic steroids, acute myocardial infarction and polycythemia: *a case report and review of the literature.* *Vasc. Health Risk Manag.*, **4**:1475–80.
- **Sullivan P. S., Jackson C. W. and Mcdonald T. P., 1995.** Castration decreases thrombocytopoiesis and testosterone restores platelet production in castrated BALB/c mice: evidence that testosterone acts on a bipotential hematopoietic precursor cell. *J. Labo. Clinic.Medic.*, **125(3)**:326-333.
- **Tamura K., Peterson D., Peterson N., Stecher G., Nei M. and Kumar S., 2011 -** MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony Methods. *Mol. Biol. Evol.*
- **Thomas W. and Harvey B. J., 2011.** Mechanisms underlying rapid aldosterone effects in the kidney." *Annu. Rev. Physiol.* **73**: 335-357.
- **Toot J., Jenkins C., Dunphy G., Boehme S., Hart M., Milsted A., Turner M., and Ely D., 2008.** Testosterone influences renal electrolyte excretion in SHR/y and WKY males, Address: *1Biology Department, The University of Akron, Akron, OH 44325-3908, USA and 2School of Biomedical Sciences, Kent State University, Kent, OH 44242, USA.*
- **Tortora G. J. et Grabowski S. R., 1994.** Principes d'Anatomie et de Physiologie. De Boeck, Bruxelles., Pp 5- 44.

- **Veyrunes F., Britton-Davidian J., Robinson T. J., Calvet E., Denys C. and Chevret P., 2005.** Molecular phylogeny of the African pygmy mice, subgenus *Nannomys* (Rodentia, Murinae, *Mus*): implications for chromosomal evolution. *Mol. Phylogenet. Evol.*, **36**: 358 – 369.
- **Viallard J. F., Marit G. and Mercie P., 2000.** Polycythaemia as a complication of transdermal testosterone therapy. *Br. J. Haematol.*, **110**:237–8.
- **Viau V., Lee P., Sampson J. and Wu J., 2003.** A testicular influence on restraint induced activation of medial parvocellular neurons in the paraventricular nucleus in the male rat. *Endocrino.*, **144**: 3067-3075.
- **Vicente M. C. and Fulton T., 2003.** Utilisation des marqueurs moléculaires pour l'étude de la diversité génétique végétale. *International Plant Genetic Institute for Genomic Diversity Resources Institute*.
- **Vicencio J. M, Ibarra C., Estrada M., Chiong M., Soto D., Parra V., Diazaraya, Jaimovich E., and Lavandero S., 2006.** Testosterone Induces an Intracellular Calcium Increase by a Nongenomic Mechanism in Cultured Rat Cardiac Myocytes. *Endocrino.*, **147**:1386-1395.
- **Viégas-Pequignot E., Benazzou T., Prod'Homme M. and Dutrillaux B., 1984.** Characterisation of a very complex constitutive heterochromatin in two *Gerbillus* species (Rodentia). *Chromos.*, **89**: 42–47.
- **Volobouev V., Lombard M., Tranier M. and Dutrillaux B., 1995.** Chromosome-banding study in Gerbillinae (Rodentia).I. Comparative analysis of *Gerbillus poecilops*, *G. henleyi* and *G. nanus*. *J. Zool. Syst. Evol. Research.*, **33**: 54-61.
- **Volobouev V., Viegas-Péquignot E., Petter F., Gautun J. C., Sicard B. and Dutrillaux B., 1988.** Complex chromosomal polymorphism in *Gerbillus nigeriae*. *J. Mammal.*, **69**: 131–134
- **Walther G. R., Post E., Convey P., Menzel A., Parmesan C., Beebee T. J. C., Fromentin J. M., Hoeg-Guldberg O. and Bairlein F., 2002.** *Ecol. Resp. recent climate change. Nature*, **416**: 389-395.
- **Wassermann D. and Wassermann M. 1974.** The fine structure of adrenal zona glomerulosa in the adult rat. *Cell. Tiss. Research.*, **149**: 235—243.
- **Wheater P. R., Young B. and Heath J. W. 2001.** Histologie fonctionnel. *De Boeck, Paris*, Pp 320 -323.
- **Wibowo A. A. and Zielhuis R. L., 1981.** The effect of testosterone administration on lead induced zincprotoporphyrin in blood concentration in castrated male rabbits. *Arch. Toxicol.*, **49**: 65-71.
- **Wooley G. W., Fekete E. and Little C. C., 1939.** Proc. Nat. Acad. Sc. **25**: 277.
- **Wolley G., Fekete E., and Little C. C., 1941.** Effect of castration in the dilute grown strain of mice. *Endocrino.*, **28**: 341-343.
- **Wassif S., 1981.** Investigations on the relationships of the genera *Gerbillus* and *Dipodillus*, (Rodentia, Cricetidae) by the use of chromosome banding techniques. *Bull. Zool. Society. Egypt*, **31**: 139-155.
- **Xu A., Chan K.W., Hoo R. L. C., Wang Y., Tan K. C. B., Zhang J., Chen B., Lam M. C., Tse C., Cooper G. J. S. and Lam K. S. L., 2005.** Testosterone selectively reduces the high molecular weight form of adiponectin by inhibiting its secretion from adipocytes. *J. Biol. Chem.*, **280 (18)**: 18073-18080.

