



REPUBLIQUE DU BENIN

\*\*\*\*\*

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (MESRS)**

\*\*\*\*\*

UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI (UAC)

\*\_\*\_\*\_\*\_\*\_\*\_\*

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES (FAST)



**Laboratoire de Biomembranes et Signalisation Cellulaire (LBSC)**

**ECOLE DOCTORALE PLURIDISCIPLINAIRE  
« ESPACES, CULTURES ET DEVELOPPEMENT »**

**THESE de DOCTORAT N° 321**

**Discipline** : Physiologie

**Spécialité** : *Physiologie Animale*

*Présentée par :*

**Comonla Jérôme Léopold ACAKPO**

**RÉACTIVITÉ NEUROHORMONALE DES  
AULACODES (*Thryonomys swinderianus*)  
FACE AU STRESS**

**-  
PERSPECTIVE POUR LA SÉLECTION DE L'ESPÈCE  
SUR LA DOCILITÉ.**

**Pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université d'Abomey-Calavi**

Soutenue publiquement le 29 Décembre 2015

Devant le jury composé de :

**Président/Rapporteur** : Mr. Alphonse SEZAN, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

**Rapporteur** : Mr. Tchadjobo TCHACONDO, Maître de Conférences, Université de Lomé (Togo)

**Rapporteur** : Mme Haoua SEINI SABO, Maître de Conférences, Université Abdou MOUMOUNI (Niger)

**Examineur** : Mme Lucie AYI née FANOUE, Maître de Conférences, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

**Directeur de thèse** : Dr. Marcel SENOU, Maître de Conférences, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

**Mention Très Honorable avec Félicitation du Jury**

**RÉSUMÉ & ABSTRACT**

## RÉSUMÉ

La variabilité des concentrations plasmatiques des catécholamines en rapport avec la docilité et la coloration de la robe chez l'aulacode (*Thryonomys swinderianus*) a été étudiée. La docilité des animaux a été mesurée par la méthode de scoring utilisant une grille comportementale. La détermination biochimique des marqueurs de stress a été réalisée par HPLC et celle de la glycémie par la méthode de Trinder. Des résultats d'analyse de variances, il ressort que la docilité et la couleur de la robe influencent de manière significative la variation des taux plasmatiques de catécholamines et celles de leurs dérivés métaboliques ainsi que de la glycémie. L'analyse factorielle des correspondances multiples a permis de mettre en évidence trois groupes distincts d'aulacodes. Le premier groupe (G1) à pelage normal, et à faible réactivité neurohormonale, est constitué des animaux très dociles caractérisés par une concentration d'adrénaline très faible et des taux plasmatiques moyens de noradrénaline, de glucose, de dopamine et de 5-HIAA. Ces animaux présentent une concentration très élevée de DOPAC. Les animaux du groupe 2 (G2) ont une robe gris-pâle et sont modérément dociles avec une libération moyenne d'adrénaline et de DOPAC. Les taux plasmatiques de glucose, de dopamine et de 5-HIAA des aulacodes de ce groupe sont très élevés, tandis que ceux de la noradrénaline sont très faibles chez ces derniers. Le troisième groupe (G3), celui des paniquards, est constitué des animaux à pelage gris foncé. Les aulacodes de ce groupe libèrent une forte concentration de catécholamines (adrénaline et noradrénaline) et ont un taux plasmatique très faible de dopamine, de glucose, de DOPAC et de 5-HIAA. La possibilité de discriminer les aulacodes du point de vue de leur comportement en se servant des concentrations plasmatiques de catécholamines et de leurs dérivés métaboliques, indique que ces paramètres physiologiques peuvent être associés à la sélection des aulacodes sur la docilité. La corrélation significative entre les catécholamines et la coloration de la robe évoque également la possibilité d'inclure ces traits dans la sélection des animaux dociles.

**Mots clés :** Catécholamines, docilité, glycémie, aulacodes, stress.

## ABSTRACT

The present work is designed to investigate the link between plasmatic concentrations of catecholamines (adrenaline, noradrenaline, dopamine) and their metabolites (dopac and 5-HIAA) as well as the coat color, docility and glycaemia in grasscutter (*Thryonomys swinderianus*). Docility test were performed on animals, using a scoring method along the lines with Kukekova. Experimental animals were then submitted to blood sample collection and assaying of plasmatic concentration of catecholamines by HPLC coupled with an electrochemical method as well as glucose concentration using Trinder's approach. AOV reveal that docility status of animals and coat color are significant for variation in the physiological traits assayed. MCA also provide evidence of three distinctive groups of grasscutters. The first group (G1) is characterized by a normal coat color and a very low adrenaline concentration. Their plasmatic concentrations of noradrenaline, dopamine, glucose and 5-HIAA are rather medium. Animals of the first group exhibit a very high plasmatic concentration of dopac. Animals pertaining to the second group (G2) are moderately docile and have a light grey coat color. They are also characterized by a moderate adrenaline and dopac release, whereas their plasmatic concentrations of glucose, dopamine and 5-HIAA are very high. In contrast, their noradrenaline release is low. The third group (G3) that of the cowards, consists of animals with dark grey coat color and very high plasmatic concentrations of adrenaline and noradrenaline. They are characterized by very low plasmatic concentrations of dopamine, glucose, DOPAC and 5-HIAA. Results from the present study suggest good prospects of using catecholamines as physiological indicator traits for selection on docility in grasscutter. The use of coat color as selection criterion is also worthwhile for the same purpose.

**Key words:** Catecholamines, docility, glycaemia, grasscutter, stress.

**SOMMAIRE**

RÉSUMÉ & ABSTRACT .....	i
DÉDICACE .....	vii
HOMMAGES .....	ix
REMERCIEMENTS .....	xi
LISTE DES TABLEAUX, FIGURES & PHOTOS .....	xiii
LISTE DES PHOTOS.....	xvii
SIGLES & ABRÉVIATIONS .....	xviii
INTRODUCTION .....	1
1 <sup>ère</sup> Partie : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉ SUR L’AULACODE .....	4
1.1 Historique de la domestication des rongeurs .....	5
1.2 Systématique de l’aulacode.....	6
1.3 Répartition géographique en Afrique. ....	7
1.4 Morphologie de l’aulacode .....	8
1.5 Habitat et écologie .....	10
CHAPITRE 2 : POINT SUR L’ÉLEVAGE DE L’AULACODE AU BENIN.....	11
2.1 Aperçu historique de l’élevage de l’aulacode.....	11
2.2 Différentes phases de l’élevage de l’aulacode au Bénin.....	11
2.3 Différents types d’élevage d’aulacode.....	12
CHAPITRE 3 : RÔLE DE LA SÉLECTION DANS LE PROCESSUS DE DOMESTICATION.....	13
3.1 Sélection animale .....	13
3.2 Domestication .....	23
3.2.1 Définition .....	23
CHAPITRE 4 : SYSTÈME NEUROHORMONAL ET GESTION DU STRESS CHEZ LES VIVANTS .....	28
4.1 Système neurohormonal.....	28
4.2. Physiologie du stress.....	36
4.3. Les marqueurs biochimiques du stress .....	43
2 <sup>ème</sup> Partie : MATÉRIELS & MÉTHODES .....	59
CHAPITRE 5: MATÉRIELS .....	60

5.1 Matériel animal .....	60
5.2 Matériels techniques .....	63
CHAPITRE 6: MÉTHODES .....	64
6.1 Test de docilité ou comportemental.....	64
6.2 Prélèvement sanguin et préparation du matériel biologique.....	64
6.3 Analyses de Laboratoire .....	65
6.4 Traitement et analyses statistiques des données .....	66
3 <sup>ème</sup> Partie : PRÉSENTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSIONS.....	68
CHAPITRE 7 : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS PARTIELLES.....	68
7.1 Paramètres génétiques de la population.....	69
7.2. Paramètres physiologique indicateurs de stress .....	70
CHAPITRE 8 : DISCUSSION GENERALE .....	96
CONCLUSION & PERSPECTIVES .....	99
BIBLIOGRAPHIE.....	102
ANNEXE : Communication et articles publiés .....	102
TABLE DES MATIERES .....	102

**DÉDICACE**

- **A ma sœur aînée ACAKPO Reine Edith et son époux Calixte HOUNGBEDJI :**  
Je ne sais comment vous remercier pour cette immense aide que vous m'avez portée en finançant du début jusqu'à la fin cette thèse. Recevez ce travail comme le fruit de vos investissements. Puisse Dieu vous bénir et vous combler.
- **A mon épouse DEGBEY Elmire Garelle :** T'avoir connu a été la meilleure rencontre de ma vie. Ton affection, tes conseils sans cesse renouvelés et ta présence permanente à mes côtés ont été d'un grand soutien, surtout quand tout semble ne plus aller. Tu m'as aidé à surmonter toutes les difficultés liées à cette thèse et finalement je suis parvenu à ce niveau. Reçois en ce travail, le fruit de tes sacrifices et l'expression de mon amour pour toi.

**HOMMAGES**

➤ A notre Directeur de thèse, le **Dr Marcel SENOU**, Maitre de conférences à l'Université d'Abomey-Calavi.

Cher Professeur et cher Directeur.

C'est un grand honneur que vous nous avez fait en acceptant de parrainer la réalisation de ce mémoire. Malgré vos multiples occupations, vous nous avez comblés de votre franche sollicitude. Une constante disponibilité, un amour à l'initiative et du travail bien fait et une grande modestie, telles sont les hautes qualités humaines que nous emportons de vous. Les mots nous manquent pour vous exprimer notre admiration et notre reconnaissance. Merci pour vos sacrifices, soutiens et conseils.

Que votre bienveillance retrouve en ce témoignage, l'expression de l'hommage bien mérité que nous vous rendons. Paix et Joie du Christ à vous.

Nos hommages les plus respectueux.

➤ A Monsieur le **Président du jury, le Professeur Alphonse SEZAN**, C'est un grand honneur que vous nous faites en acceptant de présider ce jury nonobstant vos multiples occupations. Votre simplicité, votre indulgence et votre enthousiasme constituent pour nous des exemples édifiants. Nous gardons de vous le souvenir d'un Professeur dévoué à la tâche, compréhensif et soucieux du travail bien fait. Vos qualités humaines et intellectuelles font de vous une référence et un monument du savoir. Nous sommes persuadés que vos conseils et recommandations serviront à améliorer ce travail.

Nos hommages les plus respectueux.

➤ Aux **membres du Jury : Professeur TCHACONDO, Professeur SABO SEINI, Professeur AYI – FANOUE, Professeur SENOU**

Vous avez accepté de faire partie du jury de ce travail. Vos critiques et remarques seront prises en comptes pour son amélioration.

Recevez nos hommages respectueux.

**REMERCIEMENTS**

Nous adressons notre sincère gratitude :

- A l'Éternel Dieu pour avoir exaucé nos prières.
- A nos géniteurs ACAKPO Cyprien et OGNAN Thérèse, qui ont consenti d'immenses sacrifices pour notre formation. Nous ne saurions jamais comment vous remercier. Recevez ici l'expression de notre profonde gratitude.
- A notre belle famille pour son soutien.
- A nos sœurs Reine, Florentine, Parfaite et à notre frère Pamphile pour l'amour fraternel et le soutien aussi bien moral que financier que vous nous avez toujours accordés. Que ce travail soit pour vous le témoignage de notre amour et de notre attachement. Profonde gratitude et amour fraternel.
- Au Professeur Alphonse SEZAN, pour nous avoir accueilli dans son laboratoire. Vos conseils ont été d'une précieuse contribution à la réalisation de cette thèse.
- A nos collègues Loïca, Eudoxie et Essé pour votre amitié et votre attachement à notre personne. Sincère remerciement à toi particulièrement, Eudoxie, pour ton esprit d'ouverture et ta disponibilité lors du dosage de certains paramètres. Reçois ici l'expression de ma reconnaissance. Que Dieu t'assiste dans ta carrière.
- Au Père Jean-Marie HOUÉZO pour son soutien et ses conseils.
- Aux sieurs NASSARA Louis et KONTO Alphonse, animaliers à la SEAG pour leur disponibilité et leurs soutiens.
- A tous ceux qui de près ou de loin ont contribué au succès de notre travail et à la réalisation de cette thèse. Recevez ici le témoignage de notre profonde gratitude.

**LISTE DES TABLEAUX, FIGURES & PHOTOS**

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau I : Taxonomie de l’aulacode.....	6
Tableau II: Modification de la couleur de la robe en fonction du tempérament relevée dans la littérature.....	26
Tableau III : Les récepteurs adrénérgiques, leur couplage et leurs actions à l’échelle cellulaire.....	51
Tableau IV : Concentration des catécholamines chez quelques espèces.....	54
Tableau V: Significativité entre caractères et taux de catécholamines chez quelques espèces .....	55
Tableau VI : Grille d’évaluation de la docilité des aulacodes .....	64
Tableau VII : Coefficients d’héritabilité (moyennes $\pm$ écarts-types) des caractères pondéraux (P4, P8) comportementaux (DOC) et de reproduction (TAIL) chez les aulacodes.....	69
Tableau VIII: Coefficients de corrélations génétiques (en haut) et phénotypiques (en bas) des caractères pondéraux (P4, P8) comportementaux (DOC) et de reproduction (TAIL) chez les aulacodes. ....	69
Tableau IX : Valeurs moyennes des paramètres physiologiques dosés et matrice des corrélations multiples.....	71
Tableau X : Signification du facteur docilité et de la couleur de la robe sur la variation des catécholamines, de leurs métabolites et de la glycémie .....	83

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Caryotype des aulacodes ( <i>Thryonomys swinderianus</i> ): .....	7
Figure 2: Répartition géographique de l'aulacode en Afrique : .....	8
Figure 3: Représentation schématique de l'hypothalamus et de l'hypophyse (source : www.neur-one.fr).....	29
Figure 4: Différentes régions de l'hypothalamus (source : www.neur-one.fr).....	30
Figure 5: Cellules neurosécrétoires magnocellulaires de l'hypothalamus .....	31
Figure 6 : Cellules neurosécrétoires parvocellulaires de l'hypothalamus.....	32
Figure 7: Réponse au stress (source : www.neur-one.fr).....	33
Figure 8: Organisation anatomo-fonctionnelle du système sympathique et du système parasymphatique. ....	35
Figure 9: Les deux étapes du syndrome d'adaptation au stress .....	38
Figure 10: Activation des voies noradrénergiques (lors du stress).....	39
Figure 11: Structure de l'adrénaline .....	44
Figure 12: Structure de la noradrénaline.....	45
Figure 13: Structure de la dopamine.....	46
Figure 14: Structure de la sérotonine.....	46
Figure 15: Principales étapes de la biosynthèse des catécholamines .....	47
Figure 16: Catabolisme des catécholamines.....	49
Figure 17: Synthèse et dégradation de la sérotonine .....	50
Figure 18: Effectif du cheptel par département .....	61
Figure 19: Répartition par sexe et par localité des géniteurs.....	61
Figure 20: Résultat de l'ACM et regroupement des animaux selon les niveaux de catécholamines, de glycémie et de docilité.....	74
Figure 21: Discrimination des animaux selon tous les paramètres étudiés .....	76

Figure 22 : Variation de la concentration plasmatique d'adrénaline des aulacodes en fonction des trois groupes ..... 79

Figure 23: Variation de la note de docilité des aulacodes en fonction des groupes ..... 80

Figure 24: Variation de la couleur de robe des aulacodes en fonction des groupes ..... 81

Figure 25: Variation de la concentration plasmatique d'adrénaline en fonction de la docilité..... 84

Figure 26 : Variation de la concentration plasmatique d'adrénaline en fonction de la couleur de la robe ..... 85

Figure 27 : Variation de la concentration plasmatique de noradrénaline en fonction de la docilité..... 86

Figure 28: Variation de la concentration plasmatique de noradrénaline en fonction de la couleur de la robe ..... 87

Figure 29: Variation de la concentration plasmatique de dopamine en fonction de la docilité..... 88

Figure 30: Variation de la concentration plasmatique de la dopamine en fonction de la couleur de la robe ..... 89

Figure 31: Variation de la concentration plasmatique de la DOPAC en fonction de la docilité..... 90

Figure 32: Variation de la concentration plasmatique de la DOPAC en fonction de la couleur de la robe ..... 91

Figure 33: Variation de la concentration plasmatique de 5-HIAA en fonction de la docilité..... 92

Figure 34: Variation de la concentration plasmatique de 5-HIAA en fonction de la couleur de la robe ..... 93

Figure 35: Variation de la glycémie en fonction de la docilité..... 94

Figure 36: Variation de la glycémie en fonction de la couleur de la robe..... 95

## **LISTE DES PHOTOS**

Photo 1: Un aulacode mâle .....	9
Photo 2: Patron pigmentaire des aulacodes étudiés .....	9
Photo 3: Modifications de la couleur de pelage chez le renard .....	25
Photo 4 : Un spécimen du matériel animal .....	60

**SIGLES & ABRÉVIATIONS**

<b>A</b>	:	Adrénaline
<b>ACM/AFCM</b>	:	Analyse factorielle des correspondances multiples
<b>ACTH</b>	:	Adrenocorticopic Hormon
<b>ADN</b>	:	Acide Désoxyribonucléique
<b>ARNm</b>	:	Acide Ribonucléique messenger
<b>CBEA</b>	:	Centre Béninois d'Elevage d'Aulacode
<b>COMT</b>	:	Catechol-Omethyl Transférase
<b>CRF</b>	:	Corticotropin Releasing Factor
<b>CRH</b>	:	Corticotropin Releasing Hormon
<b>DA</b>	:	Dopamine
<b>DOC</b>	:	Docilité
<b>DOPAC</b>	:	DihydroxyPenyl Acetic Acid
<b>EDTA</b>	:	Ethylène Diamine tétra acétique
<b>EIA</b>	:	Analyse Immuno-enzymatique
<b>Gly</b>	:	Glycémie
<b>GOD-PAP</b>	:	Glucose Oxydase 4-Phenol-4-Aminoantipyrine
<b>HIAA</b>	:	5- Hydroxy Indol Acetic Acid
<b>HMPG</b>	:	4-Hydroxy-3-Methoxy-Phenylglycol
<b>HPLC</b>	:	High Performance Liquid Chromatography
<b>HT</b>	:	Hydroxy Tryptophane
<b>IUCN</b>	:	International Union of Conservation of Nature
<b>MAEP</b>	:	Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche
<b>MAO</b>	:	Monoamine Oxydase
<b>NA</b>	:	Noradrénaline
<b>NSC</b>	:	Noyau Supra chiasmatic
<b>OS</b>	:	Orthosympathique
<b>PBAA</b>	:	Projet Bénino-Allemand d'aulacodiculture
<b>PDS</b>	:	Poids vif
<b>PNMT</b>	:	Phenyléthanolamine N-méthyl Transférase
<b>RIA</b>	:	Radio-immunologie

<b>S</b>	:	Sérotonine
<b>SEAG</b>	:	Station d'Elevage d'Aulacode de Godomey
<b>SNA</b>	:	Système Nerveux Autonome
<b>SNC</b>	:	Système Nerveux Central
<b>SNE</b>	:	Système Nerveux Endocrinien
<b>SNOS</b>	:	Système Nerveux Orthosympathique
<b>SNP</b>	:	Système Nerveux Périphérique
<b>TAIL</b>	:	Taille de portée des aulacodes femelles
<b>Trp</b>	:	Tryptophane
<b>VMA</b>	:	Vanylmandelique Acid

## **INTRODUCTION**

L'aulacode (*Thryonomys swinderianus*) est un rongeur sauvage très répandu en Afrique et particulièrement au Bénin. Cette espèce était très souvent chassée à cause des qualités organoleptiques de sa viande. Pour réduire la pression de la chasse sur l'espèce et satisfaire en même temps la demande sans cesse croissante du marché, l'élevage de l'aulacode en captivité étroite a été initié au Bénin (Mensah 1983). Dans un premier temps, les efforts ont été consacrés à la maîtrise des techniques d'élevage de l'espèce. Ensuite, l'aulacodiculture (élevage de l'aulacode) a été orientée vers un élevage de sélection. La sélection est définie comme un processus non aléatoire et différentiel de reproduction des génotypes (Lerner, 1958). Utilisée de manière ciblée pour induire des modifications significatives sur des caractères éthologiques dont la docilité ainsi que sur des caractères de reproduction, la sélection est à même d'accélérer le processus de différenciation et de fixation pouvant aboutir à des races domestiquées (Senou, 1995). La sélection peut provoquer des changements physiologiques chez l'animal en cours de domestication. A cet effet, on peut citer l'expérience de Belyaev (1979), qui constata que la sélection sur la docilité a induit chez les renards argentés une déstabilisation du système neuroendocrinien de régulation de l'ontogenèse et de la reproduction. C'est bien connu que le système neuroendocrinien, par l'intermédiaire des neurotransmetteurs, contrôle l'état de stress chez les animaux (Hemmer, 1990). Ces neurotransmetteurs encore appelés catécholamines, partagent le même précurseur (la tyrosine) que la mélanine responsable de la pigmentation et en même temps du tempérament (Ferry et Zimmerman, 1964). L'objet du présent travail est d'établir une corrélation entre les concentrations plasmatiques des catécholamines et de leurs dérivés métaboliques ainsi que le tempérament et la coloration de la robe chez l'aulacode. Les hypothèses de recherche qui sous-tendent cet objectif général sont :

- ❖ La docilité est un caractère héritable.
- ❖ Les concentrations plasmatiques des catécholamines (adrénaline, noradrénaline, dopamine), de leur dérivé métabolique (DOPAC, 5-HIAA) et du glucose sont corrélées avec la docilité et la couleur de la robe chez l'aulacode.