- **Yalden D. W., Largen M. J., Kock D. and Hillman J. C., 1996.** Catalogue of the mammals of Ethiopia and Eritrea. 7. Revised checklist, zoogeography and conservation. *Tropical Zool.*, **9**: 73-164.
- **Yanesa L., and Romerob D. G., 2009.** Dihydrotestosterone stimulates aldosterone secretion by H295R human adrenocortical cells, Department of Physiology and Biophysics, University of Mississippi Medical Center, 2500 North State Street, Jackson, MS 39216, Department of Biochemistry, *University of Mississippi Medical Center, Jackson, MS 39216, USA.*
- **Zatra Y., 2008.** Influence de la castration en période de reproduction, sur l'activité du cortex surrénal chez la gerbille mâle adulte. *Mémoire de Magister, F.S.B, U.S.T.H.B., Alger.* 120p.
- **Zatra Y., Aknoun N., Khammar F., Amirat Z., 2009.** Influence of orchidectomy and testosterone replacement on adrenal cortex activity in the Saharan gerbil *Gerbillus tarabuli*, *Endocrine Abstracts* (2009), **20**: P329.
- **Zennaro M. C., Hubert E. L. and Fernandes-Rosa F. L., 2012.** Aldosterone resistance: structural and functional considerations and new perspectives." *Mol. Cell. Endocrino.*, **350(2)**: 206-215.
- **Zhao C., Moon D. G. and Park J. K., 2013.** Effect of testosterone undecanoate on hematological profiles, blood lipid and viscosity and plasma testosterone level in castrated rabbits, *Can. Urol. Assoc. J.*, **7 (3-4)**.
- **Zieger G., Schmitt A., Siebels C. and Kubatsch B., 1980.** Histological changes in the adrenal cortex of the Syrian hamster following perinatal treatment with sex steroids, *Anatomischer Anzeiger*, **147(4)**:327-339.

Tableau II : Liste des séquences d'ADN trouvées dans la GenBank pour l'étude phylogénétique du genre « *Gerbillus* ».

***Gerbillus amoenus* :**

N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2016)	cytb	Égypte
02	"Acomyinae": new molecular evidences for a muroid taxon (Rodentia : Muridae) (P.Chevret , <i>et al.</i> , 2001)	IRPB	Burkina Faso

***Gerbillus andersoni* :**

N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2016)	cytb	Égypte
02	Integrative taxonomy of a poorly known Sahelian rodent, <i>Gerbillus nancillus</i> (Muridae, Gerbillinae) (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2014)	IRBP	Sénégal, Burkina-Faso, Mali, Soudan, Niger
03	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P.Chevret , <i>et Dobigny</i> , 2005)	cytb	Niger, Mali, Mauritanie,
04	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P.Chevret , <i>et Dobigny</i> , 2005)	IRBP	Niger, Mali , Mauritanie,
05	Integrative study of a poorly known Sahelian rodent species, <i>Gerbillus nancillus</i> (Rodentia, Gerbillinae). (Ndiaye,A. <i>et al.</i> , 2014).	cytb	Sénégal, Burkina-Faso, Niger, Mali, Soudan

***Gerbillus cheesmani* :**

N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2016)	cytb	Égypte
02	Integrative taxonomy of a poorly known Sahelian rodent, <i>Gerbillus nancillus</i> (Muridae, Gerbillinae) (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2014)	IRBP	Sénégal, Burkina-Faso, Mali, Soudan, Niger,
03	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P.Chevret <i>et Dobigny</i> , 2005)	cytb	Niger , Mali , Mauritanie,

***Gerbillus floweri* :**

N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2016)	cytb	Égypte
02	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P.Chevret <i>et Dobigny</i> , 2005)	IRBP	Niger, Mali, Mauritanie,

***Gerbillus gerbillus* :**

N° :	Article :	Gène :	Pays :
------	-----------	--------	--------

01	Integrative taxonomy of a poorly known Sahelian rodent, <i>Gerbillus nancillus</i> (Muridae, Gerbillinae) (Ndiaye, A <i>et al.</i> , 2014)	cytb	Sénégal, Burkina-Faso, Mali, Niger, Soudan
02	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye, A <i>et al.</i> , 2016)	IRBP	Égypte
03	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye, A <i>et al.</i> , 2016)	cytb	Égypte
03	Molecular systematics of gerbils and deomyines (Rodentia: Gerbillinae, Deomyinae) and a test of desert adaptation in the tympanic bulla. (Alhajeri, B.H. <i>et al.</i> , 2015).	cytb	Kuwait
04	Molecular systematics of gerbils and deomyines (Rodentia: Gerbillinae, Deomyinae) and a test of desert adaptation in the tympanic bulla. (Alhajeri, B.H. <i>et al.</i> , 2015).	Acp5	Kuwait
05	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P. Chevret, et Dobigny, 2005)	cytb	Niger, Mali, Mauritanie,
05	"Acomyinae": new molecular evidences for a muroid taxon (Rodentia : Muridae) (P. Chevret, <i>et al.</i> , 2001)	IRBP	Burkina Faso
06	Integrative study of a poorly known Sahelian rodent species, <i>Gerbillus nancillus</i> (Rodentia, Gerbillinae). (Ndiaye, A. <i>et al.</i> , 2014).	cytb	Burkina Faso, Mali, Niger, Sénégal
07	Evolutionary systematics and biogeography of endemic gerbils (Rodentia, Muridae) from Morocco: an integrative approach. (Ndiaye, A. <i>et al.</i> , 2011).	cytb	Maroc
08	Identification, cloning and regulation of cDNA encoding Aldo-Keto Reductase 1B7 in the adrenal gland of two saharan rodents <i>Meriones libycus</i> (Libyan jird) and <i>Gerbillus gerbillus</i> (gerbil). (Mataoui-Mazari, H. <i>et al.</i> , 2011).	akr1b7	Algérie
09	Multigene phylogeny of the Old World mice, Murinae, reveals distinct geographic lineages and the declining utility of mitochondrial genes compared to nuclear genes. (Steppan, S.J. <i>et al.</i> , 2005).	Rag1	Australie
10	Multigene phylogeny of the Old World mice, Murinae, reveals distinct geographic lineages and the declining utility of mitochondrial genes compared to nuclear genes. (Steppan, S.J. <i>et al.</i> , 2005).	Acp5	Australie
11	Mosquito vectors survey in the AL-Ahsaa district of eastern Saudi Arabia (Al-Khedhairi, A.A. <i>et al.</i> , 2011)	18S rRNA	Arabie Saoudite
12	Involvement of the V2 vasopressin receptor in adaptation to limited water supply. (Boselt, I. <i>et al.</i> , 2009).	AVPR2	Allemagne
13	Molecular phylogenetics of the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Gerbillinae): Implications for systematics, taxonomy and chromosomal evolution. (Abiadh, A. <i>et al.</i> , 2010).	cytb	Tunisie
14	Pliocene colonization and adaptive radiations in Australia and New Guinea (Sahul): multilocus systematics of the old endemic rodents (Muroidea: Murinae). (Rowe, K.C. <i>et al.</i> , 2008).	Bzrp	Australie Nouvelle Guinée
15	Pliocene colonization and adaptive radiations in Australia and New Guinea (Sahul): multilocus systematics of the old endemic rodents (Muroidea: Murinae). (Rowe, K.C. <i>et al.</i> , 2008).	Rbp3	Australie Nouvelle Guinée
16	Pliocene colonization and adaptive radiations in Australia and New Guinea (Sahul): multilocus systematics of the old endemic rodents (Muroidea: Murinae). (Rowe, K.C. <i>et al.</i> , 2008).	Brca1	Australie Nouvelle Guinée
17	Multigene phylogeny of the Old World mice, Murinae,	COI,	Australie

	reveals distinct geographic lineages and the declining utility of mitochondrial genes compared to nuclear genes. (Steppan, S.J. et al, 2005).	COII	
18	Multigene phylogeny of the Old World mice, Murinae, reveals distinct geographic lineages and the declining utility of mitochondrial genes compared to nuclear genes. (Steppan, S.J. et al, 2005).	GHR	Australie
19	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae). (Chevret, P. et Dobigny, G., 2005).	cytb	Niger, Mali, Mauritanie,
20	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae). (Chevret, P. and Dobigny, G., 2005).	12S rRNA	Niger, Mali, Mauritanie,

***Gerbillus henleyi* :**

N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye, A et al., 2016)	cytb	Égypte
02	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye, A et al., 2016)	IRBP	Égypte
03	Out of Himalaya: the impact of past Asian environmental changes on the evolutionary and biogeographical history of Dipodoidea (Rodentia). (Pisano, J. et al, 2015).	BRCA1	Out of Himalaya
04	Out of Himalaya: the impact of past Asian environmental changes on the evolutionary and biogeographical history of Dipodoidea (Rodentia). (Pisano, J. et al, 2015).	ghr	Out of Himalaya
05	Out of Himalaya: the impact of past Asian environmental changes on the evolutionary and biogeographical history of Dipodoidea (Rodentia). (Pisano, J. et al, 2015).	IRBP	Out of Himalaya
06	Intragenetic relationships within <i>Gerbilliscus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae), with characterization of an additional West African species. (Granjon, L. et al, 2012).	cytb	Benin,
07	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P. chevret , et Dobigny , 2005)	cytb	Niger, Mali, Mauritanie,
08	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P. chevret , et Dobigny , 2005)	IRBP	Niger, Mali, Mauritanie,
09	Integrative study of a poorly known Sahelian rodent species, <i>Gerbillus nancillus</i> (Rodentia, Gerbillinae). (Ndiaye, A. et al, 2014).	cytb	Burkina Faso, Mali, Mauritanie, Niger Sénégal
10	Intragenetic relationships within <i>Gerbilliscus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae), with characterization of an additional West African species. (Granjon, L. et al, 2012).	BRCA1	Benin,
11	Molecular variation and chromosomal stability within <i>Gerbillus nanus</i> (Rodentia, Gerbillinae): Taxonomic and biogeographic implications. (Ndiaye, A. et al, 2013).	cytb	Niger
12	Molecular phylogeny of rodents, with special emphasis on Murids: evidence from nuclear gene LCAT. (Robinson, M. et al, 1997).	LCAT	Senegal Burkina Faso
13	Evolutionary history of the most speciose mammals: molecular phylogeny of muroid rodents. (Michaux, J. et al, 2001).	vwf	Sud Afrique Kenya

***Gerbillus hesperinus* :**

N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Integrative taxonomy of a poorly known Sahelian rodent, <i>Gerbillus nancillus</i> (Muridae, Gerbillinae) (Ndiaye, A et al., 2014)	IRBP	Sénégal, Burkina-Faso, Mali, Mauritanie, Niger
02	Evolutionary systematics and biogeography of endemic gerbils	cytb	Maroc