- ❖ Les taux de catécholamines et la glycémie sont des caractères physiologiques indicateurs du stress et de la docilité chez l'aulacode.
- ❖ Les concentrations plasmatiques des catécholamines peuvent être associées à la sélection des aulacodes sur la docilité.
- ❖ La couleur de la robe peut être associée à la sélection des aulacodes sur la docilité.

Le présent travail est organisé en quatre parties. La première partie sera consacrée à la revue de littérature sur l'élevage de l'espèce étudiée ainsi que les modifications morphologiques et éthologiques intervenant au cours du processus de domestication et leurs déterminants physiologiques. La seconde partie présente le matériel animal, les dispositifs expérimentaux et la méthodologie du travail adoptée. Après la présentation des résultats et leurs discussions dans la troisième partie, suivront la conclusion et les perspectives qui se dégagent des résultats obtenus pour l'amélioration de l'espèce.

1<sup>ère</sup> Partie : **SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

## CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉ SUR L'AULACODE

L'étude a été menée d'Avril 2012 à Mars 2014 sur les animaux de la Station d'Élevage d'Aulacodes de Godomey (SEAG) dans la commune d'Abomey-Calavi, zone agro-écologique VI, au sud du Bénin. On y rencontre un climat de type Guinéen avec deux saisons pluvieuses (Avril à Juillet et Septembre à Novembre).

### 1.1 Historique de la domestication des rongeurs

Les rongeurs sont des mammifères herbivores ou omnivores possédant de longues incisives tranchantes en biseau et à croissance continue, ainsi que des molaires leur servant à râper la nourriture. Ils sont consommés par près de 42% de la population mondiale (Vietmeyer, 1991) mais leur contribution à l'alimentation comme source de protéines est rarement prise en compte dans les chiffres officiels (Jori, 2001). Cependant, dans beaucoup de régions du monde, la viande de rongeurs est préférée à celle d'autres espèces domestiques. Le cobaye (*Cavia aperea f. porcellus*) est certainement le premier rongeur à avoir été entièrement domestiqué dans le monde et son élevage se poursuit de nos jours dans plusieurs pays.

Depuis cinq décennies, diverses tentatives de domestication de rongeurs ont vu le jour dans des pays tropicaux. Ces efforts découlent de plusieurs constats. Premièrement, les viandes de certains rongeurs sont fort appréciées, malgré leur prix élevé sur le marché. De ce fait, ces rongeurs sont placés au rang des espèces les plus fréquemment chassées et vendues dans les communautés amérindiennes, créoles et mêmes africaines (Colyn et al., 1987). Deuxièmement, les rongeurs ont une alimentation simple. Certaines espèces s'alimentent de graminées sauvages trouvées dans les milieux naturels. La performance de leur système digestif due à sa grande surface de fermentation et d'absorption fait d'eux d'excellents convertisseurs de fibre en protéines animales (Jori, 2001). Comparativement à certaines espèces (porc, ruminants...), les rongeurs possèdent une rusticité élevée et un impact environnemental réduit. Leur élevage se fait sur des espaces limités et peut se faire en milieu naturel (Mensah, 1984). Du fait de la forte pression de la chasse sur les populations naturelles, plusieurs espèces de rongeurs sont menacées d'extinction. C'est le cas des espèces

insulaires comme les hutias (*Capromys spp.*) dans les Caraïbes ou de certaines espèces forestières, comme le rare pacarana (*Dinomys branickii*) ou le paca (*Agouti paca*). Vietmeyer (1991), évoque non seulement la disparition de ces espèces, mais également la perte progressive de leur habitat. L'élevage en captivité des rongeurs s'avère donc être une mesure de prévention contre la perte des espèces menacées mais aussi une source de revenu pour les petits producteurs.

La littérature documente la domestication de plusieurs espèces sauvages en Afrique subsaharienne au nombre desquelles : l'athérure, les cricétomes (Jori, 1997) et l'aulacode (Mensah et Ekue, 2003).

## 1.2 Systématique de l'aulacode

La taxonomie (Tableau 1) selon IUCN (2008) situe l'aulacode dans l'embranchement des chordés, la classe des mammifères, l'ordre des rongeurs, le sous-ordre des hystricomorphes, la famille des Thryonomyidae et le genre *Thryonomys*. Selon Adoun (1992), le genre *Thryonomys* comprendrait deux espèces à savoir : *Thryonomys swinderianus* (Temminck, 1827) et *Thryonomys gregorianus* (Thomas, 1894). Cependant, l'espèce *T. swinderianus* est la plus répandue en Afrique sud saharienne.

Tableau I : Taxonomie de l'aulacode

Taxon	Eléments
Règne	Animal
Embranchement	Chordés
Classe	Mammifères
Ordre	Rongeurs
Sous-ordre	hystricomorphes
Famille	<i>Thryonomyidae</i>
Genre	<i>Thryonomys</i>
Espèce	<i>swinderianus</i> <i>gregorianus</i>

Source : IUCN (2008)

La garniture chromosomique de l'aulacode (*Thryonomys swinderianus*) est de  $2n = 44$  (Marczinska et Pigon, 1972) (Figure 1). Il se distingue ainsi de certains rongeurs de l'Afrique tels que le cricétome (*Cricetomys gambianus*,  $2n = 80$ ), le rat (*Rattus rattus*,

2n = 38) (Granjon et al, 1992). Au sein des hystricomorphes, sa garniture chromosomique est similaire à celle de Coypu (*Myocastor coypus*, 2n = 42) mais différente de celle du chinchilla (*Chinchilla laniger* 2n = 64) et du paca (*Cuniculus paca* 2n = 74) (Marczinska et Pigon, 1972).

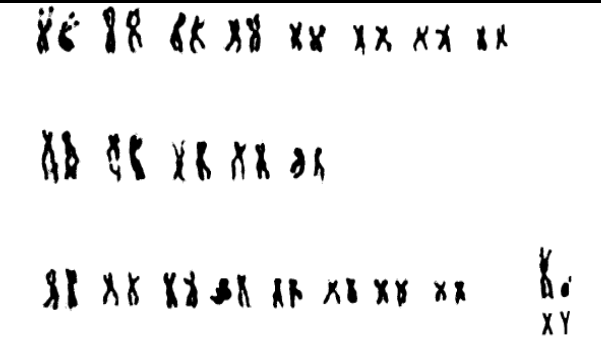
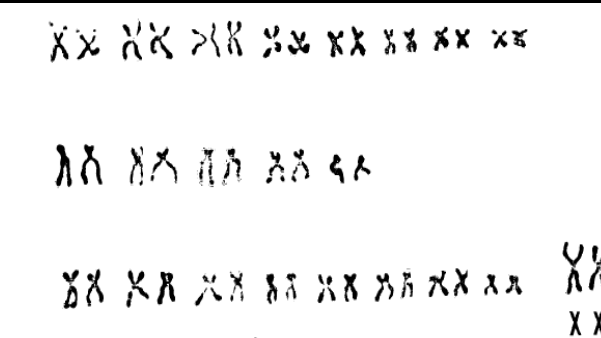
	
Caryotype d'un aulacode mâle	Caryotype d'un aulacode femelle

Figure 1: Caryotype des aulacodes (*Thryonomys swinderianus*):

Sources : Marczinska et Pigon (1972)

### 1.3 Répartition géographique en Afrique.

L'aulacode (*Thryonomys swinderianus*) a été largement enregistré sur une grande partie de l'Afrique subsaharienne. Sa répartition géographique (Figure 2) est inégale et discontinue. Il survit le plus souvent là où il y a un habitat convenable. Son aire de répartition géographique s'étend de l'Afrique de l'Ouest (depuis le Sénégal, la Gambie et la Guinée) en Afrique de l'Est, en passant par la République Centrafricaine, le nord de la République Démocratique du Congo et le sud du Soudan. En Afrique de l'Est, il s'étend de l'Ouganda vers le sud du Kenya, dans une grande partie de la Tanzanie, la Zambie, le Malawi, le Zimbabwe et le sud du Mozambique et à l'est de l'Afrique du Sud. Selon Hoffmann (2008), le quartier Grahamstown dans la province du Cap oriental (Afrique du Sud) est la limite sud de son aire de répartition. Il est rencontré à partir de 1800 m d'altitude sur le Kilimandjaro.



Figure 2: Répartition géographique de l'aulacode en Afrique :  
source (IUCN, 2008)

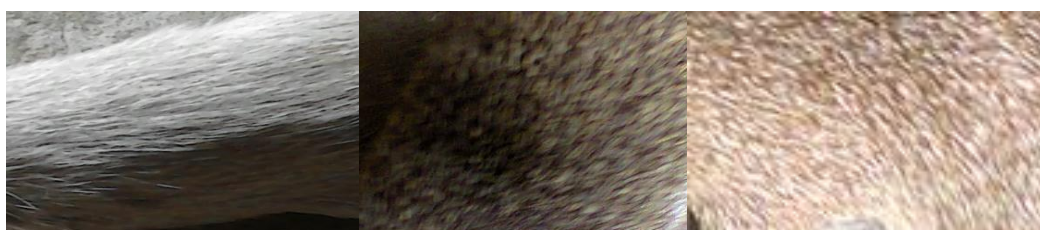
#### 1.4 Morphologie de l'aulacode

L'aulacode est un rongeur sauvage de forme massive et lourde (Tondji et Agbessi, 1992). Son pelage très peu varié allant du gris-brun au gris-roux ou brun foncé est formé de poils raides et rudes, subépineux (Adoun, 1992) (Photo 1). La partie inférieure du corps est plus claire que le dos. La tête massive se termine par un large museau avec la lèvre supérieure fendue, caractéristique de tous les rongeurs.



Photo 1: Un aulacode mâle  
(Cliché de **Acakpo, 2014**)

Les oreilles sont petites, peu poilues, presque cachées dans le pelage. Outre le pelage brun foncé, on rencontre dans les populations d'aulacode, quatre autres nuances de couleurs (Photo 2).



Blanc

Gris foncé

Roux



Gris pâle

Brun foncé

Photo 2: Patron pigmentaire des aulacodes étudiés  
(Cliché de **Acakpo, 2014**)

De longues moustaches (vibrisses) bien visibles aident l'aulacode à repérer son environnement. Les puissantes incisives de couleur orangées ont une croissance continue comme chez tous les rongeurs. Trois sillons divisent chaque incisive supérieure, les inférieures étant lisses. Chaque demi-mâchoire supporte également quatre molaires. Les membres sont courts accentuant son aspect ramassé et trapu. Les

pattes arrière, très puissantes permettent à l'aulacode de faire des bonds de plus d'un mètre cinquante de haut. On trouve quatre doigts sur les pattes arrière et cinq doigts sur les pattes avant dont un pouce réduit. Toutes les pattes sont terminées par des griffes aiguisées. La queue, peu poilue est écailleuse et s'amincit vers l'arrière. Elle mesure une vingtaine de centimètre (cm) chez l'adulte. Elle est fragile et se rompt facilement à sa base lors des manipulations. La femelle possède trois paires de mamelles situées assez haut sur les côtés. Le mâle adulte atteint 6 à 7 kg en élevage et peut mesurer jusque 50 cm entre le museau et la base de la queue. Cette dernière pouvant atteindre 15 à 25 cm. Sur patte, sa hauteur varie entre 23 et 30 cm. Le museau de l'aulacode adulte est légèrement effilé chez la femelle et un peu arrondi chez le mâle (Mensah et Ekue, 2003).

### **1.5 Habitat et écologie**

L'aulacode se trouve généralement en association avec les roselières ou dans des zones de forêt dense. Il est rarement trouvé loin des cours d'eau. Selon Skinner et Smithers (1990), leur habitat est souvent associé à la présence des cultures agricoles telles que le maïs, le blé, la canne à sucre et l'arachide. L'aulacode est souvent responsable de la dévastation des cultures de manioc, et des plantations de palmiers à huile en Afrique de l'Ouest. C'est un animal principalement nocturne.

## **CHAPITRE 2 : POINT SUR L'ÉLEVAGE DE L'AULACODE AU BÉNIN.**

### **2.1 Aperçu historique de l'élevage de l'aulacode**

L'aulacode a été étudié à l'état naturel pendant plus d'un siècle. Mais ce n'est qu'à la fin des années 1960 que les premières tentatives d'élevage en captivité étroite ont démarré dans certains pays africains comme le Bénin, la Côte-d'Ivoire, le Ghana, le Nigeria, le Togo, etc. Malheureusement, la plupart des essais furent abandonnés en raison de la méconnaissance de la biologie et de l'éthologie de l'animal (Mensah, 1983).

Mensah et Baptist (Mensah, 1984) sont les pionniers de l'élevage de l'aulacode au Bénin. Au démarrage de l'aulacodiculture au Bénin en 1980 très peu de choses étaient connues sur l'espèce. En 1983, cet élevage a été orienté vers une approche recherche développement à partir d'un cheptel de base d'aulacodes sauvages capturés (Mensah 1997). Les résultats obtenus au cours de cette phase ont permis la création du Centre Béninois d'Élevage d'Aulacode (CBEA) devenu plus tard, Station d'Élevage d'Aulacode de Godomey (SEAG). De 1994 à 2004, l'élevage de l'aulacode a été vulgarisé, sans retenue, en milieu rural et périurbain à partir du noyau de sélection de la Station de Godomey, ce qui a eu pour conséquence la perte du patrimoine. Dès l'année 2004, presque tout le noyau avait été vendu.

Depuis 2011, la Direction de l'Élevage du Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP) a entrepris la reconstitution du noyau à partir des descendants des aulacodes vendus aux producteurs lors de la phase de vulgarisation. Le schéma de sélection a été déjà installé et on dénombre actuellement plus de 300 têtes d'aulacodes mâles et femelles.

### **2.2 Différentes phases de l'élevage de l'aulacode au Bénin**

L'aulacodiculture est une réponse aux diverses questions de la diversification agricole, de la sécurité alimentaire et de la réduction de la pauvreté. Son déroulement se résume en trois phases que sont :

- La phase pilote en station, un milieu contrôlé pour l'élaboration des références techniques et économiques de l'aulacodiculture adaptées au contexte agro-écologique.
- La phase de prédiffusion pour la validation du transfert de la technologie aulacodicole en milieux réels rural, péri-urbain et urbain.
- La phase de vulgarisation pour l'extension dans toutes les zones propices à ce mini-élevage non-conventionnel (Mensah et Ekue, 2003).

### **2.3 Différents types d'élevage d'aulacode**

Traditionnellement, on utilise des jeunes capturés qui sont ensuite élevés (engraissés) dans une petite case de quelques mètres carrés aux murs d'une hauteur de 2 mètres (m) et recouverts d'une toiture. L'animal est nourri avec les déchets de cuisine et abattu après quelques mois. La reproduction n'est pas recherchée (Mensah, 1998). Selon le même auteur, l'élevage en semi-liberté est peu coûteux et pratiqué sur des parcelles de plusieurs mètres carrés entourées soit de murs ou de grillage. Les animaux recréent des conditions proches de leur environnement naturel. Les résultats obtenus par cette technique sont satisfaisants. La contrainte majeure de ce type d'élevage réside dans la quasi-impossibilité d'assurer un suivi zootechnique des animaux.

L'élevage en cage ou en enclos est encore peu pratiqué mais semble avoir des perspectives prometteuses. Il est actuellement utilisé dans certaines régions du pays, notamment à la SEAG.

Si l'aulacode est compté à l'heure actuelle comme un animal domestiqué au Bénin, c'est grâce à un processus rigoureux au cours duquel la sélection a joué un rôle très important.

## **CHAPITRE 3 : RÔLE DE LA SÉLECTION DANS LE PROCESSUS DE DOMESTICATION**

### **3.1 Sélection animale**

#### **3.1.1 Définition et notion de base en sélection animale**

L'élevage sélectif des animaux ou sélection des animaux domestiques est une conduite de reproduction utilisée pour l'amélioration des performances zootechniques des animaux d'élevage. La sélection peut se définir comme un processus non aléatoire et différentiel de reproduction des génotypes (Lerner, 1958). Elle est fondée d'une part sur l'application de bases biologiques (reproduction, génétique) et d'autre part sur une organisation particulière de l'élevage, à l'échelon d'un troupeau, d'une race, d'une entreprise, voire d'une organisation nationale (Hallais, 2012).

Le but de la sélection est d'améliorer les résultats d'un collectif animal : cheptel d'un élevage, race ou lignée, et pas seulement l'obtention du résultat exceptionnel d'un individu. La sélection est menée depuis les débuts de la domestication dont elle est aussi un fondement. Elle se sert des objectifs variés au travers des caractères sélectionnés. Les pratiques de sélection peuvent être soit empiriques et s'appuyer éventuellement sur des représentations culturelles, soit résulter de la mise en œuvre d'une démarche rigoureuse. On distingue différents types de sélection au nombre desquelles, la sélection naturelle et la sélection artificielle par exemple (Hallais, 2012).

#### **3.1.2 Les types de sélection**

Le principe de la sélection peut être commodément divisé en trois types : d'abord la sélection naturelle qui implique que certains individus, au cours des générations, changent de conditions de vie auxquelles ils sont exposés et s'adaptent à de nouvelles conditions dans lesquelles ils survivent généralement et procréent leur genre. Elle est dans une certaine mesure, indépendante de l'action humaine, et même en opposition à la volonté de l'homme. Ensuite, il y a la sélection méthodique (ou consciente) qui guide l'homme à modifier une race selon une norme prédéterminée. Enfin la sélection

inconsciente (ou inadvertance), (Price, 2002) qui amène l'homme à préserver naturellement les animaux qu'il apprécie et à détruire les individus les moins valorisés, sans aucune pensée de modifier la race. Ces deux types de sélection sont appelés sélection artificielle.

### **3.1.2.1 Sélection naturelle**

En biologie, la sélection naturelle est l'un des mécanismes moteurs de l'évolution des espèces. On peut la définir comme étant l'avantage reproductif procuré par les conditions de l'environnement aux individus ayant un caractère avantageux vis-à-vis de cet environnement et leur assurant une descendance plus importante que les individus ne l'ayant pas. Il en résulte qu'au fil des générations, ce mécanisme explique l'adaptation des espèces à leur environnement. La théorie de la sélection naturelle permet d'expliquer et de comprendre comment l'environnement influe sur l'évolution des espèces et des populations en sélectionnant les individus les plus adaptés. Elle constitue donc un aspect fondamental de la théorie de l'évolution. De façon sommaire, la sélection naturelle est le fait que les traits qui favorisent la survie et la reproduction voient leur fréquence s'accroître d'une génération à l'autre. Cela découle «logiquement» du fait que les porteurs de ces traits ont plus de descendants, et aussi que ces derniers portent ces traits (puisque'ils sont héréditaires).

Darwin (1859) la défini en ces termes : «J'ai donné à ce principe, en vertu duquel une variation si insignifiante qu'elle soit se conserve et se perpétue, si elle est utile, le nom de sélection naturelle».

Selon Mayr (1982), la théorie de la sélection naturelle repose sur trois principes: le principe de variation, le principe d'adaptation, et le principe d'hérédité.

#### ***Principe de variation***

Dans une population d'individus d'une même espèce, il existe des différences plus ou moins «importantes» entre ces individus. On appelle caractère, tout ce qui est visible et pouvant varier d'un individu à l'autre. On dit qu'il existe plusieurs traits pour un même caractère. Par exemple, chez l'être humain, la couleur de la peau, la couleur des yeux sont des caractères pour lesquels, il existe de multiples variations ou traits. La

variation d'un caractère chez un individu donné constitue son phénotype. C'est là, la première condition pour qu'il y ait sélection naturelle.

### ***Principe d'adaptation***

Certains individus portent des variations qui leur permettent de se reproduire davantage que les autres, dans un environnement précis. Ils disposeraient alors d'un avantage sélectif sur leurs congénères. La première possibilité est, par exemple, qu'en échappant mieux aux prédateurs, en étant moins malades, en accédant plus facilement à la nourriture, ces individus atteignent plus facilement l'âge adulte, pour être apte à la reproduction. Ceux qui ont une meilleure capacité de survie pourront donc se reproduire davantage. Dans le cas particulier de la reproduction sexuée, les individus ayant survécu peuvent être porteurs d'un caractère particulièrement attirant pour les partenaires de sexe opposé. Ceux-là seront capables d'engendrer une plus grande descendance en copulant davantage.