	(Rodentia, Muridae) from Morocco: an integrative approach. (Ndiaye,A. <i>et al</i> , 2011).		
<i>Gerbillus hoogstrali</i> :			
N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P.Chevret , et Dobigny, 2005)	IRBP	Niger, Mali, Mauritanie,
02	Evolutionary systematics and biogeography of endemic gerbils (Rodentia, Muridae) from Morocco: an integrative approach. (Ndiaye,A. <i>et al</i> , 2011).	cytb	Maroc
<i>Gerbillus latastei</i> :			
N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Integrative taxonomy of a poorly known Sahelian rodent, <i>Gerbillus nancillus</i> (Muridae, Gerbillinae) (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2014)	cytb	Sénégal, Burkina-Faso, Mali, Soudan, Niger
02	Integrative taxonomy of a poorly known Sahelian rodent, <i>Gerbillus nancillus</i> (Muridae, Gerbillinae) (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2014)	IRBP	Sénégal, Burkina-Faso, Mali, Mauritanie, Niger
03	First molecular evidence for the presence of <i>Gerbillus latastei</i> (Rodentia, Muridae) in Algeria. (Nicolas,V. <i>et al</i> , 2013).	cytb	Algérie
04	Molecular phylogenetics of the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Gerbillinae): Implications for systematics, taxonomy and chromosomal evolution. (Abiadh,A. <i>et al</i> , 2010).	cytb	Tunisie
<i>Gerbillus nancillus</i> :			
N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Integrative taxonomy of a poorly known Sahelian rodent, <i>Gerbillus nancillus</i> (Muridae, Gerbillinae) (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2014)	cytb	Sénégal, Burkina-Faso, Mali, Soudan, Niger
02	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2016)	IRBP	Égypte
03	Integrative study of a poorly known Sahelian rodent species, <i>Gerbillus nancillus</i> (Rodentia, Gerbillinae). (Ndiaye,A. <i>et al</i> , 2014).	cytb	Burkina Faso, Mali, Niger, Sénégal
<i>Gerbillus nanus</i> :			
N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2016)	cytb	Égypte
02	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2016)	IRBP	Égypte
03	Integrative taxonomy of a poorly known Sahelian rodent, <i>Gerbillus nancillus</i> (Muridae, Gerbillinae). (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2014).	cytb	Sénégal, Burkina-Faso, Mali, Mauritanie, Niger
04	Molecular systematics of gerbils and deomyines (Rodentia: Gerbillinae, Deomyinae) and a test of desert adaptation in the tympanic bulla. (Alhajeri, B.H. <i>et al</i> , 2015).	cytb	Kuwait
05	Molecular systematics of gerbils and deomyines (Rodentia: Gerbillinae, Deomyinae) and a test of desert adaptation in the tympanic bulla. (Alhajeri, B.H. <i>et al</i> , 2015).	Acp5	Kuwait
06	On the genetic diversity of spiny mice (genus <i>Acomys</i>) and gerbils (genus <i>Gerbillus</i>) in the Arabian Peninsula (Bray,T.C., <i>et al.</i> , 2013)	COI	Arabie Saoudite
07	On the genetic diversity of spiny mice (genus <i>Acomys</i>) and gerbils (genus <i>Gerbillus</i>) in the Arabian Peninsula (Bray,T.C., <i>et al.</i> , 2013)	16S rRNA	Arabie Saoudite
08	On the genetic diversity of spiny mice (genus <i>Acomys</i>) and gerbils (genus <i>Gerbillus</i>) in the Arabian Peninsula (Bray,T.C.,	cytb	Arabie Saoudite

	<i>et al., 2013)</i>		
09	Consequences of anthropogenic changes on rodent communities and populations: study cases on native and introduced species in Eastern Senegal (P.Chevret , et al., 2009)	cytb	Sénégal
10	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P.Chevret , et Dobigny, 2005)	IRBP	Niger, Mali, Mauritanie,
11	Ecological opportunity and incumbency in the diversification of repeated continental colonizations by muroid rodents (Schenk, J.J. et al, 2013).	RAG1	Nouvelle-Zélande
12	Ecological opportunity and incumbency in the diversification of repeated continental colonizations by muroid rodents (Schenk, J.J. et al, 2013).	IRBP	Nouvelle-Zélande
13	Ecological opportunity and incumbency in the diversification of repeated continental colonizations by muroid rodents (Schenk, J.J. et al, 2013).	GHR	Nouvelle-Zélande
14	Molecular variation and chromosomal stability within <i>Gerbillus nanus</i> (Rodentia, Gerbillinae): Taxonomic and biogeographic implications. (Ndiaye,A. et al, 2013).	cytb	Niger
15	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye,A. et al., 2016)	cytb	Égypte
16	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae). (Chevret,P. et Dobigny,G., 2005).	cytb	Niger, Mali, Mauritanie,
17	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae).(Chevret,P. et Dobigny,G., 2005).	12S rRNA	Niger, Mali, Mauritanie,

***Gerbillus nigeriae* :**

N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye,A. et al., 2016)	cytb	Égypte
02	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye,A. et al., 2016)	IRBP	Égypte
03	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P.Chevret , et Dobigny, 2005)	Cytb	Niger, Mali, Mauritanie,
04	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P.Chevret , et Dobigny, 2005)	IRBP	Niger, Mali, Mauritanie,
05	Integrative study of a poorly known Sahelian rodent species, <i>Gerbillus nancillus</i> (Rodentia, Gerbillinae). (Ndiaye,A. et al, 2014).	cytb	Burkina Faso, Mali, Soudan, Niger, Sénégal
06	Mitochondrial and Nuclear Genes-Based Phylogeography of <i>Arvicanthis niloticus</i> (Murinae) and Sub-Saharan Open Habitats Pleistocene History (Dobigny,G.,et al., 2013)	MS	Burkina-Faso, Cameroun, Tchad, Mali, Niger, Mauritanie, Sénégal;
07	Robertsonian fusions, pericentromeric repeat organization and evolution: a case study within a highly polymorphic rodent species, <i>Gerbillus nigeriae</i> . (Gauthier,P. et al, 2010).	GERB2	Sénégal, Mali, Niger
08	Robertsonian fusions, pericentromeric repeat organization and evolution: a case study within a highly polymorphic rodent species, <i>Gerbillus nigeriae</i> . (Gauthier,P. et al, 2010).	GERB1	Sénégal, Mali, Niger