Dans les deux cas, l'augmentation de la capacité à survivre et à se reproduire se traduit par une augmentation du taux de reproduction et donc par une descendance plus nombreuse, pour les individus porteurs de ces caractéristiques. On dit alors que ce trait de caractère donné offre un avantage sélectif, par rapport à d'autres. C'est dans ce principe d'adaptation uniquement, qu'intervient le milieu de vie.

En effet, il apparaît aujourd'hui évident que tout organe ayant une fonction définie, par exemple la nageoire du poisson, est une adaptation à un milieu et le résultat d'une sélection naturelle. Cependant la démonstration scientifique doit, elle, passer par la mise en évidence d'une corrélation chiffrée entre les variations d'un caractère héréditaire et celles d'un paramètre précis de l'environnement. Parmi les exemples d'adaptation naturelle des espèces à leur milieu de vie se trouvent la transformation des becs des pinsons de Galápagos (Darwin, 1868) et le changement de couleur de la phalène du bouleau en Angleterre à la suite de la révolution industrielle du XX<sup>ème</sup> siècle.

### ***Principe d'hérédité***

La troisième condition pour qu'il y ait sélection naturelle est que les caractéristiques des individus doivent être héréditaires. En effet certains caractères, comme le bronzage, ne dépendent pas du génotype. Lors de la reproduction, ce sont donc les gènes qui, transmis, aux descendants, entraîneront le passage de certains caractères d'une génération à l'autre. Cependant, en cas de modification de l'environnement, pour qu'une espèce survive, il faut qu'elle s'adapte par la sélection naturelle. Il est donc indispensable, qu'avant le changement du milieu, elle présente en son sein une diversité génétique importante.

En effet, la diversité génétique dans une population d'individus a pour origine, des modifications de l'information génétique dans l'ADN des cellules. Ces modifications sont au nombre de deux. La première consiste en un ensemble de mutations ponctuelles dans la séquence d'ADN des gènes, ou de mutations plus importantes comme des réarrangements chromosomiques. Quant à la deuxième, elle regroupe les recombinaisons génétiques qui se produisent lors des transferts d'ADN des bactéries et lors de la reproduction sexuée des eucaryotes. A ces modifications s'ajoutent les migrations par lesquelles le stock génétique dans une population donnée se voit renouveler par l'arrivée d'autres membres de l'espèce porteuse d'un pool génétique différent. Les modifications génétiques sont aléatoires. C'est pour cela qu'on observe dans les populations, beaucoup de variations inadaptées au milieu de vie (par exemple, les maladies génétiques rares). Une erreur courante consiste à croire que les modifications génétiques sont une conséquence de la sélection naturelle. En revanche la sélection naturelle a bien le pouvoir de cumuler les innovations adaptées, ce qui aboutit à des adaptations complexes.

Ces trois principes entraînent donc que les variations héréditaires qui confèrent un avantage sélectif seront davantage transmises à la génération suivante que les variations moins avantageuses. En effet, les individus qui portent les variations avantageuses se reproduisent plus. Au fil des générations, on verra donc la fréquence des gènes désavantageux diminuer jusqu'à éventuellement disparaître, tandis que les

variations avantageuses se répandront dans la population, jusqu'à éventuellement être partagées par tous les membres de la population ou de l'espèce.

### **3.1.2.2 Sélection artificielle**

La sélection artificielle est l'un des aspects les mieux compris du processus de domestication (Price et King, 1968) et constitue le seul mécanisme basé sur la génétique qui soit unique à la domestication.

#### *Sélection par inadvertance ou inconsciente*

Selon Darwin (1868), la sélection inconsciente est la préservation par l'homme des animaux les plus estimés (précieux), et la destruction des individus les moins estimés, sans aucune intention consciente de sa part de modifier la race. Il est difficile de fournir des preuves directes des résultats qui découlent de ce genre de sélection mais la preuve indirecte est abondante.

La sélection artificielle involontaire par les éleveurs d'animaux est banale. Pour Frankham et al. (1986), la sélection inconsciente pour la docilité est inévitable dans les troupeaux d'animaux captifs. A cet effet, Marliave et al. (1993), ont rapporté qu'après dix générations de crevettes sélectionnées inconsciemment pour leur intensité d'évasion faible et élevées au laboratoire, la réponse évasive était devenue très réduite avec une réduction de la concentration de dopamine de 5% comparativement à leur homologue sauvage.

La sélection artificielle involontaire peut représenter aussi une accélération dans le développement sexuel et l'amélioration de la vigueur sexuelle. Par ailleurs, lorsque nous gardons à l'esprit la façon dont tous les animaux accroissent rapidement et de la même manière, et que certains doivent être abattus chaque année pendant que d'autres sont préservés pour la reproduction sur le choix propre de l'éleveur, il est presque certain que son cadre individuel d'esprit va influencer le caractère de son troupeau, sans qu'il ait eu l'intention de modifier la race ou de former une nouvelle souche. La sélection inconsciente au sens strict du mot est donc la sauvegarde des animaux les

plus utiles et la négligence ou l'abattage des moins utiles, sans aucune pensée de l'avenir (Darwin, 1868).

### ***Sélection méthodique ou consciente***

La sélection artificielle a été démontrée pour un grand nombre de traits phénotypiques. Le taux moyen de changement phénotypique en réponse à la sélection artificielle montre quelques différences avec la population sauvage. Mais dans certaines générations de sélection artificielle intense, les populations d'animaux ont subi un changement par rapport à une grande diversité de traits (Price, 2002). Selon Scott et Fuller (1965), la diversité de traits physiques et comportementaux rencontrée dans beaucoup d'espèces de chiens domestiques (*Canis familiaris*) reflète les changements génétiques qui peuvent survenir au sein d'une espèce par la sélection artificielle consciente et l'hybridation. Par exemple, les espèces de chiens sont plus diverses dans la forme et la conformation que d'autres espèces animales domestiques. Leur sélection pour les fonctions spécifiques et l'apparence a commencé il y a 5000 ans environ (Case, 1999).

La sélection artificielle n'a pas été utilisée uniquement pour créer des espèces différentes au sein des populations d'animaux domestiques mais aussi pour constituer des populations qui diffèrent par des caractéristiques bien particulières. A titre d'exemple, Bernon et Siegel (1983), ont démontré que les performances sexuelles chez les poulets mâles (*Gallus domesticus*) peuvent être sélectionnées artificiellement en 20 générations. Chez des souris de laboratoire (*Mus domesticus*), Koteja et al. (1999), ont sélectionné des sujets très rapides à se déplacer dans une roue en mouvement après 13 générations de sélection. On peut citer également l'exemple de Belyaev (1979) sur les renards argentés (*V. vulpes*). En effet, Belyaev a sélectionné une lignée de renards qui se montre peu craintif envers les hommes et présentant des traits de ressemblance dans leur comportement avec les chiens domestiques.

### **3.1.2.3 Différence entre sélection naturelle et sélection artificielle**

Dans la littérature, certains auteurs ont comparé la sélection naturelle et la sélection artificielle. Price (2002), rapporte que certaines différences théoriques existent entre la

sélection naturelle et la sélection artificielle. La sélection artificielle est axée sur le choix de certains caractères spécifiques (phénotype) que l'homme juge nécessaire à reproduire et à transmettre aux différentes générations. Elle survient donc avant la reproduction de l'animal. Dans la sélection naturelle, une partie du processus se produit avant la reproduction parce que certains individus ne vivent pas assez longtemps pour se reproduire. Elle a pour essence, la reproduction différentielle. Dans ce dernier cas, l'avantage sélectif ne peut être mesuré qu'après détermination de la contribution d'un animal aux générations futures.

La sélection artificielle pourrait réduire la remise en forme par prévision des avantages sélectifs pour les caractères non adaptatifs. Dans la sélection artificielle, l'éleveur ne décide pas seulement de quels animaux serviront de reproducteurs, mais aussi du nombre de possibilités de reproduction de chaque individu. Entre les deux sélections, artificielle et naturelle, un animal produisant peu de descendants peut contribuer à reproduire plus de progénitures pour la prochaine génération que celui qui produit beaucoup de jeunes.

Darwin (1859), opposa la sélection artificielle à la sélection naturelle. Premièrement, il nota que la sélection artificielle apporte des changements beaucoup plus rapides que la sélection naturelle. Il est soutenu dans ce point de vue par certains spécialistes de la sélection des animaux qui conviennent que l'intensité de la sélection artificielle est généralement plus grande que celle de la sélection d'origine naturelle (Lush, 1945). Deuxièmement, Darwin soutint que l'homme ne peut sélectionner que les caractéristiques phénotypiques externes et visibles de l'organisme. Même si cela était vrai du temps de Darwin, des réussites en sélection ont été démontrées pour un grand nombre de caractéristiques physiologiques grâce aux progrès technologiques modernes actuels. Troisièmement, Darwin pensait que la sélection artificielle est réalisée pour répondre aux désirs et aux caprices de l'homme plutôt que pour le bien des populations. Cependant, il est difficile de soutenir cette thèse quand on sait que beaucoup de sélections artificielles à l'heure actuelle sont orientées vers les traits phénotypiques très spécifiques avec peu d'impact sur la forme physique générale (Price, 2002).

### 3.1.3 Objectifs et critères de sélection

La sélection vise à renforcer les effets attendus du principe de fondateur, à savoir la différenciation et la fixation (Senou, 1995). En effet, les objectifs de sélection, ou critères pour lesquels on recherche l'amélioration de la valeur génétique additive sont obligatoirement des critères ou des combinaisons de critères zootechniques tels que le gain moyen quotidien (GMQ), l'indice de consommation (IC) etc. Selon Hallais (2012), les critères de sélections ne sont pas nécessairement mesurables, mais ils doivent répondre à l'objectif global regroupant les attentes d'une filière de production – transformation – distribution.

Les critères de sélection sont les caractères sur lesquels portent directement l'indexation et le classement des candidats à la sélection. La réponse à la sélection est directe si le critère est lui-même l'objectif de sélection. Elle est indirecte si le critère n'est pas l'objectif de sélection, mais lui est génétiquement corrélé.

Selon Hallais (2012), un bon critère de sélection doit présenter les qualités suivantes:

- Il est nécessairement mesurable sur l'individu ou ses apparentés.
- Sa mesure doit être, si possible, précoce pour réduire l'intervalle de génération et être d'un coût acceptable par rapport à l'amélioration génétique engendrée par la sélection.
- Quand il n'est pas lui-même l'objectif de sélection, il présente une corrélation génétique élevée et favorable avec l'objectif de sélection.
- Il a une héritabilité aussi élevée que possible pour réaliser une sélection précise.
- Il n'a pas de corrélations génétiques défavorables vis-à-vis des caractères sélectionnés qui ne sont pas retenus comme objectifs de sélection, mais qui peuvent présenter un intérêt dans d'autres conditions d'élevage.

### 3.1.4 Choix des méthodes de sélection

Les méthodes de sélection se différencient selon les méthodes d'obtention de l'information, soit directement sur l'animal (sélection individuelle ou massale) soit indirectement chez ses apparentés (sélection sur ascendance ou généalogique ou sur

descendance) ou encore les deux (sélection combinée). La sélection sur ascendance consiste à accoupler les meilleurs reproducteurs mâles et femelles de la race en tenant compte de la variabilité génétique par la diversité des origines des animaux accouplés. Cette sélection n'allonge pas l'intervalle de sélection. Ce qui n'est pas le cas de la sélection sur descendance ou testage qui allonge considérablement l'intervalle de génération du fait de la nécessité d'attendre le sevrage des descendants. Cependant, elle permet de réaliser une sélection efficace. La sélection individuelle (docilité, croissance pondérale, couleur de robe) quant à elle est réalisée sur la base des informations dont le candidat est porteur lui-même et présente l'avantage de ne pas nécessiter un intervalle de génération.

Le choix des méthodes de sélection conditionne l'efficacité de la sélection et le progrès génétique espéré en agissant sur la précision de la sélection, son intensité et l'intervalle de génération.

### **3.1.5 Paramètres génétiques d'une population sélectionnée pour un caractère quantitatif**

Les paramètres génétiques d'une population permettent de calculer les indices de sélection et d'estimer le progrès génétique en réponse à la sélection. Au nombre des paramètres génétiques on peut citer les variances génétiques et phénotypiques des caractères considérés dans l'objectif de sélection, les coefficients d'héritabilité des caractères en question et les corrélations génétiques et phénotypiques entre elles.

#### **3.1.5.1 La variance génétique**

La variance génétique est une caractéristique génétique de la population. Le principe de la sélection repose sur l'exploitation de la variabilité au sein d'une population. C'est le produit du coefficient d'héritabilité et de la variance phénotypique du caractère considéré, soit:

$$\sigma_G^2 = h^2 \sigma_P^2$$

Où  $h^2$  est le coefficient d'héritabilité et  $\sigma_P^2$  la variance phénotypique du caractère considéré.

L'efficacité de la sélection est d'autant plus élevée que la variabilité génétique au sein de la population est grande. Les petites populations sont les plus exposées à la baisse de leur variabilité génétique encore appelée dérive génétique.

### 3.1.5.2 L'héritabilité des caractères

L'héritabilité d'un caractère est l'un des paramètres génétiques les plus importants caractérisant une population.

L'héritabilité au sens strict est définie comme le rapport de la variance additive génétique sur la variance phénotypique, soit :

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2}$$

De cette équation, il ressort que  $0 \leq h^2 \leq 1$  ou  $0 \leq h^2 \leq 100\%$

Ainsi défini, le coefficient d'héritabilité permet d'apprécier, dans quelle proportion, pour un caractère donné, la performance des individus peut être améliorée génétiquement.

- Une héritabilité nulle ou proche de zéro signifie que la variabilité phénotypique totale des individus est due uniquement, pour le caractère considéré, à l'effet environnemental. Autrement dit, il n'existe aucune variabilité génétique au sein de la population et par conséquent, toute mesure de sélection en vue d'une amélioration génétique du caractère concerné sera sans effet.
- Une héritabilité élevée par contre, indique que, pour le caractère considéré, la variabilité observée au niveau des performances (phénotypes) des individus au sein de la population est due, pour une grande part, à la variabilité génétique des individus. Par conséquent, la probabilité que les individus les plus performants du point de vue phénotypique, soient également les meilleurs génétiquement est

grande. Autrement dit, le coefficient d'héritabilité renseigne sur la fiabilité de l'utilisation du phénotype comme estimateur du génotype.

## **3.2 Domestication**

### **3.2.1 Définition**

La domestication des animaux peut être définie comme un processus au cours duquel les animaux captifs s'adaptent à l'homme et à son environnement. Au cours du processus, la domestication induit des changements, ce qui permet de différencier les animaux domestiques de leurs ancêtres sauvages. En effet, l'adaptation à la captivité étroite est atteinte à travers des modifications génétiques qui interviennent pendant plusieurs générations. Ces modifications interviennent sous l'effet des stimuli propres à l'environnement et des expériences vécues pendant la vie de l'animal (Price, 1984). Pris dans ce sens, la domestication peut être perçue aussi bien comme processus évolutif qu'un processus développemental.

Darwin (1859, 1868) attire l'attention que la domestication est plus l'appivoisement en ce sens qu'elle implique l'élevage des animaux en captivité avec un objectif (compagnie, viande, fourrure). Elle peut même se produire sans effort conscient de l'homme. Elle peut s'accompagner d'un accroissement de la fécondité ou d'une atrophie d'organe ou encore d'une augmentation de la reproduction et de la plasticité.

D'autres auteurs contemporains définissent la domestication comme une condition dans laquelle l'élevage et l'alimentation des animaux se réalisent plus ou moins sous le contrôle de l'homme (Bökönyi, 1969; Hale, 1969; Clutton-Brock, 1977). Ces définitions supposent que les animaux sont rendus domestiques par le fait qu'ils soient assujettis à un environnement et à certaines pratiques de gestions par l'homme (Ochieng'-Odero, 1994). Selon le même auteur, la domestication consiste à faire subir aux animaux domestiques des stimuli environnementaux associés à la vie captive. Bien que certains aspects du phénotype domestiques soit induit par des expériences ou stimuli environnementaux, beaucoup d'autres adaptations des animaux à la vie captive peuvent trouver leur explication dans les changements d'origine génétique qui

accompagnent le processus de domestication. Price et King (1968) et Bartlett (1993) proposent alors que la domestication soit définie comme un processus évolutif impliquant une adaptation génétique des animaux à leur environnement captif. Ratner et Boice (1975), optent plutôt pour une approche ontogénique en reconnaissant que le phénotype domestique est une résultante des changements d'origine génétique et celle de l'expérience acquise dans l'environnement captif. Plus récemment, Lickliter et Ness (1990), propose une approche développemental de la domestication. Selon ces auteurs, le phénotype domestique n'est pas transmis dans le gène ni dans les stimuli environnementaux. Mais il est construit par une action conjointe de l'organisme et des facteurs environnementaux pendant l'ontogenèse.

### **3.2.2 Domestication et changements physiologiques**

Selon plusieurs travaux, la domestication s'accompagne très souvent de modifications physiologiques chez l'animal domestique allant du comportement à la couleur de la robe. Parmi ces travaux figurent les expériences de Belyaev (1979) sur la sélection des renards dociles. Cette sélection a altéré le comportement sauvage des renards qui se comportent plus ou moins comme des chiens domestiques. En effet, Belyaev et son équipe ont passé de nombreuses années à élever des renards argentés (*Vulpes vulpes*) en sélectionnant uniquement les individus qui montrent le moins de signes de peur envers l'homme. Ils finissent par avoir une population de renards dont le comportement et l'apparence ont été considérablement modifiés. Après dix générations de reproduction contrôlée, ces renards ne montraient plus aucune crainte envers les hommes et, souvent, remuaient la queue ou léchaient les expérimentateurs pour manifester leur affection (Trut, 1999).

En dehors du tempérament, la couleur de la robe apparait comme l'une des modifications les plus visibles lors de la domestication (Photo 3). En effet, à l'état sauvage, les animaux dotés d'une robe ou de marques singulières ont moins de chance de survivre et se reproduisent moins que leurs congénères (Faisant, 2005). Par contre, au sein des populations domestiques, les robes minoritaires survivent et paraissent même favorisées. Leur proportion augmente de génération en génération. Dans

l'expérience de Belyaev, outre les variations dans le comportement, les renards apprivoisés ont montré aussi des changements physiologiques remarquables. En effet, de la huitième à la dixième génération, les renards apprivoisés présentaient un changement dans la couleur de leur robe, principalement une perte de pigment dans certains secteurs du corps menant dans certains cas à un modèle en forme d'étoile sur le visage (Trut, 1999), des oreilles souples et des queues bouclées contrairement à leurs ancêtres sauvages qui ont conservé leurs caractères.



Photo 3: Modifications de la couleur de pelage chez le renard  
(Belyaev, 1969)

Belyaev conclut donc que le changement de couleur de robe est lié au changement du tempérament (Belyaev, 1979). Dans le tableau 3 figurent quelques auteurs ayant établi un lien entre le tempérament et la couleur de la robe. Dans ce tableau, les colorations dociles sont dans la 4<sup>e</sup> colonne et les moins dociles dans la 5<sup>e</sup>. Ainsi, Hemmer (1990), étudiant le tempérament chez les daims constata que les daims clairs sont plus dociles que les daims sauvages qui se montrent même très agressifs envers les hommes. Ces résultats ont été confirmés par Ducrest et al. (2008), qui rapportèrent que les animaux à fourrure sombre sont généralement plus agressifs que les animaux à fourrure claire.

Tableau II: Modification de la couleur de la robe en fonction du tempérament relevée dans la littérature

<b>Auteurs</b>	<b>Espèces</b>	<b>Tempérament</b>	<b>Couleurs de la robe</b>	
<i>Hemmer, 1990</i>	Daims	Docilité	Clair	Sauvage
<i>Todd, 1977</i>	Chat	Placide	Noir (non agouti)	Agouti (clair foncé)
<i>Keeler, 1975</i>	Renard	Agressivité	Argenté	Ambré
<i>Keeler, 1979</i>	Renard	Peur	Roux	Ambré
<i>Belyaev, 1981, 1982</i>	Renard	Docilité	dépigmenté (Blanc tacheté)	Sauvage (Noir argenté)
<i>Trut, 1997</i>	Rat	Docilité	Face et chaussette blanche	Brun
<i>Keeler, 1942</i>	Rat	Docilité	Noir	Agouti
<i>Keeler, 1942</i>	Rat	Réactif	Agouti	Noir
<i>Cottle et Price, 1987</i>	Rat de Norvège	Docilité	Noir	Agouti
<i>Cottle et Price, 1987</i>	Rat de Norvège	Activité	Agouti	Noir
<i>Hayssen, 1997</i>	Souris sylvestre	Docilité	Noir	Agouti
<i>Keeler et King, 1947</i>	Rat	Docilité	Noir	Agouti
<i>Trut, 1999</i>	Renard	Docilité	Dépigmenté	Noir argenté
<i>Bleakley et al, 2006</i>	Guppy (poisson)	Activité	Semi vert	Rouge, peau de serpent
<i>Tözsér et al, 2003</i>	Taureau	Docilité	Rouge	Noir

Sur le plan physique, la domestication a eu pour effet la modification morphologique des animaux domestiqués. En effet, Belyaev (1975,1978) rapporta que certains renards apprivoisés présentaient une queue et des jambes raccourcies comparativement à leurs homologues sauvages. Le volume de leur crâne a tendance à être plus petit et leur nez plus court.

Sur le plan reproductif, la domestication a eu pour conséquence l'accroissement de la fertilité des animaux domestiqués. En effet, selon plusieurs auteurs, les animaux domestiques se reproduisent plus souvent dans l'année et donnent plus de portées à une naissance que les animaux sauvages de la même espèce. Ils se reproduisent aussi parfois à un âge plus précoce. D'après Darwin (1868), les animaux domestiques, qui ont longtemps été habitués à un approvisionnement régulier et abondant de nourriture, sont plus fertiles que les animaux sauvages de la même espèce. C'est le cas par exemple du chat et du chien qui ont une fréquence de reproduction annuelle plus élevée avec un maximum de portées par naissance. Chez les rongeurs, le lapin sauvage se reproduit généralement quatre fois par an, avec quatre à huit jeunes. Par contre le lapin apprivoisé engendre six ou sept fois par an, et produit quatre à onze jeunes en moyenne. Chez les oiseaux, la poule *Gallus gallus*, pond six à 10 œufs par an. Cependant, ce nombre ne saurait être comparé aux poules domestiques, leghorn blanc, dont le nombre d'œufs est estimé à 200 voire 300 par an. Le canard sauvage pond cinq à dix œufs au cours d'une année alors que ce nombre est actuellement évalué entre 80 et 100 pour les canards domestiques (Price, 2002).

## **CHAPITRE 4 : SYSTÈME NEUROHORMONAL ET GESTION DU STRESS CHEZ LES VIVANTS**

### **4.1 Système neurohormonal**

#### **4.1.1 Définition et généralités**

En biologie, le stress est défini comme «la réaction non-spécifique d'un organisme soumis à un environnement agressif» (Dantzer et Mormède, 1984). Selon Mormède (1995) le stress est une réponse naturelle à un stimulus extérieur ou intérieur qui agresse le cerveau et le corps. Mais le modèle le plus complet du stress a été proposé par Henri Laborit (1959) qui distingue deux types de stress : le stress physiologique et le stress psychosocial. Le stress physiologique qu'il nomme «choc» est un état d'alarme de l'organisme face à une agression physique de l'environnement. C'est une réaction physiologique aspécifique qui est toujours la même quelle que soit l'agression. Elle met en route deux systèmes neuroendocriniens: le système adrénosympathique et le système neuroendocrinien. Le stress psychosocial quant à lui est un mécanisme beaucoup plus complexe. Ce n'est plus une simple réaction physiologique, ni un mécanisme instinctif (un comportement stéréotypé) à une agression extérieure, mais un phénomène interactif. Le stress psychosocial fait intervenir la mémoire, l'apprentissage, donc le cerveau affectif et limbique.

#### **4.1.2 Organisation du système nerveux**

##### **4.1.2.1 Hypothalamus**

L'hypothalamus est situé sous le thalamus, le long des parois du troisième ventricule (Figure 3). Il est relié à l'hypophyse, suspendue à la base du cerveau, au-dessus de la voûte représentant le palais de la bouche, par la tige pituitaire.

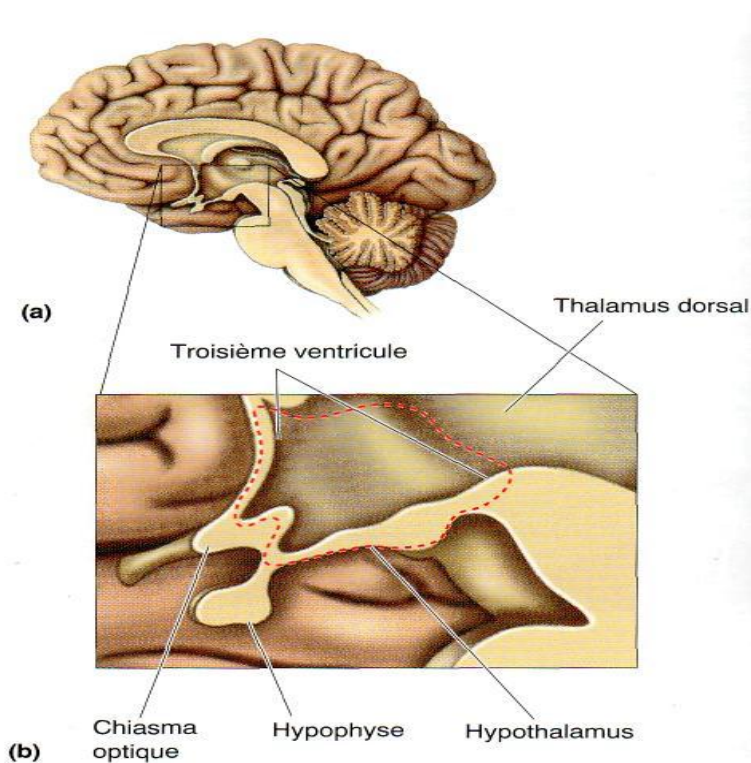


Figure 3: Représentation schématique de l'hypothalamus et de l'hypophyse (source : [www.neur-one.fr](http://www.neur-one.fr))

### ***Structure et connexion de l'hypothalamus***

L'hypothalamus peut être divisé en trois parties : latérale, médiane et périventriculaire (Figure 4). Les parties latérales et médianes forment un réseau extensif de connexions avec le cortex cérébral et le télencéphale, et exercent un contrôle sur certains types de comportement. La zone périventriculaire est composée d'un mélange complexe de neurones exerçant différentes fonctions. Un de ces groupes forme le noyau supra chiasmatique (NSC), situé juste au-dessus du chiasma optique. Les cellules de ce noyau sont directement innervées par la rétine et jouent un rôle dans la synchronisation des rythmes circadiens jour-nuit. Un autre groupe de cellules contrôle le système nerveux autonome, et régule les effets de l'innervation sympathique et parasympathique des organes viscéraux. Dans le troisième groupe, les axones des neurones sécréteurs descendent vers la tige pituitaire.

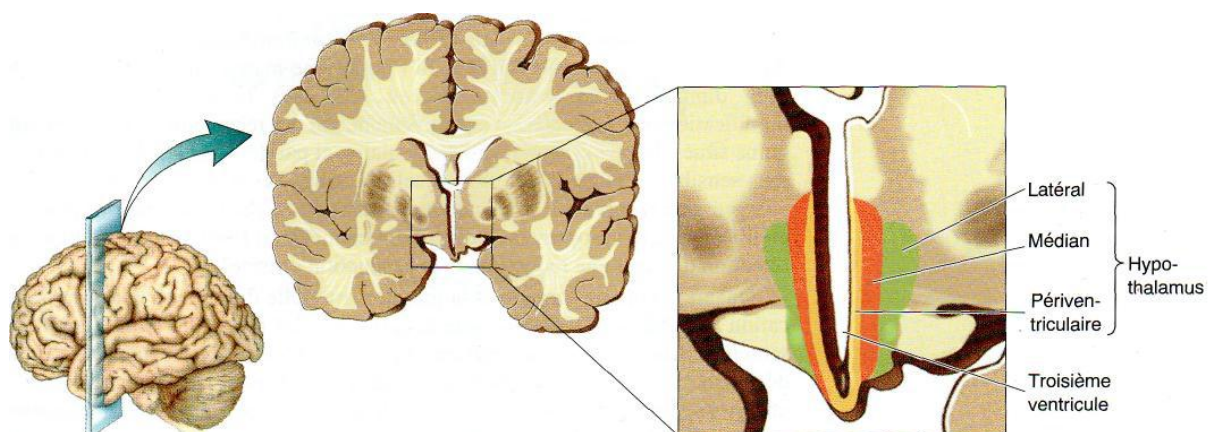


Figure 4: Différentes régions de l'hypothalamus (source : [www.neur-one.fr](http://www.neur-one.fr))

### ***Contrôle hypothalamique du lobe postérieur de l'hypophyse***

Les axones des cellules neurosécrétrices de l'hypothalamus, représentant les neurones neurosécrétoires magnocellulaires, s'étendent autour du chiasma optique et descendent vers la tige pituitaire jusque dans le lobe postérieur de l'hypophyse (Figure 5). Ils secrètent, dans le sang, des substances appelées neurohormones. Les neurones neurosécrétoires magnocellulaires libèrent deux neurohormones dans la circulation sanguine: l'ocytocine et la vasopressine. Ces deux substances sont des peptides, et chacune est formée d'un enchaînement de neuf acides aminés.

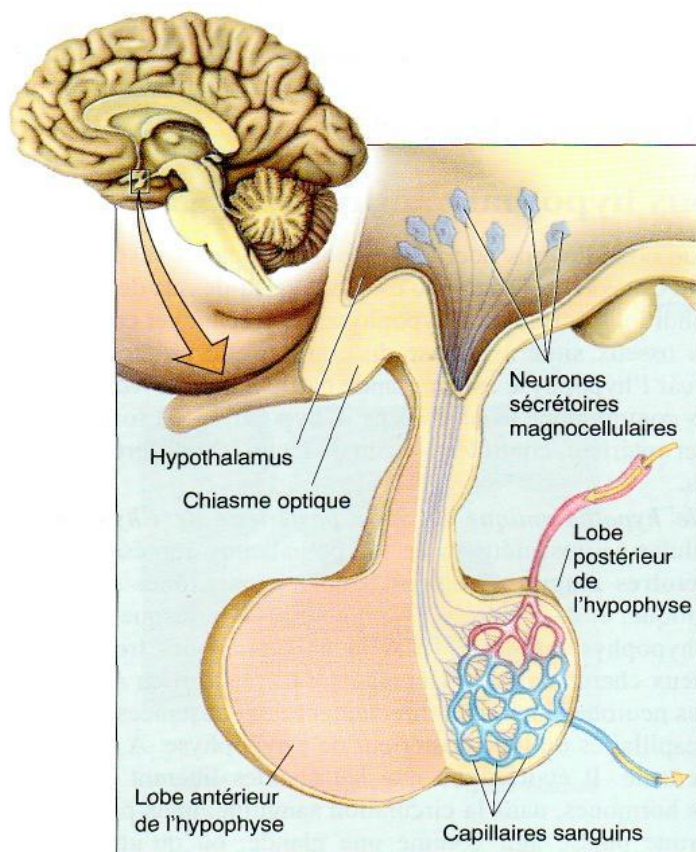


Figure 5: Cellules neurosécrétoires magnocellulaires de l'hypothalamus  
(source : [www.neur-one.fr](http://www.neur-one.fr))

### ***Contrôle hypothalamique du lobe antérieur de l'hypophyse***

Le lobe antérieur de l'hypophyse, contrairement au lobe postérieur, constitue une véritable glande. Les cellules du lobe antérieur produisent et sécrètent des hormones contrôlant les sécrétions d'autres glandes de l'organisme (c'est ce qui constitue le système endocrinien). Les hormones hypophysaires agissent sur les gonades, la glande thyroïde, les glandes surrénales, et les glandes mammaires. Même si l'hypophyse joue un rôle central, elle est cependant placée sous le contrôle de l'hypothalamus qui apparaît donc comme la «glande principale» du système endocrinien. Le lobe antérieur est contrôlé par les cellules de la région périventriculaire de l'hypothalamus, les neurones neurosécrétoires parvocellulaires. Ces neurones hypothalamiques ne se projettent pas jusque dans le lobe antérieur, mais ils gagnent leurs cibles par une sécrétion qui s'effectue directement dans la circulation sanguine (Figure 6). Ils libèrent des hormones hypophysiotropes dans un réseau de capillaires sanguins spécifiques,

situé au niveau du plancher du troisième ventricule. Ces minuscules vaisseaux sanguins descendent le long de la tige pituitaire et se ramifient dans le lobe antérieur. Ce réseau de vaisseaux sanguins est dénommé système porte hypothalamo-hypophysaire. Les hormones hypophysiotropes libérées par les neurones hypothalamiques au niveau du système porte circulent dans le sang jusque dans le lobe antérieur où elles se fixent à des récepteurs spécifiques localisés à la surface des cellules de l'hypophyse. L'activation des récepteurs conduit ces cellules à déclencher ou à inhiber la sécrétion d'hormones dans la circulation générale.

Le contrôle des glandes surrénales illustre le fonctionnement de ce système. Situées juste au-dessus des reins, les glandes surrénales sont formées de deux parties: une sorte de coquille, la corticosurrénale, et le centre, la médullosurrénale. La corticosurrénale sécrète une hormone stéroïdienne, le cortisol qui a pour effet de mobiliser les réserves d'énergie dans le corps, de réduire l'action du système immunitaire, et qui conditionne en général les réactions face à toutes les situations de stress.

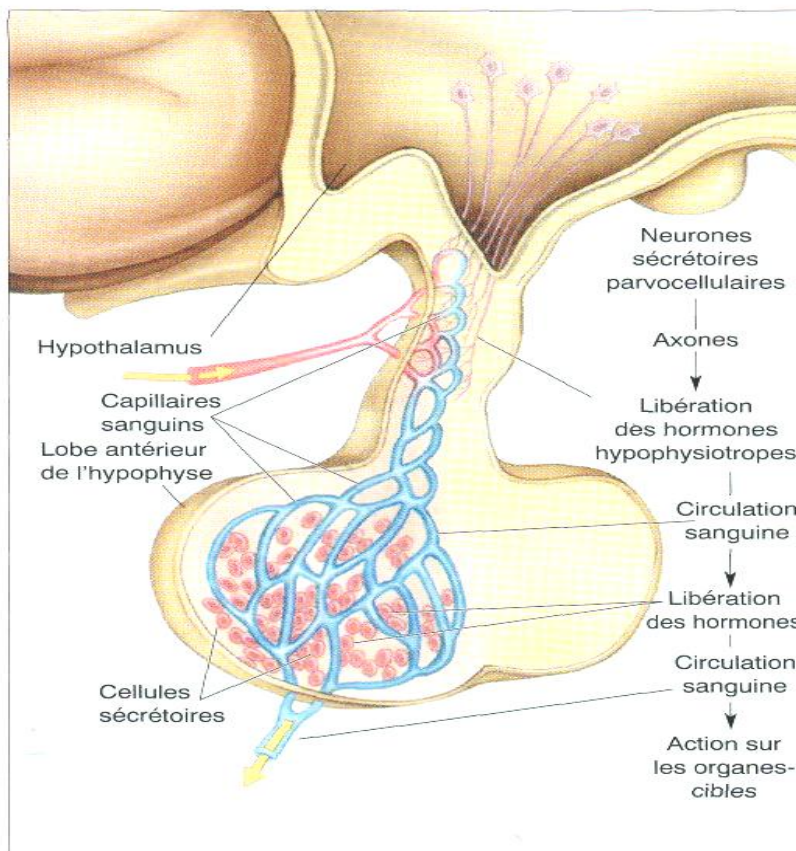


Figure 6 : Cellules neurosécrétoires parvocellulaires de l'hypothalamus.

Les neurones neurosécrétoires parvocellulaires qui contrôlent la corticosurrénale déterminent s'il s'agit d'un stimulus stressant ou pas (en fonction de la sécrétion de cortisol). Situés dans la partie périventriculaire de l'hypothalamus, ces neurones libèrent un peptide, la corticotropin-releasing hormone (CRH) (encore appelé corticolibérine ou corticotropin-releasing factor, CRF), dans le réseau de capillaires. La CRH parcourt la faible distance la séparant de la tige pituitaire où, en 15 secondes environ, elle stimule la sécrétion de l'hormone adrénocorticotrope ou adrenocorticotropin hormone (ACTH). L'ACTH passe dans la circulation sanguine et atteint la corticosurrénale pour stimuler la libération de cortisol (Figure 7).

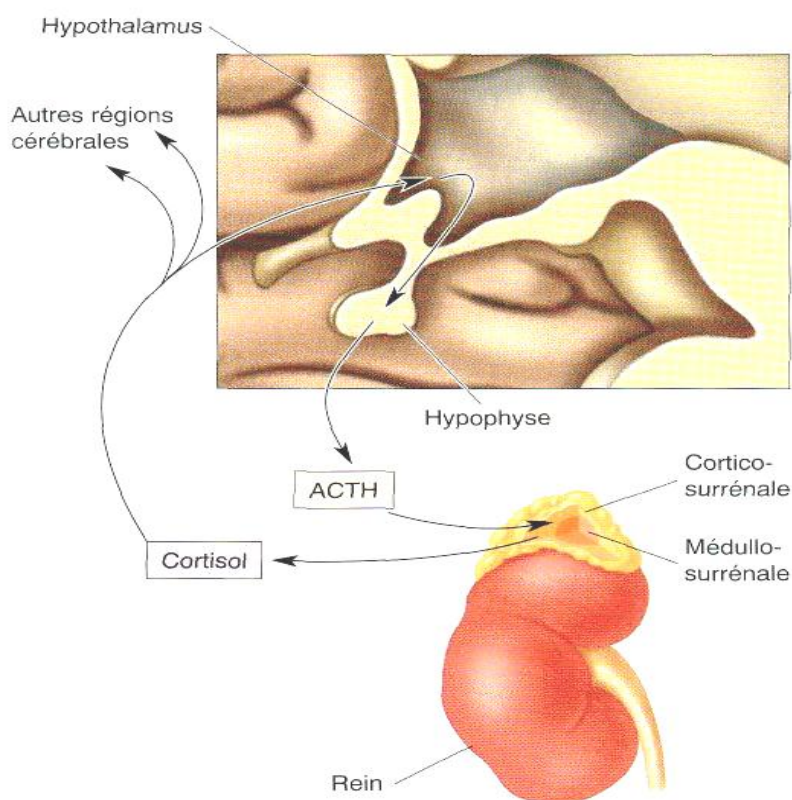


Figure 7: Réponse au stress (source : [www.neur-one.fr](http://www.neur-one.fr))

#### 4.1.2.2 Le système nerveux autonome

Le système nerveux autonome est constitué des systèmes sympathique et parasympathique qui ont des fonctions parallèles, mais l'organisation de leurs voies, ainsi que leurs neurotransmetteurs, sont très différents. Les axones préganglionnaires du système sympathique naissent uniquement du côté du tiers central de la moelle

épineière (les régions thoracique et lombaire). En revanche, les axones préganglionnaires du système parasympathique émergent seulement du tronc cérébral et de la partie inférieure (la partie sacrée) de la moelle épinière, de telle manière que les deux systèmes apparaissent de ce point de vue comme anatomiquement complémentaires. Les neurones préganglionnaires du système sympathique sont localisés dans la substance grise inter médio-latérale de la moelle épinière (ou colonne intermédiolatérale), et leurs axones passent par les racines ventrales pour former des synapses sur les ganglions de la chaîne sympathique qui longe, de part et d'autre, la colonne vertébrale. Les neurones préganglionnaires du système parasympathique sont localisés dans différents noyaux du tronc cérébral et dans la partie sacrée de la moelle, et leurs axones se prolongent dans les nerfs crâniens, aussi bien que dans les nerfs de la moelle sacrée. Les axones parasympathiques couvrent un plus long trajet que les axones sympathiques, car les ganglions parasympathiques sont typiquement situés à côté, sur, ou même quelques fois dans leurs organes-cibles.

Les systèmes sympathique et parasympathique sont généralement considérés comme exerçant une influence opposée sur leurs cibles. A titre illustratif, le système sympathique est plus actif en période de crise, réelle ou imaginaire. Il est associé aux comportements tels que: la combativité, la fuite, la peur ou encore le désir sexuel. Le système parasympathique pour sa part, agit principalement, sur la digestion, la croissance, la réponse immunitaire et les réserves énergétiques. Dans la plupart des cas pourtant, l'activité des deux systèmes s'oppose et s'équilibre: si elle est forte dans un des deux systèmes, elle faiblit dans l'autre, et réciproquement. Le système sympathique mobilise activement l'organisme à court terme, pour une urgence, souvent aux dépens de processus qui le maintiennent en bonne condition dans le temps. Le système parasympathique travaille au contraire silencieusement et dans la durée. Les deux systèmes ne peuvent pas être fortement sollicités en même temps: leurs objectifs ne sont pas compatibles. Heureusement des circuits nerveux sont organisés, de telle façon que le SNC inhibe l'activité d'un système, quand l'autre est activé. La figure ci-dessous illustre l'organisation générale de ces deux systèmes.