09	An assessment of the systematics of arvicanthine rodents using mitochondrial DNA sequences: evolutionary and biogeographical implications. (Ducroz, J.F. et al, 2001).	12S rRNA	Mauritanie
10	An assessment of the systematics of arvicanthine rodents using mitochondrial DNA sequences: evolutionary and biogeographical implications. (Ducroz, J.F. et al, 2001).	16S rRNA	Mauritanie
11	An assessment of the systematics of arvicanthine rodents using mitochondrial DNA sequences: evolutionary and biogeographical implications. (Ducroz, J.F. et al, 2001).	cytb	Mauritanie
12	Characterization and chromosomal location of two repeated DNAs in three Gerbillus species. (Volobouev, V. et al, 1995).	GERB2	Nigeria
13	Characterization and chromosomal location of two repeated DNAs in three Gerbillus species. (Volobouev, V. et al, 1995).	GERB1	Nigeria
14	Morphological diversity of Old World rats and mice (Rodentia, Muridae) mandible in relation with phylogeny and adaptation. (Michaux, J. et al, 2007).	IRBP	France
15	The phylogenetic position of 'Acomyinae' (Rodentia, Mammalia) as sister group of a Murinae + Gerbillinae clade: evidence from the nuclear ribonuclease gene. (Dubois, J.Y. et al, 1999).	encoding pancreatic	Niger
16	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P.Chevret, et Dobigny, 2005)	cytb	Niger, Mali, Mauritanie,
17	ERV-L elements: a family of endogenous retrovirus-like elements active throughout the evolution of mammals. (Benit, L., et al, 1999).	ERV-L	France
18	Evolutionary relationships of Acomys and other murids (Hanni, C., et al, 1995).	12S rRNA	Israël

***Gerbillus occidentus* :**

N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Taxonomic hypotheses regarding the genus Gerbillus (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye, A et al., 2016)	cytb	Égypte
02	Taxonomic hypotheses regarding the genus Gerbillus (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye, A et al., 2016)	IRBP	Égypte
03	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P.Chevret, et Dobigny, 2005)	cytb	Niger, Mali, Mauritanie
04	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P.Chevret, et Dobigny, 2005)	IRBP	Niger, Mali, Mauritanie
05	Integrative study of a poorly known Sahelian rodent species, Gerbillus nancillus (Rodentia, Gerbillinae). (Ndiaye, A. et al, 2014).	cytb	Burkina Faso, Mali, Soudan, Niger and Sénégal
06	Evolutionary systematics and biogeography of endemic gerbils (Rodentia, Muridae) from Morocco: an integrative approach. (Ndiaye, A. et al, 2012).	cytb	Maroc

***Gerbillus perpallidus* :**

N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Evolutionary systematics and biogeography of endemic gerbils (Rodentia, Muridae) from Morocco: an integrative approach. (Ndiaye, A. et al, 2012).	cytb	Maroc
02	Evaluation of the gene encoding translation termination factor eRF3 as a possible phylogenetic marker. (Tarasov, O.V. et al, 2008).	GSPT2	Russie
03	Taxonomic hypotheses regarding the genus Gerbillus based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye, A. et al, 2016).	cytb	Egypte

***Gerbillus poecilops* :**

N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2016)	IRBP	Égypte
02	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2016)	cytb	Égypte

***Gerbillus pyramidum* :**

N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Taxonomic hypotheses regarding the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Muridae, Gerbillinae) based on molecular analyses of museum specimens (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2016)	cytb	Égypte
02	Integrative taxonomy of a poorly known Sahelian rodent, <i>Gerbillus nancillus</i> (Muridae, Gerbillinae) (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2014)	IRBP	Sénégal, Burkina-Faso, Mali, Soudan, Niger
03	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P.Chevret , <i>et Dobigny</i> , 2005)	cytb	Niger, Mali, Mauritanie,
04	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae) (P.Chevret , <i>et Dobigny</i> , 2005)	IRBP	Niger, Mali, Mauritanie,
05	Integrative study of a poorly known Sahelian rodent species, <i>Gerbillus nancillus</i> (Rodentia, Gerbillinae). (Ndiaye,A. <i>et al.</i> , 2014).	cytb	Burkina Faso, Mali, Soudan, Niger, Sénégal
06	Evolutionary systematics and biogeography of endemic gerbils (Rodentia, Muridae) from Morocco: an integrative approach. (Ndiaye,A. <i>et al.</i> , 2011).	cytb	Maroc
07	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae). (Chevret,P. <i>et Dobigny,G.</i> , <i>et al.</i> , 2005).	12S rRNA	Niger, Mali, Mauritanie,

***Gerbillus tarabuli* :**

N° :	Article :	Gène :	Pays :
01	Integrative taxonomy of a poorly known Sahelian rodent, <i>Gerbillus nancillus</i> (Muridae, Gerbillinae). (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2014).	cytb	Sénégal, Burkina-Faso, Mali, Niger, Soudan
02	Integrative taxonomy of a poorly known Sahelian rodent, <i>Gerbillus nancillus</i> (Muridae, Gerbillinae). (Ndiaye,A <i>et al.</i> , 2014).	IRBP	Sénégal, Burkina-Faso, Mali, Niger, Soudan,
03	Systematics and evolution of the subfamily Gerbillinae (Mammalia, Rodentia, Muridae). (P.Chevret , <i>et al.</i> , 2005).	cytb	Niger, Mali, Mauritanie,
04	"Acomyinae": new molecular evidences for a muroid taxon (Rodentia : Muridae). (P.Chevret , <i>et al.</i> , 2001).	IRBP	Burkina Faso
05	Molecular variation and chromosomal stability within <i>Gerbillus nanus</i> (Rodentia, Gerbillinae): taxonomic and biogeographic implications. (A Ndiaye, <i>et al.</i> , 2012).	cytb	Maroc
06	Evolutionary systematics and biogeography of endemic gerbils (Rodentia, Muridae) from Morocco: an integrative approach. (A Ndiaye, <i>et al.</i> , 2012).	cytb	Maroc