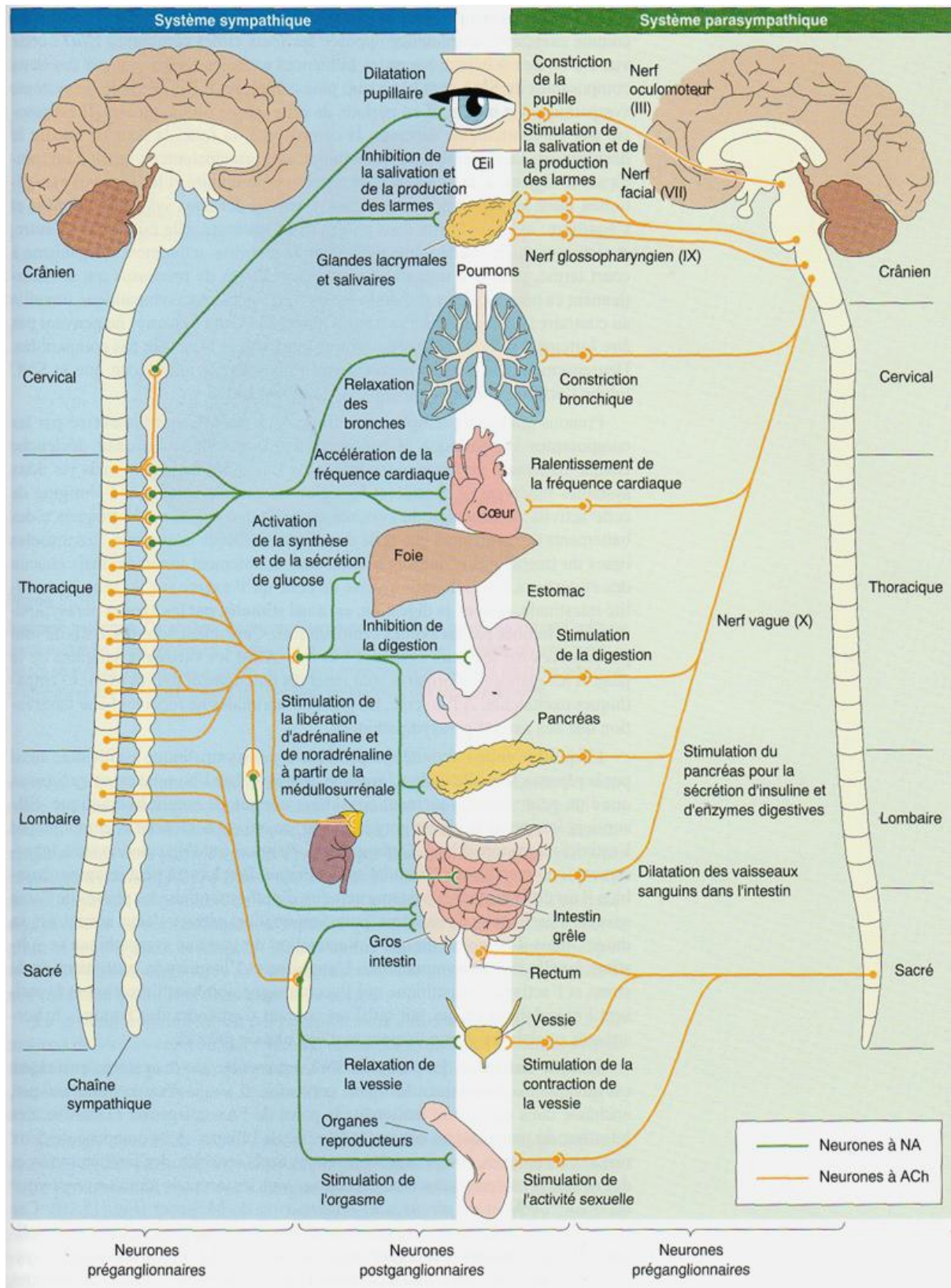


Figure 8: Organisation anatomo-fonctionnelle du système sympathique et du système parasympathique.

## 4.2. Physiologie du stress

### 4.2.1 Stress et cerveau

Le stress biologique est créé par le cerveau, en réponse à des stimuli réels ou imaginaires. Les nombreuses réponses physiologiques associées au stress contribuent à protéger le corps et le cerveau, des dangers qui sont à l'origine du stress. Mais le stress chronique aussi peut avoir des effets délétères plus insidieux.

Le stress provoque la sécrétion de cortisol, une hormone stéroïdienne, à partir de la corticosurrénale. Le cortisol circule dans le sang jusqu'au cerveau, et se fixe aux récepteurs dans le cytoplasme de nombreux neurones pour la stimulation de la transcription génique dans le noyau et la synthèse des protéines dans le cytoplasme. La fixation du cortisol au récepteur est liée à un flux d'ions calcium ( $Ca^{2+}$ ) dans les noyaux à travers les canaux protéiques. Si les neurones sont surchargés de calcium, ils meurent par excitotoxicité. Les effets du cortisol et du stress sont, de ce point de vue, comparables à ceux de l'âge sur le cerveau. Il est d'ailleurs prouvé que le stress chronique provoque un vieillissement prématuré du cerveau.

Le stress est une stimulation ponctuelle, agressive ou non, (détresse) qui déclenche un ensemble de réactions non spécifique de l'organisme impliquant des réponses neuronales, neuroendocrines, métaboliques et comportementales. Ces réponses se rassemblent dans le syndrome général d'adaptation au stress qui permet à un individu de faire face au stress de manière plus ou moins adaptée.

La réponse de l'organisme au stress qui se déroule en trois phases met en jeu les systèmes nerveux central, périphérique et endocrinien :

**Phase 1** : Réception du stress par les organes sensoriels et leurs innervations.

**Phase 2** : Programmation de la réaction au stress au niveau du cortex et du système limbique (amygdale, bulbe olfactif, hippocampe, septum, corps mamillaire). Ici, le cerveau compare la situation nouvelle (le stress) à des expériences passées afin d'élaborer une réponse adaptée.

**Phase 3** : Déclenchement de la réponse de l'organisme via l'amygdale et l'hippocampe qui agissent sur l'hypothalamus et la formation réticulée du tronc cérébral afin d'activer le système nerveux neuro-végétatif orthosympathique et le système neuroendocrinien (glandes surrénales). La formation réticulée déclenche plus particulièrement la réaction d'alarme dont l'amplitude est modulée par le Système Limbique.

#### **4.2.2 La réponse adaptative de l'organisme au stress**

Le syndrome général d'adaptation est la réponse de l'organisme élaborée par le cortex et le système limbique et transmise en vue de sa réalisation au système orthosympathique et au système endocrinien par l'intermédiaire de l'hypothalamus et de la formation réticulée. Le syndrome général d'adaptation se développe en 2 temps: la réaction d'alarme qui met en jeu la médullosurrénale, par l'intermédiaire de la formation réticulée et l'hypothalamus et la phase de résistance basée sur l'activation de l'axe hypothalamo-hypophysaire-corticosurrénalien.

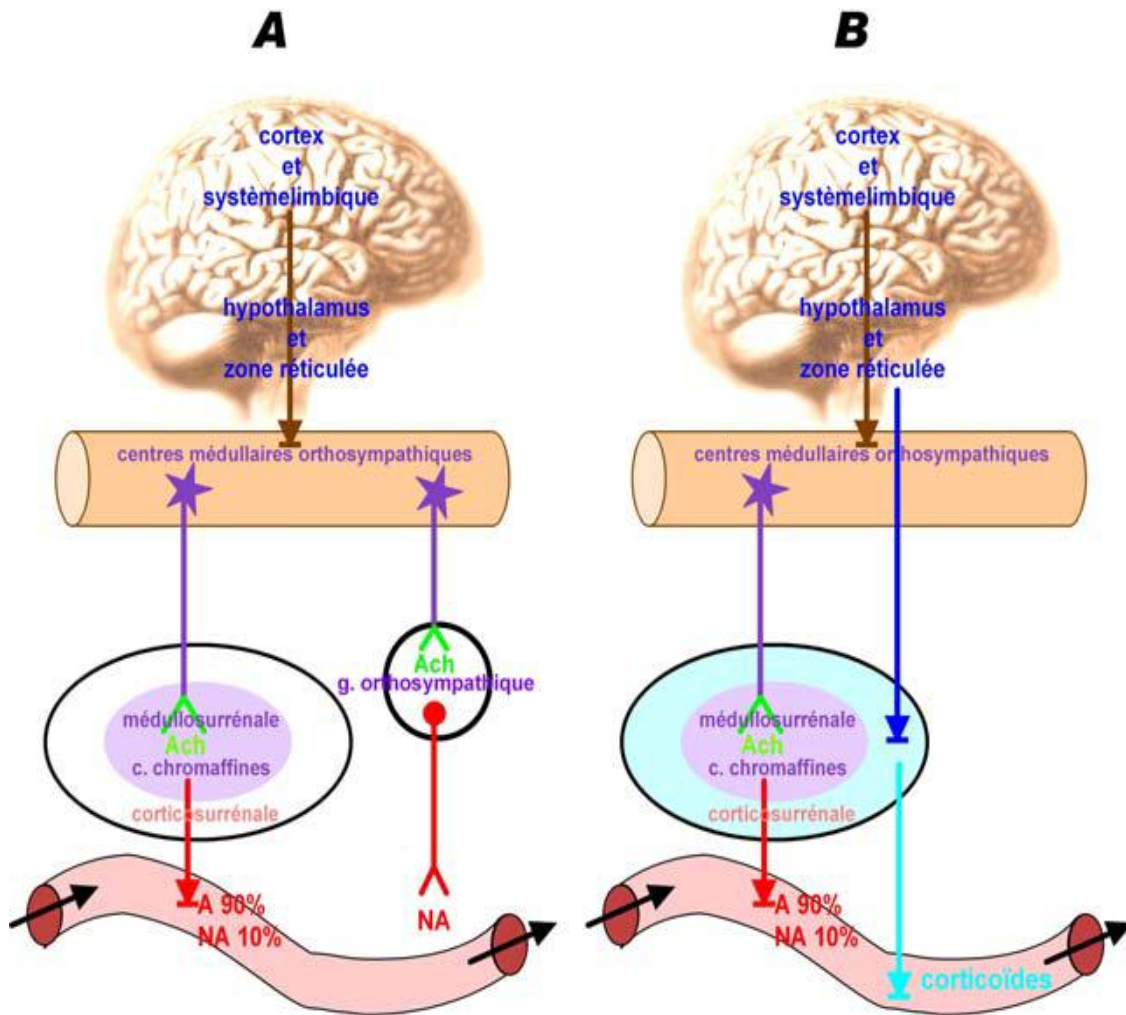


Figure 9: Les deux étapes du syndrome d'adaptation au stress

(source : [www.neur-one.fr](http://www.neur-one.fr))

#### 4.2.3. La réaction d'alarme

Elle résulte de l'activation orthosympathique stimulant les organes impliqués dans la défense (appareil cardiovasculaire, les poumons, le foie et les muscles) et inhibant les fonctions digestive et reproductive. L'activation orthosympathique a un retentissement particulier sur la médullosurrénale qui est une glande endocrine dont les cellules chromaffines libèrent, dans le sang, essentiellement de l'adrénaline lorsque la médullosurrénale est stimulée.

Ainsi les messagers moléculaires utilisés dans la réaction d'alarme pour stimuler les organes de défense sont la noradrénaline (NA) pour la voie empruntant l'innervation orthosympathique (OS) des organes et l'adrénaline (A) pour la voie surrénalienne.

#### 4.2.4 La phase de résistance

La phase de résistance fait suite à la réaction d'alarme si l'exposition au stress persiste et résulte de l'activation de l'axe hypothalamo-hypophysaire. Lequel active la sécrétion des hormones glucocorticoïdes par les glandes corticosurrénales.

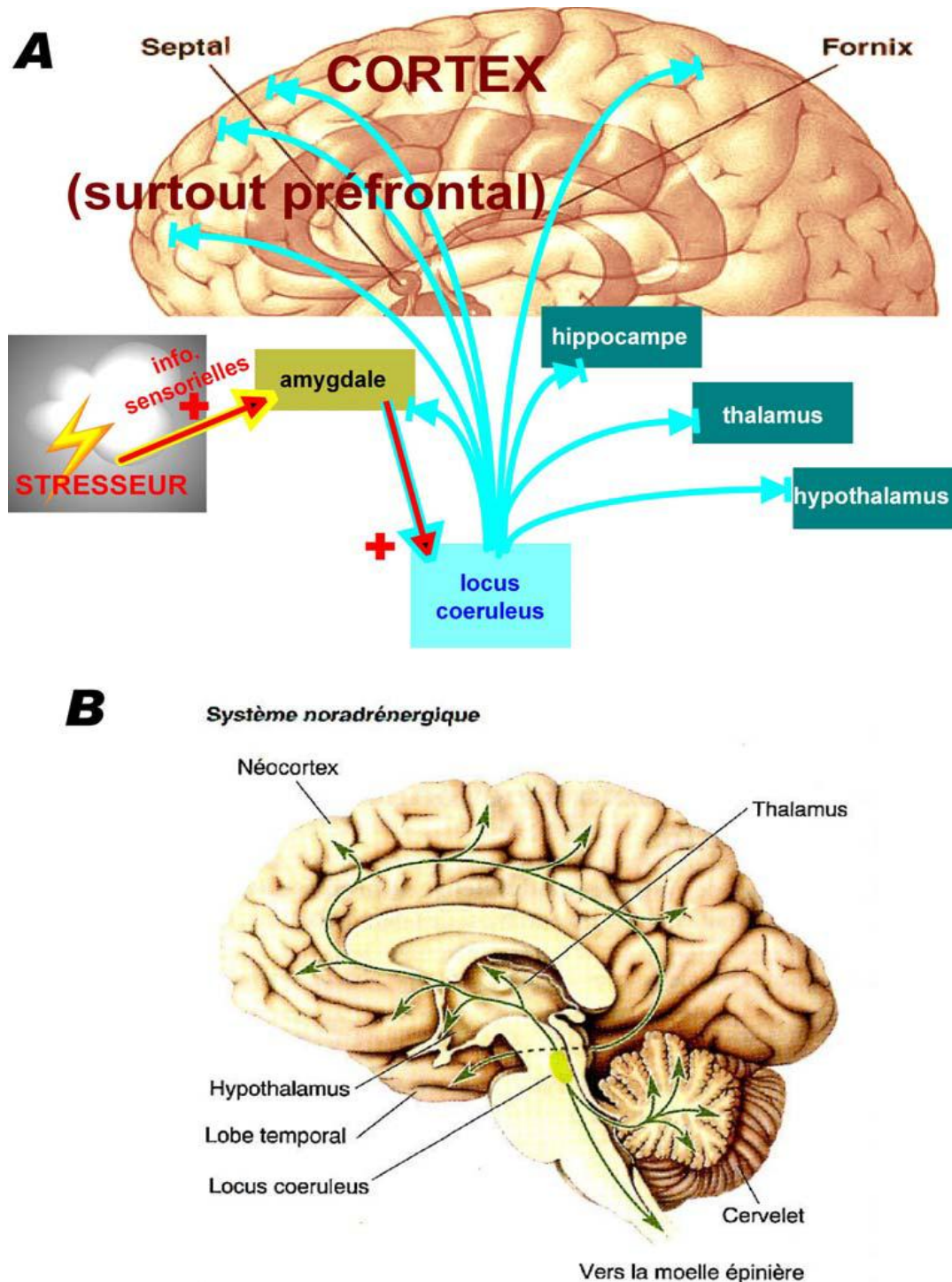


Figure 10: Activation des voies noradrénergiques (lors du stress)

Des neurones sécréteurs de l'hypothalamus sont activés par l'amygdale et l'hippocampe, ils libèrent dans le système "porte" de la circulation hypophysaire des neurohormones CRF (Corticotropin Releasing Factor ou corticolibérine).

En plus de l'activation par le système limbique, l'hypothalamus est stimulé par l'innervation noradrénergique issue en particulier du locus coeruleus et du noyau du tractus solitaire, ce qui renforce la libération de CRF ayant pour cibles les cellules endocrines (cellules corticotropes) de l'adénohypophyse qui répondent au CRF en sécrétant l'hormone hypophysaire ACTH (Adrénocorticotropin Hormon ou corticostimuline). L'ACTH est libérée dans la circulation générale et active à distance les cellules de la corticosurrénale qui produisent les hormones corticoïdes (glucocorticoïdes, sexocorticoïdes, minéralocorticoïdes). En fait, pendant la phase de résistance, l'ACTH induit spécifiquement la libération des glucocorticoïdes (cortisol, cortisone et corticostérone).

#### **4.2.5 Epuisement et pathologies**

Lorsque le stress devient chronique (exposition prolongée et/ou répétée au stress), les capacités énergétiques de l'organisme s'épuisent, le pourcentage de glucose circulant chute, les cellules ne sont plus nourries correctement. Il se produit aussi une dérégulation de plusieurs systèmes neuronaux et endocriniens provoquant une élévation constante du taux de glucocorticoïdes et une apparition des pathologies d'autant plus que les glucocorticoïdes ont un effet supprimeur sur l'immunité.

#### **4.2.6 Bases neurobiologiques de la modulation cognitive**

##### **4.2.6.1 Programmation de réponses spécifiques**

La plupart de découvertes importantes ayant été faites lors de l'exposition à des stress très puissants lors desquels la douleur et/ou le risque vital entraînent des activations importantes des systèmes nerveux orthosympathique (SNOS) et endocrinien (SNE), on a longtemps pensé que le syndrome général d'adaptation était une réponse générale stéréotypée. Mais le conditionnement de sujets, ayant pour but de les préparer au stress, montre que la réponse n'est pas aussi stéréotypée.

Ainsi une exposition brutale au froid ou au chaud entraîne une réaction stéréotypée avec la stimulation de la production de corticoïdes. Par contre, si l'on habitue le sujet auparavant à l'environnement testé pour diminuer l'effet "nouveau" on observe alors des réponses spécifiques telles que l'augmentation des corticoïdes lors de l'exposition au froid (ce qui est thermogène) et l'inverse pour l'exposition au chaud, c'est-à-dire une diminution des corticoïdes. Ce qui réduit la thermogénèse. Ces observations conduisent à deux constatations : la réponse au stress peut être spécifique et l'intensité de la réponse est fonction du caractère inattendu de l'apparition du stress. Il apparaît donc que la réaction générale peut être modulée spécifiquement en fonction de l'expérience du sujet. C'est le système limbique qui est directement impliqué dans cette modulation de la réaction hypothalamique en fonction du vécu. Puisque le système limbique reçoit les informations issues de l'environnement et du corps, il utilise ces infos lors de l'apprentissage (conditionnement). Il les stocke par la mémorisation afin que l'expérience acquise lors d'un stress puisse servir de référence au cortex pour l'analyse d'une nouvelle situation stressante et pour la programmation d'une stratégie de réponse plus appropriée à ce nouveau stress.

#### **4.2.6.2 Modulation de l'impact du stress par des facteurs cognitifs**

L'évaluation du stress par le complexe système limbique/cortex est plus importante que le stress lui-même pour la programmation et l'exécution de la réponse au stress. Ici, l'acquis ou l'entraînement sont essentiels pour produire facilement une réponse spécifique. Dans une situation stressante, un sujet naïf, non entraîné se sent incapable de contrôler ou de changer cette situation, il éprouve une émotion forte et ne possède pas dans son répertoire cognitif de stratégie préétablie pour se défendre efficacement. La stimulation hypothalamique entraîne une réponse générale stéréotypée inappropriée au stress ce qui accroît l'impact du stress et la décharge émotionnelle. Dans la même situation stressante, un sujet entraîné ne se sent pas fortement ému car il a le sentiment de contrôler la situation, il a confiance en ses capacités. Au niveau cortico/limbique, il existe une stratégie préétablie qui permet au sujet entraîné de produire facilement une réponse appropriée et donc efficace. Le système cortico/limbique stimule de manière

spécifique l'hypothalamus et la formation réticulée afin de produire une réponse de défense appropriée qui réduit ou abolit le stress et la décharge émotionnelle.

Le sentiment de contrôle de la situation stressante (acquis par l'entraînement) a un effet retour sur le stress qui en diminue l'impact sur le système limbique. Par contre, le sentiment de subir la situation stressante entraîne une amplification de l'impact du stress.

Dans le SNC de l'animal, lors d'une situation stressante, il y a une augmentation de la libération de NA et de la sérotonine (5HT). Cette libération accrue est compensée par la synthèse de NA et de 5HT lorsque l'individu contrôle la situation. Il n'y a par contre pas de compensation lorsque l'individu subit le stress. Le sujet entraîné maintient son cerveau à un niveau fonctionnel optimal alors que le sujet naïf ne le fait pas. Parallèlement, au niveau du système nerveux périphérique (SNP), le contrôle de la situation est associé à une hyperactivité du SNOS, alors que l'absence de contrôle est associée à une hyperactivité du système corticosurrénalien. On retrouve ici deux types de réponse au stress dont la spécificité est dépendante de facteurs cognitifs. Inversement, les performances cognitives peuvent être influencées par le fonctionnement de l'hypothalamus, de la formation réticulée et des structures qu'ils commandent. Ainsi, un individu dont le système corticosurrénalien est chroniquement élevé réagit plutôt de manière passive à un stress en subissant la situation, alors qu'un sujet dont le SNOS est chroniquement élevé tente de garder le contrôle de la situation stressante.

Certaines expériences conduites chez l'animal laissent penser que dans le contrôle du stress chez un sujet entraîné, se produisent des phénomènes neurologiques comparables à la phase d'hyposensibilité au stress observé chez la femelle allaitante. Dans ce cas, il y aurait une baisse de la production de CRF suggérée par la chute de la synthèse des ARNm du CRF dans l'hypothalamus. Ceci entraînerait une réduction de la réponse de l'axe Hypothalamo-hypophysaire et de la décharge émotionnelle au niveau préfrontal (diminution de l'excitation médiée par le CRF) en cas de stress. De même, chez des animaux nouveau-nés manipulés par un expérimentateur pendant leur période d'allaitement, on a observé une réduction de la réponse au stress lorsqu'ils ont

atteint le stade adulte. Cette hyposensibilité au stress n'est pas due au stress néonatal de la manipulation mais au fait que la manipulation a pour conséquence d'accroître les interactions entre la mère et ses petits (la mère nettoie les petits pour les débarrasser de l'odeur de l'homme due aux manipulations). Au niveau moléculaire, ces animaux hyposensibles au stress présentent une faible expression du gène du CRF et une augmentation de la synthèse des récepteurs aux glucocorticoïdes dans l'hypothalamus. Ce qui a pour effet de renforcer le rétrocontrôle négatif, comme le montre le fait que ces animaux présentent un retour aux valeurs de bases des concentrations plasmatiques en ACTH et corticostérone plus rapide que des animaux «contrôle» après une exposition à un stress.

L'étude de tels cas révèle que les émotions perturbent la programmation de réponse adaptée et induisent des réponses stéréotypées inefficaces. De plus, les émotions diminuent la perception de la situation stressante, l'attention est polarisée sur un seul aspect de la situation ce qui empêche d'élaborer des solutions de rechange lorsque la défense mise en jeu a échoué. Devant cet échec, la seule stratégie est de répéter plus fort l'action défensive. La répétition de tentatives infructueuses où la force est chaque fois accrue, est l'expression de l'incapacité de s'adapter au stress.

### **4.3. Les marqueurs biochimiques du stress**

#### **4.3.1 Les marqueurs dus à l'activation du système nerveux sympathique**

##### **4.3.1.1 Catécholamines et indolamines**

Les catécholamines (dopamine, noradrénaline et adrénaline) sont des neurotransmetteurs de la famille des monoamines qui sont tous synthétisés à partir du même acide aminé (tyrosine) et de ce fait, ont une structure similaire constituée d'un noyau aromatique avec deux groupements hydroxyles (noyau catéchol) et une éthylamine comme chaîne latérale.

La sérotonine (S) fait partie de la famille des neurotransmetteurs de type indolique. Elle est synthétisée à partir du tryptophane (Trp). C'est le neurotransmetteur possédant un plus grand nombre de récepteurs.

Les catécholamines et les indolamines, ainsi que leurs métabolites, sont des molécules polaires, non-volatiles. Ce sont des substances très sensibles à la lumière, à l'oxygène, à la température et au pH. C'est pourquoi elles doivent être conservées en milieu acide (pH inférieur à 3), à l'abri de la lumière et à basse température (Chirita, 2005).

### ***Adrénaline ou épinéphrine***

L'adrénaline a un rôle de premier plan dans le système nerveux sympathique (système nerveux ayant une action essentiellement excitatrice). Dans le système nerveux périphérique (neurones post-ganglionnaires sympathiques), elle est moins répandue que la noradrénaline. Dans le système nerveux central (SNC) elle est présente dans certains neurones de l'hypothalamus et du bulbe rachidien.

L'adrénaline est aussi une hormone sécrétée par les cellules chromaffines de la glande médullosurrénale. Cette hormone a une action sympathomimétique et est sécrétée en réponse à un état de stress ou en vue d'une activité physique.

Elle entraîne une accélération du rythme cardiaque, de la pression artérielle, dilate les bronches et les pupilles et élève la concentration du glucose sanguin. Elle est l'hormone sécrétée en cas de peur ou d'anxiété. La valeur moyenne de l'adrénaline dans le sang est comprise entre 0,02 et 0,6 ng/ml (Chirita, 2005) ou inférieure à 0,675 ng/mL (Biomnis, 2012).

Sa structure se présente comme suit :

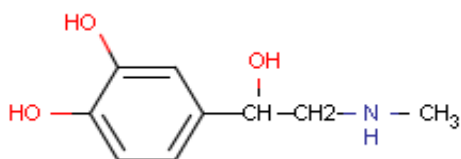


Figure 11: Structure de l'adrénaline

### ***Noradrénaline ou norépinéphrine***

La noradrénaline est un neurotransmetteur majeur du SNC. Elle est principalement présente dans les neurones du locus coeruleus et subcoeruleus. La libération de la NA a, d'une part, des effets inhibiteurs et détermine une décroissance dans l'activité

spontanée des neurones et d'autre part, la NA semble augmenter la réponse neuronale aux stimuli visuels, auditifs et nociceptifs (stimuli produisant la douleur).

Dans la maladie de Parkinson, des pertes importantes de neurones dans le locus coeruleus ont été observées. Même si l'implication du système dopaminergique joue un rôle dominant dans cette maladie, les déficits noradrénergiques semblent spécialement responsables des déficits de la fonction cognitive. Pour les patients atteints de la maladie d'Alzheimer, une perte de neurones noradrénergiques du locus coeruleus a été constatée, cette perte n'a pas été constatée dans d'autres types de démence. Des liens forts entre la sévérité de la maladie d'Alzheimer et la perte des neurones noradrénergiques sont mis en évidence. La NA semble également être impliquée dans la schizophrénie, la dépression, l'épilepsie, les troubles anxieux et les troubles de stress post-traumatique. La valeur moyenne de la NA dans le sang est comprise entre 0,07 et 0,94 ng/ml (Chirita, 2005).

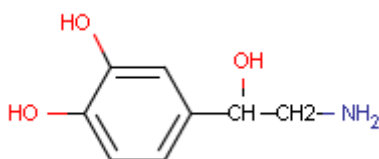


Figure 12: Structure de la noradrénaline

### ***La dopamine***

La dopamine est le précurseur de la noradrénaline et de l'adrénaline. C'est également un neurotransmetteur. Elle intervient dans les circuits neuronaux de l'appétence et du plaisir et donc dans leurs dérèglements (comportements d'addiction et dépendance aux drogues). Les neurones dopaminergiques sont principalement localisés dans la substantia nigra et le striatum. La distribution des divers systèmes dopaminergiques indique que la DA influence un grand nombre de fonctions du cerveau. Par exemple elle est impliquée dans la régulation de la tension artérielle, la cognition, l'apprentissage et les comportements liés à la peur (Chirita, 2005).

Sa valeur moyenne dans le sang est comprise entre 0,03 et 0,5ng/ml (Chirita, 2005).

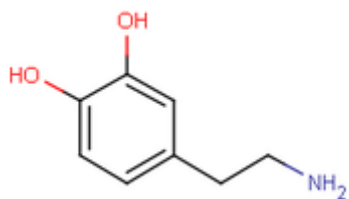


Figure 13: Structure de la dopamine

### *La sérotonine*

La sérotonine (S) (5-hydroxy-tryptamine) est un vasoconstricteur puissant et stimulant la contraction des muscles lisses. C'est un neurotransmetteur du système nerveux. La sérotonine est impliquée dans une variété de processus physiologiques, tels que la contraction des muscles lisses, la régulation de la pression sanguine, et dans la transmission de l'influx nerveux dans le SNC. La sérotonine influence des processus liés à la mémoire et à l'apprentissage, aux comportements sexuels et nutritionnels.

La sérotonine (en lien avec la dopamine) semble impliquée dans certains cas de suicides, certaines formes de dépression et la genèse de comportements agressifs (Dongju, 2008 ; Miczek, 2002). Un faible taux de sérotonine dans le fluide cérebrospinal, et plus encore de 5-HIAA (son principal métabolite) sont associés à une augmentation de l'agressivité impulsive (Heerbert, 2001). Chez l'adulte, le faible fonctionnement sérotoninergique est nettement associé à une agressivité augmentée (Asberg, 1994), mais les études sur les enfants semblent plus contradictoires. L'histoire psychosociale et familiale (plus ou moins riche en adversité et conflits) modulerait cet effet (Moffit, 1997).

Le taux de sérotonine dans le sang est normalement de 0,10 à 0,30  $\mu\text{g/ml}$  (Chirita, 2005).

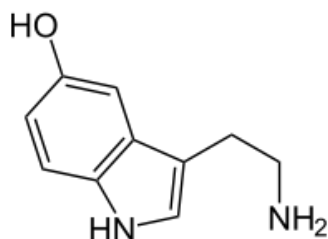


Figure 14: Structure de la sérotonine

### 4.3.1.2 Biosynthèse et dégradation des catécholamines

Les catécholamines sont synthétisées par les tissus compétents à partir de la tyrosine, un acide aminé non essentiel obtenu dans l'alimentation ou par hydroxylation de la phénylalanine.

Cette première étape est l'étape limitant de la synthèse des catécholamines du fait de la faible activité de l'enzyme. La figure suivante schématise les principales étapes de cette synthèse.

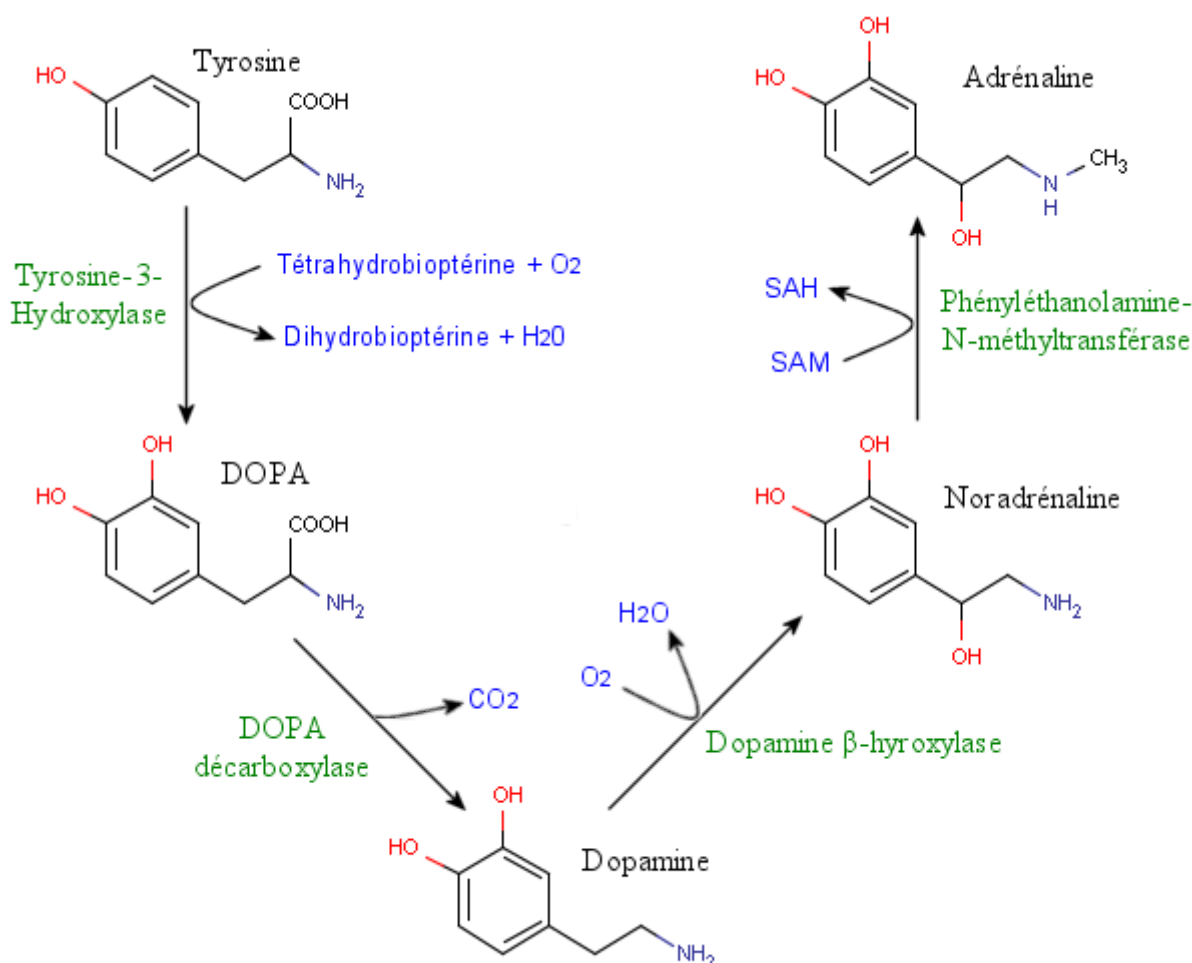


Figure 15: Principales étapes de la biosynthèse des catécholamines

La dopamine est à la fois un intermédiaire réactionnel et le neurotransmetteur pour certaines synapses du système neurovégétatif et du système nerveux central dont le rôle est encore mal défini. La noradrénaline est le neurotransmetteur des neurones

post-ganglionnaires du sympathique. De ce fait, sa libération est locale et on n'en retrouve qu'une très faible quantité dans le sang. En revanche, l'adrénaline est une hormone libérée par les glandes médullosurrénales dans le flux sanguin. L'adrénaline et la noradrénaline sont issues des mêmes voies de synthèse. Le facteur qui induit la conversion de la noradrénaline enadrénaline dans les cellules chromaffines de la médullosurrénale est la présence de l'enzyme *phenylethanolamine N-methyl transferase* (PNMT). Celle-ci n'est synthétisée qu'en présence de fortes concentrations de glucocorticoïdes (Brisville, 2006).

Les catécholamines ont une demi-vie extrêmement courte, de l'ordre de la minute (Hay, 1999). Cette fugacité est due à un catabolisme efficace. La majeure partie de la noradrénaline est recaptée dans le neurone présynaptique par un système de pompe, pour être recyclée ou dégradée. Le catabolisme des catécholamines se fait par deux voies principales. La première est une oxydation par la *monoamine oxydase* (MAO), une enzyme mitochondriale du foie, des reins, du cerveau et des terminaisons sympathiques. La seconde est une méthylation par la *catechol-O-methyl transferase* (COMT). Cette enzyme est présente dans de nombreux organes, à l'exclusion des terminaisons sympathiques, mais la majeure partie se concentre dans les reins et le foie (Brisville, 2006). Les différents métabolites intermédiaires peuvent être des substrats de l'une ou de l'autre des deux voies et lorsqu'une des voies est saturée, l'activité de la seconde est augmentée. Ainsi il est impossible de savoir, de laquelle des deux voies provient un métabolite particulier. Les produits terminaux de ces dégradations sont : l'acide vanylmandélique (VMA) et le 4-hydroxy-3-méthoxy-phénylglycol (MHPG) pour la noradrénaline, et le VMA et la métadrénaline pour l'adrénaline.

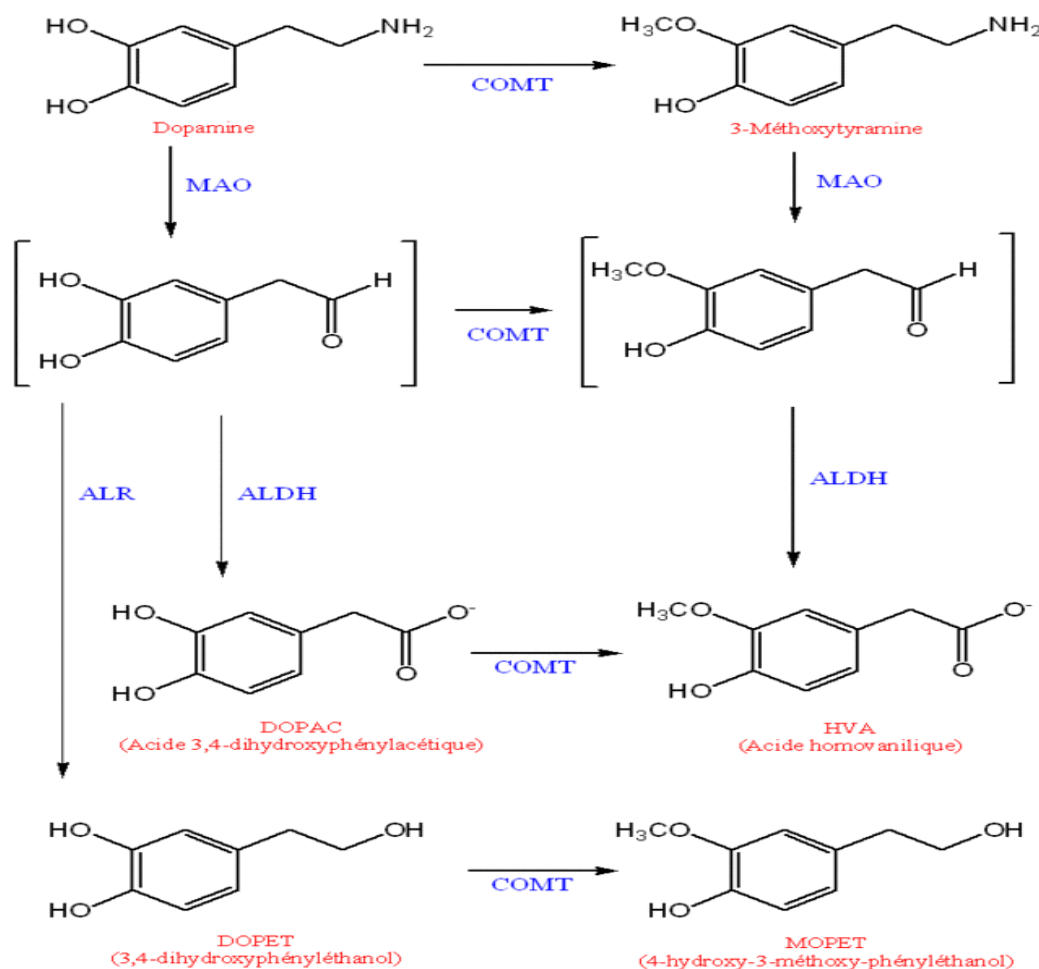


Figure 16: Catabolisme des catécholamines

Ces différents métabolites peuvent faire l'objet d'une glucurono- ou sulfo-conjugaison, puis sont éliminés par voie urinaire (Brisville, 2006).

#### 4.3.1.3 Métabolisme de la sérotonine

Les neurones sont les seules sources de sérotonine dans le SNC. Le précurseur de la sérotonine est le tryptophane (Trp) et la disponibilité de cet acide aminé essentiel représente un facteur limitant pour la synthèse de la sérotonine. La Tryptophane hydroxylase catalyse le passage de tryptophane en 5 hydroxy-tryptophane, qui à son tour est transformé en sérotonine sous l'action de la L-aminoacide décarboxylase.

L'inactivation de la sérotonine est réalisée par voie enzymatique sous l'action consécutive de deux enzymes: la monoamino oxydase (MAO) et l'aldéhyde

déshydrogénase. Le métabolite résultant, l'acide-5-hydroxyindolique (5-HIAA) est éliminé par voie urinaire.

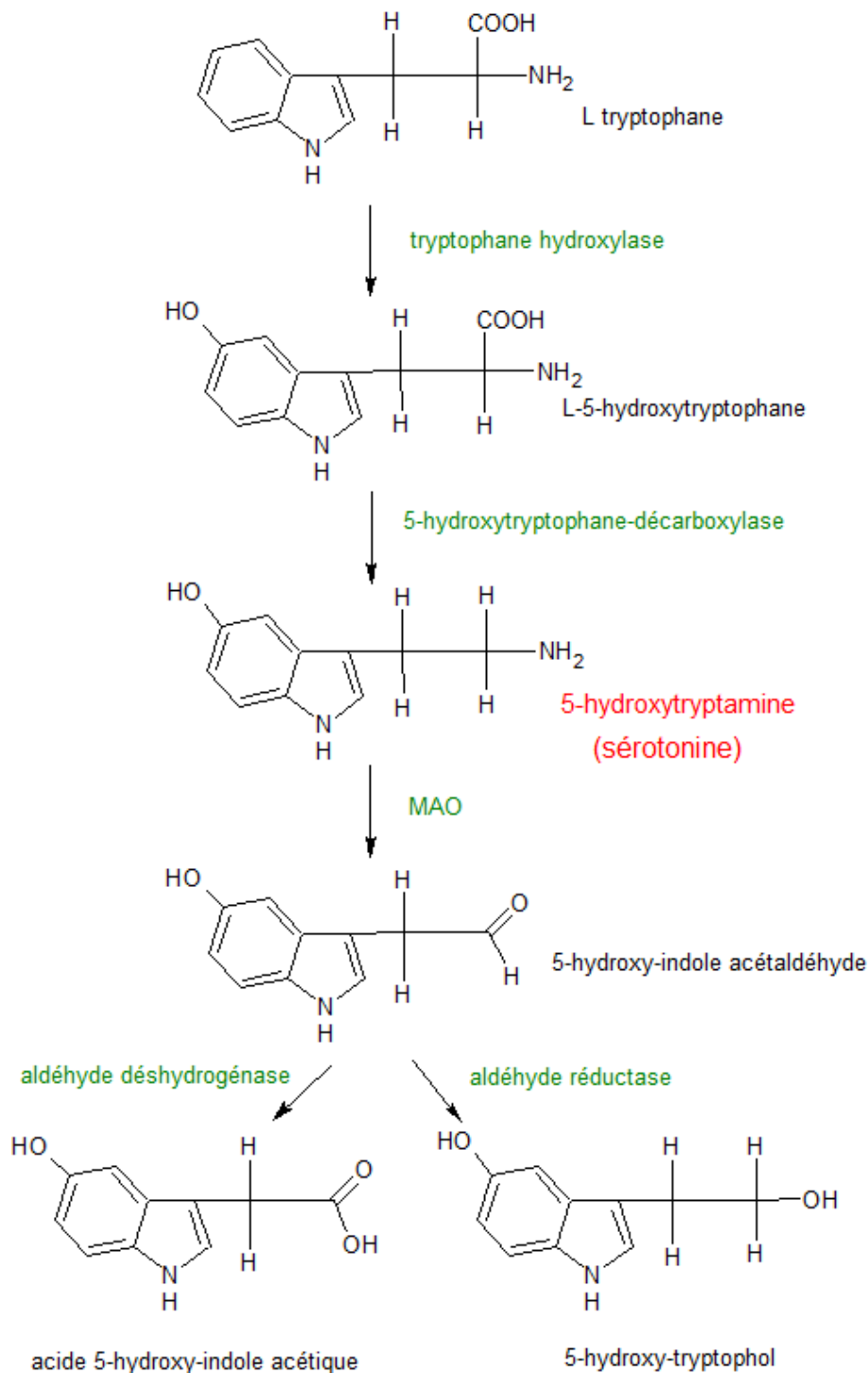


Figure 17: Synthèse et dégradation de la sérotonine

#### 4.3.1.4 Les actions des catécholamines

##### *Les récepteurs adrénergiques*

Les actions des catécholamines sont principalement orientées vers le catabolisme et la mise à disposition d'énergie pour l'organisme. Les catécholamines exercent leurs actions au niveau des tissus innervés par le sympathique et des tissus porteurs de récepteurs (de type hormonaux) à l'adrénaline. Les récepteurs catécholaminergiques se divisent en récepteurs  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  et  $\beta$  et leur activation provoque, par l'intermédiaire des protéines G, la production de seconds messagers et l'activation de canaux ioniques à l'intérieur des cellules cibles.

Tableau III : Les récepteurs adrénergiques, leur couplage et leurs actions à l'échelle cellulaire

<b>Récepteurs <math>\alpha_1</math>-adrénergiques</b>	<b>Récepteurs <math>\alpha_2</math>-adrénergiques</b>	<b>Récepteurs <math>\beta</math>-adrénergiques</b>
Couplés aux protéines Gq.	Couplés à la protéine Gi.	Couplés à la protéine Gs
Modulation de l'activité des phospholipases à l'intérieur de la cellule	Inhibition de l'adénylcyclase  Activation des canaux potassiques, inhibition des canaux calciques	Stimulation de l'adénylcyclase

Source : (Brisville, 2006)

Toutes les catécholamines n'ont pas la même affinité pour tous les récepteurs. L'adrénaline et la noradrénaline activent de la même façon les récepteurs  $\alpha$  et  $\beta_1$  mais on constate une différence dans l'activation des récepteurs  $\beta_2$  et  $\beta_3$ . La noradrénaline a peu d'effets sur les récepteurs  $\beta_2$  contrairement à l'adrénaline. Par contre les récepteurs  $\beta_3$  sont 10 fois plus sensibles à la noradrénaline qu'à l'adrénaline. Enfin les récepteurs sont répartis de façon très hétérogène dans les différentes cellules de l'organisme. Ainsi l'activation de deux sous-types différents n'aura pas les mêmes conséquences biologiques (Hay, 1999).

### ***Les actions métaboliques***

Les catécholamines stimulent la mise à disposition de glucose pour l'organisme par l'intermédiaire de divers mécanismes directs ou indirects. Elles stimulent la glycogénolyse afin de produire du glucose à partir du glycogène dans le foie à travers les récepteurs  $\alpha 1$  et  $\beta 2$  adrénergiques, et dans les muscles par les récepteurs  $\beta 2$  adrénergiques. Elles inhibent également la sécrétion d'insuline par le pancréas grâce à des mécanismes  $\alpha 2$  adrénergiques et réduisent l'utilisation de glucose par les tissus insulino-dépendants (Brisville, 2006). D'autre part elles activent indirectement la production de glucose par le foie. Ainsi les catécholamines participent à plusieurs niveaux à la mise en place d'une hyperglycémie. Les catécholamines provoquent également une lipolyse au niveau du tissu adipeux, par l'intermédiaire des récepteurs  $\alpha 1$ ,  $\beta 1$  et  $\beta 3$ , et participent à la libération d'acides gras et de glycérol dans la circulation générale (Hay, 1999). Ainsi les catécholamines participent à l'accroissement de la quantité de métabolites énergétiques circulants et donc disponibles pour les cellules.

### ***Les actions sur le système cardiovasculaire et respiratoire***

Les catécholamines ont des effets cardiaques variés. Elles augmentent le débit, la fréquence et la force de contraction du cœur grâce aux récepteurs  $\beta 1$ . Elles augmentent également la pression sanguine par vasoconstriction des vaisseaux périphériques, à travers une action sur les récepteurs  $\alpha 1$  et  $\alpha 2$ , et entraînent une redistribution du sang circulant vers les muscles et le cerveau (Mormède, 1995).

Les catécholamines accroissent également la quantité d'oxygène disponible pour les cellules par l'augmentation de la fréquence et de la profondeur des mouvements inspiratoires, et de la quantité d'érythrocytes circulants par contraction splénique (Mormède, 1995).

#### **4.3.1.5 Catécholamines et stress aigu**

L'adrénaline et la noradrénaline sont sécrétées lors de l'activation du système sympathique par un stressor. Cependant l'étude de leurs variations plasmatiques est

délicate. Premièrement, la libération des catécholamines dans la circulation sanguine est rapide et fugace du fait de leur demi-vie assez courte. Deuxièmement leur sécrétion est également sujette à des variations spontanées importantes et troisièmement le système sympathique est sensible au moindre stimulus. De ce fait, l'étude des variations plasmatiques des catécholamines lors d'un stress aigu nécessite la mise en place des conditions expérimentales spécifiques (Hay, 1999) comme la pose de cathéters veineux à demeure et l'intervention d'un seul expérimentateur auquel les animaux sont habitués. On observe lors d'un stress aigu une augmentation des taux plasmatiques de catécholamines. On retrouve dans la littérature, plusieurs données sur la variation des catécholamines chez les animaux lors d'une situation de stress. De Boer et al. (1987), étudiant la réactivité chez des rats ont constaté que les sujets les plus actifs ont une concentration plasmatique en adrénaline et en noradrénaline supérieure aux individus les moins actifs. Ces résultats étaient hautement significatifs. Des années plus tard, Helge et al. (2003), ont confirmé les résultats de De Boer chez des humains avec une différence significative entre les concentrations des sujets actifs et moins actifs. Un autre argument est fourni par les travaux de Künzl et al. (1999). Les auteurs ont dosé le taux sérique de deux catécholamines (adrénaline et noradrénaline) chez des cobayes sauvages (plus agressifs) et des cobayes domestiques (moins agressifs). Ils constatent à la fin de l'expérience que le taux sérique de noradrénaline et d'adrénaline est très élevé chez les animaux sauvages comparativement aux cobayes domestiques (différence hautement significative). De même, chez des porcs soumis à un stress de pré-abatage, Lebret et al. (2006), constatèrent que le taux urinaire d'adrénaline est largement supérieur chez les animaux stressés que chez les moins stressés mais la différence n'est pas significative. Par contre, chez les moutons soumis à un stress d'isolement, Tompson et al. (1977), trouvèrent une différence hautement significative entre le taux plasmatique des catécholamines (adrénaline et noradrénaline) chez les moutons moins stressés et plus stressés. Dans le tableau 4 suivant figure la liste de quelques auteurs ayant dosé les catécholamines chez quelques animaux en fonctions de leurs caractères. Le tableau 5 montre les significativités entre les différentes valeurs du tableau 4.

Tableau IV : Concentration des catécholamines chez quelques espèces

Auteurs	Espèces	Organe/tissu	Adrénaline (ng/ml)		Noradrénaline (ng/ml)		Dopamine (ng/ml)	
			- agressif	+ agressif	- agressif	+ agressif	- agressif	+ agressif
Künzl et al., 1999	Cobaye	Sérum	0,1	1	0,4	1,7		
Coburn et al., 2010	Mouton	Plasma	1,2	2,2	0,6	1,4		
Marliave et al., 1993	Crevette	Hémolymphe					0,004	0,062
			- actif	+ actif	- actif	+ actif	- actif	+ actif
De Boer et al., 1987	Rat	Plasma	0,116	0,166	0,349	0,409		
Helge et al., 2003	Humain	Plasma	0,128	0,22	0,219	0,743		
			- stressé	+ stressé	- stressé	+ stressé	- stressé	+ stressé
Künzl et al., 2003	Cobaye	Sérum	0,6	1,1	1,3	2,2		
Enigk et al., 2014	Rat	Plasma	0,293	0,901	2,979	4,453		
De Boer et al., 1990	Rat	Plasma	1,179	3,767	0,425	1,672		
Thompson et al., 1977	Mouton	Plasma	0,07	0,25	0,24	1,11		
Paulick et al., 1988	Mouton	Plasma	0,3	1,23	0,66	4,06	0,035	0,47
Dronjak et al., 2006	Rat	G. surrénale	5,63	5,95	1,09	2,39		
Dronjak et al., 2006	Rat	Hypocampe			0,63	0,93	0,66	0,72
Dronjak et al., 2006	Rat	Hypothalamus			1,23	1,58	0,5	0,72
Lebret et al., 2006	Porc	Urine	0,005	0,01	0,019	0,017		
Higashiyama et al., 2009	Vache	Urine	0,008	0,02				
Ndlovu et al., 2008	Bouvillon	Urine	0,008	0,014	0,006	0,013	0,005	0,02
Hight et al., 2007	Requin	Plasma	20,331	54,509	22,07	26,629		
			- déprimé	+ déprimé	- déprimé	+ déprimé	- déprimé	+ déprimé
Ambad et al., 2009	Humain	Plasma	0,032	0,037	0,419	0,386	0,021	0,022

Tableau V: Significativité entre caractères et taux de catécholamines chez quelques espèces

Auteurs	Espèces	Organe/tissu	Caractère	Catécholamines		
				Adrénaline	Noradrénaline	Dopamine
Künzl et al., 1999	Cobaye	Sérum	Agressivité	***	***	
Coburn et al., 2010	Mouton	Plasma	Agressivité	***	n.s.	
Marliave et al., 1993	Crevette	Hémolymphe	Agressivité			**
Helge et al., 2003	Humain	Plasma	Activité	*	*	
De Boer et al., 1987	Rat	Plasma	Activité	***	***	
Ambad et al., 2009	Humain	Plasma	Dépression	**	**	n.s.
Künzl et al., 2003	Cobaye	Sérum	Stress	***	**	
Enigk et al., 2014	Rat	Plasma	Stress	***	n.s.	
De Boer et al., 1990	Rat	Plasma	Stress	*	*	
Thompson et al., 1977	Mouton	Plasma	Stress	***	***	
Paulick et al., 1988	Mouton	Plasma	Stress	n.s.	n.s.	n.s.
Dronjak et al., 2006	Rat	G. surrénale	Stress	***	***	
Dronjak et al., 2006	Rat	Hypocampe	Stress		***	***
Dronjak et al., 2006	Rat	Hypothalamus	Stress		***	**
Lebret et al., 2006	Porc	Urine	Stress	n.s.	n.s.	
Higashiyama, et al., 2009	Vache	Urine	Stress	*	*	
Ndlovu et al., 2008	Bouvillon	Urine	Stress	*	*	*
Hight et al., 2007	Requin	Plasma	Stress	*	*	

*n.s.=non significatif* \*=*significatif*; \*\*=*très significatif*; \*\*\*=*hautement significatif*

#### **4.3.1.6 Synthèse sur le lien entre les catécholamines, la couleur de la robe et le tempérament**

Le lien entre la couleur de la robe et le tempérament provient d'une relation entre la production pigmentaire, les hormones et la neurochimie. La couleur de la robe n'entraîne pas une différence de tempérament, mais certains processus physiologiques plutôt sont à la base des facettes de la couleur de la robe et du comportement, notamment les hormones et les neurotransmetteurs impliqués dans la réponse au stress. En effet, le neurotransmetteur dopamine et les hormones noradrénaline et adrénaline, impliqués dans la réponse au stress, partagent le même précurseur biochimique que les pigments de mélanine (Ferry et Zimmerman 1964). Elles viennent du même précurseur, la tyrosine. De plus, la dopamine influence directement la production pigmentaire en s'attachant aux cellules produisant les pigments (Burchill et al. 1986) et en inhibant la mélanotropine pituitaire, aussi connue sous le nom d'hormone mélanostimulante, qui est responsable de la stimulation des cellules pigmentaires pour produire des pigments (Tilders et Smelik, 1978).

Ainsi, en reproduisant seulement les animaux les plus dociles d'un groupe, l'homme sélectionne les changements physiologiques des systèmes hormonaux et neurochimiques de l'animal, changements qui ont un impact sur la morphologie et la physiologie (incluant la couleur de la robe). Un changement de couleur de robe lors de la domestication peut donc être un effet secondaire de la sélection par docilité (Hanson, 2006). Selon le même auteur, les cellules pigmentaires localisées dans la peau et à la base des poils, où elles produisent des pigments qui colorent la peau sont également retrouvées dans le cerveau, incluant les régions du cerveau liées à l'humeur et au stress.

Lors du développement embryonnaire, les cellules pigmentaires naissent dans le dos (crête neurale) et migrent vers le reste du corps (Gilbert, 1994). Tout ce qui affecte la distribution des cellules pigmentaires dans le corps affecte donc, non seulement la couleur des poils, mais aussi l'humeur et le stress. La migration cellulaire est donc la deuxième connexion entre la pigmentation et la réponse au stress après la voie de synthèse qu'elles partagent. Par ailleurs, dans le lien entre la couleur de la robe et le

tempérament, certains auteurs ont prouvé que la couleur agouti retrouvée dans certaine population est gouvernée par une protéine du même nom, susceptible d'influencer le comportement animal. La protéine agouti est aussi présente dans le cerveau, où elle bloque les neurotransmetteurs connus pour avoir des effets potentiels sur le comportement et la physiologie. Les animaux agoutis ont différents profils de neurotransmetteurs (catécholamines) impliqués dans le stress et des glandes surrénales plus larges que les animaux non-agoutis (Hanson, 2006).

#### **4.3.2 Les marqueurs dus à l'activation de l'axe corticotrope**

L'activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-corticosurrénalien lors d'un stress se traduit par la sécrétion plasmatique d'ACTH puis de cortisol (ou corticostérone suivant l'espèce considérée). La plupart des études sur le stress utilisent le taux de cortisol plasmatique comme marqueur. De plus le cortisol peut également être dosé dans la salive (Mormède, 1988). Son taux est alors au moins deux fois plus faible que dans le sang mais il présente une excellente corrélation avec ce dernier puisque seul le cortisol libre diffuse jusqu'aux glandes salivaires. Les dosages de cortisol se font selon deux méthodes : la RIA, ou méthode radioimmunologique, et l'EIA, ou méthode immunoenzymologique (Brisville, 2006).

La réponse en ACTH lors d'un stress aigu a été étudiée notamment par Veissier et al. (1999). Un stress aigu est provoqué par l'administration de doses croissantes de CRH (+/- vasopressine) par voie veineuse à des veaux. La réponse en ACTH intervient plus tôt que la réponse en cortisol. De plus, les auteurs constatent que le pic de cortisol atteint un maximum mais s'élargit avec l'augmentation de la dose de CRH et donc du stimulus. Le pic d'ACTH par contre ne semble pas avoir de valeur maximale et continue à croître avec la dose de CRH, mais la persistance du pic n'augmente pas. On voit ici la labilité de la réponse en ACTH. L'ACTH ne peut être dosé que dans le plasma car sa nature peptidique empêche sa diffusion passive à travers les membranes. Ainsi les concentrations plasmatiques de cortisol et d'ACTH sont des marqueurs du stress aigu assez simples d'utilisation. Les dosages se font facilement en routine. Les variations de l'ACTH imposent des prises de sang à intervalles très rapprochés pour être interprétables, puisqu'elles sont limitées dans le temps. On peut préférer poser un

cathéter pour éviter le biais de la contention pour la prise de sang (Hay, 1999). Les variations du cortisol interviennent par contre plus tardivement et leur persistance est plus longue. Cependant si on veut vraiment corrélérer la réponse en cortisol à l'intensité du stress, il est nécessaire de considérer l'aire sous la courbe car le pic est d'autant plus long que le stimulus est intense. Enfin il apparaît qu'il est toujours nécessaire de comparer un lot expérimental avec un lot témoin soumis à la même contention de façon à réellement évaluer le stress provoqué par l'intervention étudiée et pas celui provoqué par la contention et l'intervention.

2<sup>ème</sup> Partie : **MATERIELS & MÉTHODES**

## CADRE D'ÉTUDE

Les animaux ont été hébergés à la Station d'Élevage d'Aulacodes de Godomey (SEAG). Le dosage du glucose a été effectué dans le Laboratoire de Biomembranes et Signalisation Cellulaire de la Faculté des Sciences et Techniques (FAST) de l'Université d'Abomey-Calavi. Le dosage des catécholamines par HPLC a été réalisé à l'Unité de Biologie Fonctionnelle et Adaptative – CNRS UMR 8251 à l'Université Paris 7 Diderot (France).

## CHAPITRE 5: MATÉRIELS

### 5.1 Matériel animal



Photo 4 : Un spécimen du matériel animal

#### 5.1.1 Critères d'inclusion et d'exclusion dans le choix du matériel animal

Le matériel animal est constitué d'aulacode (*T. swinderianus*) en cours de domestication. Pour être choisis et faire objet d'étude, les aulacodes doivent avoir un âge compris entre trois et cinq mois. Ils doivent appartenir à un élevage installé à partir du noyau initial de la station d'élevage de Godomey (SEAG). Les aulacodes sauvages ou de sources non identifiées dans un élevage ont été exclus du travail.

#### 5.1.2 Composition du matériel animal

Le matériel animal est constitué de 284 aulacodes de base dont 93 mâles et 191 femelles issus des départements: Atacora, Atlantique, Mono, Littoral et Zou (figure

18) ainsi que de 68 descendants de première génération dont 33 mâles et 35 femelles. Les animaux étaient âgés de trois à cinq mois au moment de l'échantillonnage.

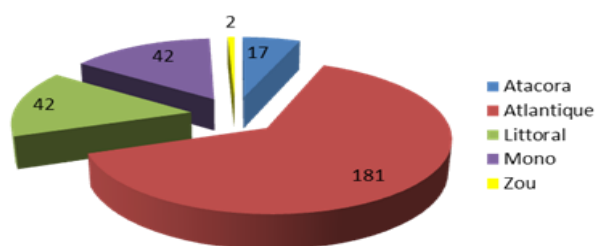


Figure 18: Effectif du cheptel par département

La répartition par sexe et par localités de provenance des géniteurs est résumée dans la figure 19.

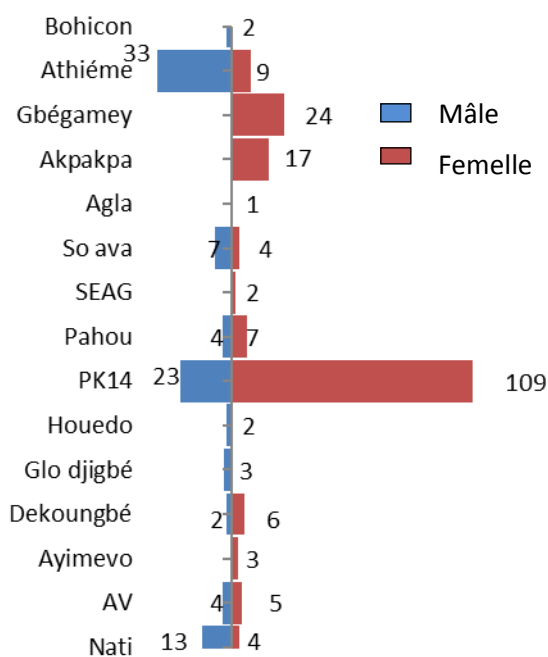


Figure 19: Répartition par sexe et par localité des géniteurs

### 5.1.3 Gestion des animaux et manipulations

#### *Condition d'hébergement, alimentation et abreuvement*

Les animaux sont hébergés dans des enclos (Mensah et Ekue, 2003) construits dans deux bâtiments différents. Les enclos sont éclairés par la lumière du jour. La luminosité varie de 11h à 13h. L'obscurité, également variable oscille entre 13 h et

11h. Les femelles sont logées dans des enclos collectifs. Les mâles sont logés dans les enclos collectifs ou individuels. Les enclos collectifs sont des batteries à trois étages. Chaque étage comprend deux loges communicantes de dimension 0,64 m<sup>2</sup> sur une hauteur de 45 cm. Les cages individuelles sont également disposées en étages de 0,64 m<sup>2</sup> sur une hauteur de 45 cm sans aucune communication entre elles. Les enclos collectifs hébergent par étage un groupe de 4 à 6 animaux (mâles et femelles) dont l'âge varie entre 3 et 5 mois tandis que les enclos individuels contiennent chacun un mâle ayant atteint la puberté (6 mois) et destiné à subir le test de docilité.