07	Molecular phylogenetics of the genus <i>Gerbillus</i> (Rodentia, Gerbillinae): Implications for systematics, taxonomy and chromosomal evolution. (Abiadh, A <i>et al.</i> , 2010).	cytb	Tunisie
----	--	------	---------

Tableau III : Les séquences du cytb utilisées dans la reconstruction phylogénétique des arbres:

Espèce :	Région :	N° d'accension :
<i>Gerbillus amoenus</i>	Egypte 1	KT721325.1
	Egypte 2	KT721324.1
	Egypte 3	KT721323.1
	Egypte 4	KT721322.1
	Bourkina-Faso	KM236112.1
<i>Gerbillus andersoni</i>	Egypte	LN606673.1
	Mali	KM236114.1
	Bourkina-Faso	KF496286.1
<i>Gerbillus cheesmani</i>	Egypte	LN606676.1
	Mali 1	KM236118.1
	Mali 2	KM236117.1
<i>Gerbillus floweri</i>	Egypte 1	KT721350.1
	Egypte 2	KT721349.1
	Egypte 3	KT721348.1
	Egypte 4	KT721347.1
	Bourkina-Faso	KM236119.1
<i>Gerbillus gerbillus</i>	Egypte 1	KT721334.1
	Egypte 2	KT721332.1
	Egypte 3	KT721331.1
	Sudan	LN606680.1
	Kuweit	KR089023.1
	Bourkina-Faso	KM236125.1
	Maroc	JN652802.1
	Tunisie 1	GU356564.1
	Tunisie 2	GU356563.1
Mali	AJ851269.1	
<i>Gerbillus henleyi</i>	Egypte	LN606682.1
	Benin	JF704121.1
	Mali	KM236129.1
	Bourkina-Faso 1	KF496236.1
	Bourkina-Faso 2	KF496235.1
Niger	JQ753050.1	
<i>Gerbillus hesperinus</i>	Maroc	JN652803.1
<i>Gerbillus hoogstrali</i>	Maroc	JN021420.1
<i>Gerbillus latastei</i>	Soudan	LN606683.1
	Algérie 1	KC866587.1
	Algérie 2	KC866585.1
	Algérie 3	KC866584.1
	Tunisie 1	GU356562.1
	Tunisie 2	GU356561.1
	Tunisie 3	GU356560.1
	Tunisie 4	GU356559.1
	Tunisie 5	GU356557.1
	Tunisie 6	GU356556.1
	Tunisie 7	GU356555.1
Tunisie 8	GU356553.1	
<i>Gerbillus nancillus</i>	Soudan	LN606684.1
	Sénégal 1	KF496279.1
	Sénégal 2	KF496274.1
	Sénégal 3	KF496249.1

	Sénégal 4 Sénégal 5 Sénégal 6 Sénégal 7	KF496238.1 KF496254.1 KF496261.1 KF496264.1
<i>Gerbillus nanus</i>	Arabie saoudite Burkina faso Egypte Egypte Kuwait Niger Egypte Egypte Mali Mali Sénégal	KT721338.1 LN606685.1 KR089024.1 KF422699.1 KM236133.1 JQ753063.1 KT721336.1 KT721335.1 JQ753061.1 JQ753051.1 AJ851270.1
<i>Gerbillus nigeriae</i>	Egypte 1 Egypte 2 Mali 1 Mali 2 Mali 3 Soudan	LN606688.1 LN606687.1 KM236138.1 KM236137.1 AF141226.1 KF496281.1
<i>Gerbillus occiduus</i>	Egypte Mali Soudan Maroc 1 Maroc 2	LN606689.1 KM236139.1 KF496282.1 JN652805.1 JN021440.1
<i>Gerbillus perpallidus</i>	Maroc 1 Maroc 2 Egypte	KT721343.1 JN652806.1 KT721341.1
<i>Gerbillus poecilops</i>	Egypte	JQ753064.1
<i>Gerbillus pyramidum</i>	Egypte 1 Egypte 2 Mali Soudan Maroc	LN606692.1 LN606690.1 KM236141.1 KF496283.1 JN652813.1
<i>Gerbillus tarabuli</i>	Soudan 1 Mali Soudan 2 Maroc 1 Maroc 2 Tunisie 1 Tunisie 2 Tunisie 3 Tunisie 4	LN606697.1 KM236146.1 KF496285.1 JN652832.1 JN652800.1 GU356576.1 GU356575.1 GU356574.1 GU356573.1

Tableau V : influence de la castration sur le poids corporel chez les gerbilles adulte mâle

	Moy 1	Moy 2	p	diff %
témoin				
0j vs. 8j	50,6	52,4	0,5	3,42
0j vs.15j	50,6	54,1	0,16	6,9
0j vs. 22j	50,6	55,5	0,045	9,63
0j vs. 28j	50,6	56,2	0,02	11,04
0j vs.35j	50,6	57,3	0,006	13,11
0j vs.42j	50,6	57,4	0,004	13,43
0j vs.50j	50,6	57	0,008	12,49
8j vs.15j	52,4	54,1	0,47	3,36
8j vs. 22j	52,4	55,5	0,19	6,01
8j vs. 28j	52,4	56,2	0,01	7,37
8j vs.35j	52,4	57,3	0,04	9,37
8j vs.42j	52,4	57,4	0,03	9,68
8j vs. 50j	52,4	57	0,045	8,77
15j vs.22j	54,1	55,5	0,53	2,56
15j vs.28j	54,1	56,2	0,33	3,88
15j vs.35j	54,1	57,3	0,15	5,81
15j vs.42j	54,1	57,4	0,12	6,11
15j vs.50j	54,1	57	0,18	5,23
22j vs.28j	55,5	56,2	0,73	1,29
22j vs.35j	55,5	57,3	0,39	3,17
22j vs. 42j	55,5	57,4	0,32	3,46
22j vs. 50j	55,5	57	0,46	2,61
28j vs.35j	56,2	57,3	0,59	1,86
28j vs.42j	56,2	57,4	0,51	2,15
28j vs. 50j	56,2	57	0,70	1,3
35j vs. 42j	57,3	57,4	0,93	0,28
35j vs. 50j	57,3	57	0,87	-0,55
42j vs. 50j	57,4	57	0,79	-0,83
castrés				
0J vs. 8J	49,6	45,3	0,016	-8,69
0J vs.15J	49,6	44,2	0,006	-10,8
0J vs.22J	49,6	45	0,008	-9,21
0J vs. 28J	49,6	46,6	0,09	-5,97
0J vs. 35J	49,6	47,7	0,28	-3,74
0J vs. 42J	49,6	48,5	0,52	-2,14
0J vs.50J	49,6	48,7	0,63	-1,64
8J vs.15J	45,3	44,2	0,57	-2,31
8J vs. 22J	45,3	45	0,89	-0,56
8J vs. 28J	45,3	46,6	0,46	2,98
8J vs.35J	45,3	47,7	0,18	5,42
8J vs.42J	45,3	48,5	0,07	7,18
8J vs.50J	45,3	48,7	0,05	7,73
15J vs.22J	44,2	45	0,68	1,79
15J vs.28J	44,2	46,6	0,22	5,42
15J vs.35J	44,2	47,7	0,08	7,92
15J vs.42J	44,2	48,5	0,03	9,71
15J vs.50J	44,2	48,7	0,02	10,28
22J vs.28J	45	46,6	0,36	3,56
22J vs.35J	45	47,7	0,12	6,02
22J vs.42J	45	48,5	0,04	7,78
22J vs.50J	45	48,7	0,03	8,33

28J vs.35J	46,6	47,7	0,54	2,37
28J vs.42J	46,6	48,5	0,27	4,07
28J vs.50J	46,6	48,7	0,22	4,61
35J vs.42J	47,7	48,5	0,65	1,66
35J vs.50J	47,7	48,7	0,55	2,19
42J vs.50J	48,5	48,7	0,88	0,52
castres traites				
50J vs.57J	49,2	49,1	0,96	-0,27

Tableau VI : influence du dimorphisme sur le poids surrénalien en pourcentage (%) chez la gerbille *Gerbillus tarabuli* mâle adulte

lots	SD vs SG									
	Absolu					relative				
	Moy1	Moy2	t-value	p	Diff%	Moy1	Moy2	t-value	p	Diff %
t	13,6	14,3	-0,71	0,49	5,4	23,8	25,1	-0,84	0,41	5,3
c	15,5	15,5	-0,03	0,98	0,3	32,8	32,5	0,06	0,95	-0,8
ct	15,6	16,5	-0,61	0,55	6,1	32,2	33,7	-0,46	0,65	4,6

Tableau VII : influence de la castration sur le poids surrénalien en pourcentage (%) chez la gerbille *Gerbillus tarabuli* mâle adulte

lots	SD + SG							
	ABSOLU				Relative			
	Moy 1	Moy 2	p	diff %	Moy 1	Moy 2	p	diff %
t vs C	27,9	31,0	0,48	11,3	48,9	65,3	0,02	33,5
t vs CT	27,9	32,1	0,27	15,0	48,9	65,8	0,02	34,7
C vs CT	31,0	32,1	0,92	3,4	65,3	65,8	0,99	0,9

Tableau VIII : Influence de la castration sur les hauteurs du cortex et de la zone glomérulée chez les gerbilles mâles adultes *Gerbillus tarabuli*

hauteur mprphométré						
	lots	Moy 1	Moy 2	p	diff %	
cortex	t vs C	1253,2	1608,0	0,00011	28,31	
	t vs CT	1253,2	1189,1	0,14508	-5,11	
	C vs CT	1608,0	1189,1	0,00011	-26,05	
ZG	HZ	t vs C	79,4	77,7	0,88037	-2,07
		t vs CT	79,4	80,0	0,97920	0,84
		C vs CT	77,7	80,0	0,77754	2,97
	CELL	t vs C	486,6	470,6	0,63192	-3,28
		t vs CT	486,6	461,9	0,33615	-5,06
		C vs CT	470,6	461,9	0,87329	-1,84
	N	t vs C	99,7	96,9	0,58932	-2,77
		t vs CT	99,7	102,1	0,66655	2,43
		Cvs CT	96,9	102,1	0,15703	5,34
N/CELL	t vs C	0,3	0,3	0,99987	-0,08	
	t vs CT	0,3	0,4	0,13773	9,99	
	C vs CT	0,3	0,4	0,13339	10,08	

Tableau IX: influence de la castration sur d'Aldostérone plasmatique chez les gerbilles mâle adulte *Gerbillus tarabuli*

ALDOSTERONE				
	MOY 1	MOY2	P	Diff %
t vs C	348,2	148,5	0,37	-57,4
t vs CT	348,2	201,8	0,58	-42,0
C vs CT	148,5	201,8	0,93	35,9

Tableau X : influence de la castration sur l'Hématocrite chez les gerbilles mâle adulte *Gerbillus tarabuli*

HTE				
	Moy 1	Moy2	p	diff%
t vs C	44,7	47,5	0,43	6,2
t vs CT	44,7	42,1	0,47	-5,9
C vs CT	47,5	42,1	0,05	-11,3

Moy = moyenne ; **SD**= Surrinale droite ; **SG**= Surrénale gauche ;

HTE= Hématocrite ; **Aldo**= Aldostérone ; **Gt**= *Gerbillus tarabuli*

FICHE TECHNIQUE N°1: DÉSHYDRATATION

1 bain d'alcool 70°	conservation illimitée
1 bain d'alcool 70°	30 min
2 bains d'alcool 96°	30 min
2 bains d'alcool 100°	30 min