Les animaux sont nourris deux fois par jour. Leur alimentation est composée de fourrage vert et de concentré. Le fourrage vert utilisé est constitué de *Pennisetum purpureum*, de *Panicum maximum* et de *Leucaena leucocephala* selon la disponibilité de chaque espèce. Les animaux reçoivent le fourrage en premier repas tous les matins après nettoyage de leur enclos. Le concentré par contre est constitué d'un mélange de grain de maïs (21,0%), de son de blé (43,4%), de drêche de brasserie (26,0%), de tourteau de palmiste (3%) de tourteau de soja (5%), de sel de cuisine (0,5%), de coquilles d'huîtres (1%) et de polyvitamines (0,1%). Le concentré constitue le deuxième repas journalier des animaux et est servi à 16h. La ration alimentaire quotidienne en concentré est d'environ 60 à 80 grammes pour les adultes et de 40 grammes approximativement pour les subadultes. Le concentré et l'eau sont respectivement servis aux animaux dans des mangeoires et des abreuvoirs de forme rectangulaire, faits à base de ciment.

### ***Identification des animaux, pesée et accouplement***

Le marquage des animaux avec la pose de boucle à l'oreille a été réalisé à l'aide de la pince HAUPTNER. Les pesées ont été effectuées avec une balance Five Goats. Le déplacement des animaux de leur enclos pour une manipulation se fait dans des cages de contention (30 x 15 x 12 cm pour les animaux dont le poids est inférieur à 2kg ou 44 x 22 x 16 cm pour ceux ayant un poids compris entre 2 et 5 kg).

Les animaux sont accouplés dès l'âge de 5 mois pour les femelles et 6 mois pour les mâles. Le mâle est introduit dans un enclos collectif de quatre (04) femelles et y

séjourne avec elles pendant 1 mois. Au terme de la période d'accouplement, le mâle est séparé des femelles et retourné dans son enclos initial.

## **5.2 Matériels techniques**

### **5.2.1 Matériels de prélèvement**

Le matériel de prélèvement est constitué de seringues à usage unique de 10 ml, de tube à anticoagulant EDTA de 5 ml.

### **5.2.2 Matériel de désinfection et d'anesthésie**

Le matériel de désinfection est constitué d'alcool à 95°, du coton et des tubes de conservation de 1,8 ml. Le matériel d'anesthésie est constitué de seringues de 1ml, de chlorhydrate de xylazine (ROMPUN<sup>ND</sup>) et de chlorhydrate de kétamine (KETAVET<sup>ND</sup>) comme anesthésique. Les deux substances sont utilisées à volume égal dans la même seringue à la dose de 0,1 ml/kg de poids vif.

### **5.2.3 Matériel de centrifugation et de froid**

Le matériel de centrifugation et de froid est constitué d'une centrifugeuse de marque SIGMA 204 de Bioblock Scientific, d'un congélateur de marque ARTHUR MARTIN Electrolux et d'un récipient isotherme contenant de la glace pour le transport des échantillons de la station d'élevage au laboratoire d'analyse.

### **5.2.4 Matériel d'analyse**

Le matériel d'analyse comprend un spectrophotomètre de marque KENZA MAX Biochemistry de Biolabo Diagnostics, un chromatogramme de phase liquide, des micropipettes de marque Gilson, des portoirs pour tubes à hémolyse, des tubes eppendorf, des cônes et des réactifs.

## CHAPITRE 6: MÉTHODES

### 6.1 Test de docilité ou comportemental

Le test de docilité a été effectué sur tous les géniteurs et les descendants mâles et femelles par la méthode de scoring utilisant une grille comportementale (Kukekova et al., 2008; Albert et al., 2009). On s'approche de l'animal en cage en essayant de le caresser. L'animal reçoit la note de 1 à 4 selon sa réaction (Tableau 6). La même personne réalise le test durant toute la période expérimentale. Le test a lieu tôt le matin entre 6h et 7h. Le test de docilité a été répété cinq fois à intervalle régulier de deux (02) mois.

Tableau VI : Grille d'évaluation de la docilité des aulacodes

Comportement de l'animal	Note
▪ l'animal se laisse caresser sans bouger	1
▪ L'animal se laisse caresser tout en bougeant	2
▪ L'animal refuse de se faire caresser	3
▪ L'animal panique à la vue de l'observateur	4

### 6.2 Prélèvement sanguin et préparation du matériel biologique

Trente-six (36) géniteurs mâles choisis en fonction de leur docilité et de la couleur de la robe ont été prélevés. Neuf animaux sont choisis par niveau de docilité. Au sein de chaque niveau, trois animaux de chaque coloration ont sélectionnés (3\*3). Ce prélèvement sanguin se fait sous anesthésie. A ce effet, l'animal reçoit une injection du mélange anesthésique en intramusculaire à la base de la queue. Trois minutes après l'injection, le sang est prélevé par ponctions cardiaque (Farougou, 1992). Le sang recueilli dans des tubes EDTA est remué puis transporté au laboratoire pour être centrifugé. La centrifugation est effectuée le même jour à 3000 tr/mn pendant 10 minutes. Le plasma, séparé du culot et mis dans tubes eppendorf est conservé à - 18°C au congélateur jusqu'à utilisation.

## 6.3 Analyses de Laboratoire

### 6.3.1 Dosage du glucose

La concentration plasmatique du glucose est déterminée par colorimétrie avec le glucose GOD-PAP (Glucose oxydase 4-Phénol 4-aminoantipyrine) de BIOLABO par la méthode de Trinder (1969) selon le principe et le mode opératoire suivants:

#### ▪ Principe

Le glucose est oxydé par la Glucose Oxydase (GOD) en acide gluconique et en peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) qui réagit en présence de peroxydase (POD) avec le chloro-4-phénol et le 4-Phénol 4-aminoantipyrine (PAP) pour former une quinonéimine rouge. L'absorbance du complexe coloré, proportionnelle à la concentration en glucose dans le spécimen est mesurée à 500 nm.

#### ▪ Mode opératoire

Les réactifs et spécimens sont ramenés à température ambiante. Le mode opératoire est résumé dans le tableau ci-dessous.

	Cuvettes de 1 cm de trajet optique		
	Blanc	Etalon	Dosage
Réactif	1mL	1mL	1mL
Eau distillée	10µL		
Etalon		10µL	
Spécimen			10µL

Le dosage est incubé pendant 20 minutes à température ambiante. Les absorbances sont ensuite lues à 500 nm contre le blanc.

### 6.3.2 Dosage des catécholamines et de leurs dérivés

Le dosage des catécholamines (Dopamine, Adrénaline, Noradrénaline) et de leurs dérivés (DihydroxyPhénylAcetic acid, acide 5-hydroxyindoleacétique) a été effectué par chromatographie Liquide à Haute Performance (HPLC) selon la procédure SPE (Mormède, 1984). Différents volumes de plasmas d'aulacodes ont été filtrés sur colonne HLB, puis les colonnes ont été lavées avec solution H<sub>2</sub>O (HPLC MS grade). L'élution a été faite avec deux fois 500 µL de méthanol (HPLC MS grade).

L'ensemble des éluions a été lyophilisé et repris dans 100 µL de la phase de chromatographie.

## 6.4 Traitement et analyses statistiques des données

### 6.4.1 Analyses de variances et analyses factorielles des correspondances multiples

L'analyse statistique des données a été réalisée par le logiciel SAS 2009 utilisant les procédures GLM pour l'analyse des variances et CORRESP pour l'analyse factorielle des correspondances multiples. Pour l'analyse des variances, les variables dépendantes sont: les concentrations (ng/ml) d'adrénaline, de noradrénaline, de dopamine, de DOPAC et de 5-HIAA et de glucose (g/l). Les facteurs étudiés sont: la docilité (DOC) et la couleur de la robe (COAT COLOR). Pour le test de signification des différences entre modalités des facteurs étudiés, la méthode DUNCAN a été utilisée. Pour l'analyse en correspondance multiple, trois modalités correspondant aux niveaux faible, moyen et élevé de chaque variable étudiée sont définies. Pour la variable adrénaline (ADR) par exemple, les catégories ADR\_S, ADR\_M et ADR\_L correspondent respectivement aux niveaux faible, moyen et élevé de concentration. Le classement d'une valeur  $x$  de concentration s'effectue selon les cas suivants:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{faible} & \text{si } x - \bar{x} < \hat{\sigma}_x \\ \text{moyenne} & \text{si } |x - \bar{x}| \leq \hat{\sigma}_x \\ \text{élevée} & \text{si } |x - \bar{x}| > \hat{\sigma}_x \end{array} \right.$$

où  $\bar{x}$  est la moyenne arithmétique et  $\hat{\sigma}_x$ , l'écart-type standard de la concentration d'adrénaline au sein de l'échantillon. Les niveaux de concentration des autres paramètres considérés se déduisent d'une manière analogue. Quant au caractère docilité, les niveaux DOC\_S, DOC\_M et DOC\_L correspondent aux scores faible, moyen et élevé de docilité où le score le plus élevé correspond aux animaux froussards, le score moyen aux animaux modérément dociles et le score faible aux animaux très dociles. S'agissant de la variable couleur de la robe, les nuances gris foncé (DARK GREY), brun foncé (NORMAL) et gris pâle (LIGHT GREY) présentes chez les aulacodes échantillonnés ont été considérées. Pour être explicable sur un axe,

une variable doit à la fois avoir une forte contribution ( $\geq 1/n$ ,  $n$  étant le nombre total de niveaux de variables considérées) et une forte qualité de représentation ( $\geq 30\%$ ).

#### **6.4.2 Evaluation des paramètres génétiques**

L'évaluation des paramètres génétiques de la population a été réalisée grâce à la procédure AM – REML du **logiciel WOMBAT** (Meyer, 2007). Les paramètres génétiques concernés sont: les coefficients d'héritabilité des caractères poids au 4<sup>ème</sup> mois (P4), poids au 8<sup>ème</sup> mois (P8), docilité (DOC) et taille de portée (TAIL) et les coefficients de corrélations génétiques et phénotypiques entre ces caractères.

**3<sup>ème</sup> Partie : PRÉSENTATION DES  
RÉSULTATS ET DISCUSSIONS**

## CHAPITRE 7 : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS PARTIELLES

### 7.1 Paramètres génétiques de la population

#### 7.1.1 Héritabilité

Les valeurs de coefficient d'héritabilité trouvées pour les caractères ciblés par la sélection chez les aulacodes sont résumées dans le tableau 7.

Tableau VII : Coefficients d'héritabilité (moyennes  $\pm$  écarts-types) des caractères pondéraux (P4, P8) comportementaux (DOC) et de reproduction (TAIL) chez les aulacodes.

Caractères	Symbole	CoH
Poids au 4 <sup>ème</sup> mois	P4	0,52 $\pm$ 0,14
Poids au 8 <sup>ème</sup> mois	P8	0,58 $\pm$ 0,12
Docilité	DOC	0,20 $\pm$ 0,06
Taille de portée	TAIL	0,12 $\pm$ 0,04

Les poids au 4<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> mois présentent un coefficient d'héritabilité élevé tandis que la docilité et la taille de portée présentent une héritabilité faible.

Les coefficients d'héritabilité obtenus sont proches des moyennes de la littérature pour le poids (Schrage, 1990), la docilité (Benhajali et al., 2009) et la taille de portée (Huby et al., 2003).

#### 7.1.2 Corrélations génétiques et phénotypiques avec les paramètres de production et de reproduction

Les coefficients de corrélations génétiques et phénotypiques, en rapport avec les paramètres de production et de reproduction sont présentés dans le tableau 8.

Tableau VIII: Coefficients de corrélations génétiques (en haut) et phénotypiques (en bas) des caractères pondéraux (P4, P8) comportementaux (DOC) et de reproduction (TAIL) chez les aulacodes.

Caractères		P4	P8	DOC	TAIL
Poids au 4 <sup>ème</sup> mois	P4	-	0,44	- 0,07	0,16
Poids au 8 <sup>ème</sup> mois	P8	0,65	-	- 0,34	0,32
Docilité	DOC	- 0,05	- 0,1	-	-
Taille de portée	TAIL	0,21	0,3	-	-

Au-dessus de la diagonale, se trouvent les coefficients de corrélation génétique et en dessous, les coefficients de corrélation phénotypique. Les poids au 4<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> mois sont positivement corrélés entre eux et avec la taille de portée mais négativement corrélés avec la docilité des aulacodes. Les corrélations génétique et phénotypique entre les poids sont moyennement à fortement positives mais faiblement positives avec la taille de portée. Par contre, les poids au 4<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> mois présentent des corrélations génétique et phénotypique négatives avec la docilité. Les corrélations génétiques et phénotypiques entre le poids au 4<sup>ème</sup> mois et la docilité sont plus faibles (en valeur absolues) que celles entre le poids au 8<sup>ème</sup> mois et la docilité. En conséquence, le test de docilité sera plus fiable chez les animaux adultes que chez les animaux juvéniles.

La présente étude a révélé un coefficient d'héritabilité élevé pour le caractère poids au 4<sup>ème</sup> mois ( $0,52 \pm 0,14$ ) et au 8<sup>ème</sup> mois ( $0,58 \pm 0,12$ ) mais faible pour la docilité ( $0,2 \pm 0,06$ ) et la taille de portée ( $0,12 \pm 0,04$ ). La très faible valeur d'héritabilité de la taille de portée en relation avec les faibles corrélations génétique et phénotypique montre la difficulté d'une sélection visant à augmenter la taille de portée des aulacodes femelles. Compte tenu de la corrélation génétique et phénotypique négative entre la docilité et le poids, on pourrait s'attendre à une réponse corrélative du poids par la sélection sur la docilité ou vice versa. Une sélection basée sur ce caractère en rapport avec le poids serait donc efficace. Par contre, l'héritabilité élevée et la corrélation positive entre les poids montrent l'existence d'une variabilité phénotypique forte du poids des animaux (Huby et al., 2003).

## **7.2. Paramètres physiologiques indicateurs de stress**

### **7.2.1 Valeurs moyennes des concentrations plasmatiques des neurotransmetteurs (adrénaline, noradrénaline), du glucose et corrélations avec la docilité**

Les concentrations moyennes plasmatiques de catécholamines (adrénaline, noradrénaline) de glucose ainsi que les notes de docilité obtenues figurent dans le tableau 9.

Tableau IX : Valeurs moyennes des paramètres physiologiques dosés et matrice des corrélations multiples

	<b>Adrénaline</b> ADR (ng/ml)	<b>Noradrénaline</b> NADR (ng/ml)	<b>Glycémie</b> GL (g/l)	<b>Docilité</b> DOC (note)
<b>Moyenne ± SEM</b>	0,029 ± 0,003	0,597 ± 0,072	1,468 ± 0,150	1,988 ± 0,137
<b>Corrélations multiples</b>				
<b>ADR</b>				
<b>NADR</b>	0,4735			
<b>GL</b>	- 0,2091	- 0,1641		
<b>DOC</b>	0,3743	0,1418	0,2996	

Dans le tableau figurent les moyennes des paramètres physiologiques dosés et les matrices de corrélations multiples. Ce tableau montre une corrélation positive entre adrénaline et noradrénaline d'une part et entre ces deux catécholamines et la docilité d'autre part. Aussi montre-t-il une corrélation positive entre glycémie et docilité mais négative entre la concentration plasmatique des catécholamines (adrénaline et noradrénaline) et celle du glucose.

### 7.2.1.1 Glycémie

La valeur moyenne de glycémie enregistrée dans la présente étude (Tableau 9) est proche de celles trouvées par Farougou (1992) Akpona (1992) pour l'aulacode. Elles varient de 1,47 g/l à 2,32 g/l chez le premier auteur et de 1,13 g/l à 2,6 g/l chez le second. Chez l'agouti (*Dasyprocta leporina*), Clark (1986) a signalé des résultats similaires de (1,56 g/l). Chez le lapin (*Oryctolagus cuniculus*), Coudert et al. (1989), ont rapporté une glycémie moyenne de 1,6 g/l. Wirth-Dzięciółowska et al. (2009) ont dosé chez la souris de laboratoire (*Mus musculus*) une valeur moyenne de 1,3 g/l pour la glycémie. Chez les ruminants, Al-Qarawi et al. (2004) et Padilla et al. (2000) ont rapporté des valeurs moyennes plus faibles de glycémie, soit respectivement 0,61 g/l chez l'agneau (*Ovis aries*) et 0,9162 g/l chez le cerf (*Cervus elaphus*).

### 7.2.1.2 Adrénaline

Les concentrations plasmatiques d'adrénaline (Tableau 9) obtenues chez les aulacodes étudiés sont comparables à celles enregistrées par Unceta et al. (2001) et Sabbioni et al. (2004) chez le rat. Chez ces deux auteurs, elles varient de 0,02 à 0,6 ng/ml. Des

valeurs plus élevées (de 0,07 à 1,2 ng/ml) ont été rapportées par Künzl et al. (1999 ; 2003) chez les cobayes (*Cavea aperea*), De Boer et al. (1987; 1990) et Enigk et al. (2014) chez les rats et Wang et al. (1999) chez les rats et les souris. D'autres valeurs plus élevées sont également documentées sur le mouton chez Thompson et al. (1977), Paulick et al. (1988), Coburn et al. (2010), soit respectivement 0,07 ng/ml ; 0,3 ng/ml et 1,2 ng/ml. Chez le requin (*Alopias vulpinus*), Hight et al. (2007) ont signalé des concentrations d'adrénaline pouvant atteindre 20,331 ng/ml. Les concentrations d'adrénaline enregistrées par Ambad et al. (2009) chez des personnes dépressives (0,036 ng/ml) sont cependant proches de celles trouvées dans la présente étude. Les concentrations d'adrénaline trouvées par Helge et al (2003) chez les personnes stressées (0,128 ng/ml) sont comparativement plus élevées.

### **7.2.1.3 Noradrénaline**

Les concentrations de noradrénaline trouvées dans le présent travail sont proches de celles documentées chez Unceta et al. (2001), et Sabbioni et al. (2004) sur les rats. Chez ces deux auteurs, les valeurs de référence varient de 0,07 à 0,94 ng/ml. Cependant, le taux plasmatique de noradrénaline enregistré dans la présente étude est en moyenne supérieur à celui rapporté par Wang et al. (1999) sur la souris (0,38 ng/ml), de même que De Boer et al. (1987, 1990) sur des rats en état de stress (0,349 ng/ml et 0,409 ng/ml), Thompson et al. (1977) chez les moutons non stressés (0,24 ng/ml), Helge et al. (2002) chez les sujets humains non actifs (0,219 ng/ml) ainsi que Ambad et al. (2009) chez les personnes déprimées (0,209 ng/ml et 0,386 ng/ml). La concentration plasmatique moyenne de noradrénaline dosée dans la présente étude est comparable à celle trouvée par Künzl et al. (1999) chez des cobayes non agressifs (0,4 ng/ml) mais inférieure à celles rapportées par le même auteur chez les cobayes agressifs (Künzl, 2003). Des concentrations plasmatiques ou sériques de noradrénaline supérieures à la nôtre ont été également rapportées par Enigk et al. (2014) chez les rats (2,979 ng/ml et 4,453 ng/ml), Coburn et al. (2010) (0,6 ng/ml et 1,4 ng/ml) et Paulick et al. (1988) (0,66 ng/ml) chez les mouton, Hight et al. (2007) chez le requin (22,07 ng/ml), Helge et al. (2002) chez les personnes très actives (0,743 ng/ml) et Wang et al. (1999) chez les rats (0,73 ng/ml).

Par ailleurs, les résultats des tests de corrélations multiples présentés dans le tableau 9 montrent que les catécholamines (adrénaline et noradrénaline) sont positivement corrélées entre elles et avec la docilité. Ceci pourrait expliquer la forte concentration plasmatique de catécholamines chez les animaux. Ces deux catécholamines sont par contre négativement corrélées à la concentration plasmatique de glucose. Mais la glycémie est positivement corrélée à la docilité. Ceci est également en accord avec la glycémie élevée enregistrée chez les animaux paniquards dans la présente étude. En récapitulatif, les corrélations multiples montrent que les catécholamines sont positivement corrélées entre elles et avec la docilité mais négativement corrélées avec la glycémie.

### **7.2.2 Analyse des correspondances multiples entre la docilité, les neurotransmetteurs et la glycémie**

L'analyse factorielle des correspondances multiples a permis de dégager deux axes 1 (dim2) et 2 (dim1) expliquant 75% de l'inertie totale