FICHE TECHNIQUE N°2: ECLAIRCISSEMENT

1 bain d'alcool butanol	24h
1 bain d'alcool butanol	illimitée

FICHE TECHNIQUE N°3 : Pénétration Des Pièces Par Paraffinage

- 1er bain de paraffine/butanol (V/V) 1 heure
- 2eme bain de paraffine 4 heures
- 3eme bain de paraffine 1 nuit

FICHE TECHNIQUE N°4: COLORATION TOPOGRAPHIQUE AU TRICHROME**DE MASSON****1- Réactifs:****1.1- Hématoxyline de Groat: (préparation à froid)**

Acide sulfurique concentré	0,8 ml
Alun de fer	1 g
Eau distillée	50 ml
Hématoxyline	0,5 g
Alcool 95°	50 ml

Laisser reposer pendant une heure et filtrer (Se conserve pendant trois mois environ)

1.2- Fuchsine acide-Ponceau: (préparation à froid) (Conservation illimitée)

Fuchsine acide	0.1 g
Ponceau	0.2 g
Eau distillée	300 ml

Après reconstitution et dissolution, ajouter :

Acide acétique	0.6 ml
----------------------	--------

1.3- Orange G acide phosphomolybdique: (préparation à froid) (Conservation illimitée.)

acide phosphomolybdique	1 g
Orange G	2 g
Eau distillée	100 ml

1.4 - Vert lumière acétique: (Préparation à froid) (Conservation illimitée)

Vert lumière	0.1 g
Eau distillée	100 ml

Ajouter après dissolution:

Acide acétique	2 ml
----------------------	------

2 - Mode opératoire:

Hydrater ;

Colorer par Hématoxyline de Goat 1 min 30S ;

Laver à l'eau courante pendant 5 min ;

Colorer par le mélange fuchsine Ponceau pendant 5 min environ ;

Rincer à l'eau acétifier à 1% ;

Colorer par l'orange G acide phosphomolybdique pendant 5 min ;
Rincer à l'eau acétifier à 1% ;
Colorer par vert lumière pendant 5 min environ ;
Laver à l'eau acétifier à 1% ;
Déshydrater et monter à l'Eukit.

3 - Résultat: les noyaux sont colorés en noir, le cytoplasme en rouge le tissu conjonctif en vert.

FICHE TECHNIQUE N°5

1. Les réactifs fournis :

Tous Les réactifs de la trousse conservés à 2-8°C sont stables jusqu'à la date de péremption mentionnée sur la trousse de la trousse.

- tube revêtus d'un Anticorps anti-Aldostérone : 2*50 tubes (prêt à l'emploi)
- traceur Aldostérone marqué à l'iode 125 : un flacon de 55ml (prêt à l'emploi)
- calibrateurs : 6 flacons de 0 à 2000 pg/ml
- sérum de contrôle : 1 flacon (lyophilisé)

2. Matériel nécessaire : en plus de l'équipement de laboratoire usuel, il est nécessaire d'utilisé les matériels suivant :

- ✓ Micropipettes de précision (10 µl, 50 µl).
- ✓ Pipette semi-automatique de (500 µl).
- ✓ Agitateur à mouvement de va et vient horizontal ou à plateau oscillant.
- ✓ Système d'aspiration
- ✓ Mélangeur de type Vortex.
- ✓ Compteur gamma réglé pour la mesure de l'Iode 125.

MATERIEL ET LES REACTIFS NECESSAIRE POUR L'HISTOLOGIE



**Balance de précision de
Marque Mettler et Sartorius**



**Balance mono plateau
de marque KERN**



**Etuve de séchage à 58°
de marque Binder**



**Déshydratation des pièces histologiques
après fixation**



**Distillateur de marque
Heating Mantle**



Eprouvette Graduée



Alcool butanol



Alcool Éthanol



Bain Marie de type Memmert



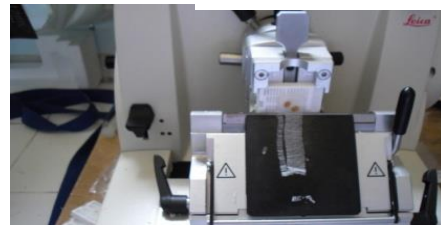
Coloration topographique au trichrome de Masson



Collage des cassettes en plastique sur les moules de métal de marque tissu –TEK111



La plaque chauffant de Marque Leica



Microtome



Photomicroscope de marque Optika +Cam (premiere MA88-500)

MATERIEL ET LES REACTIFS NECESSAIRES

POUR LE DOSAGE DE L'ALDOSTERONE



Centrifugeuse



Agitateur de type vortex



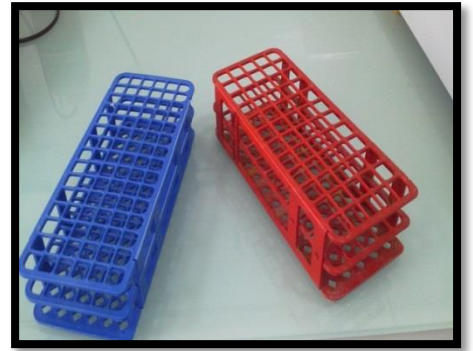
Aspirateur de type LS1000



Micropipette de précision



Flacon Aldostérone



Portoirs



Agitateur



Les flacons des Calibrateurs



Imprimant



Compteur gamma calibré

MATERIEL NECESSAIRE POUR
L'HEMATOCRITE



Micro-centrifugeuse



Abaque de lecteur de l'Hématocrite

INTRODUCTION

RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES

MATERIEL ET METHODES

RESULTATS ET DISCUSSION

CONCLUSION

ANNEXES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES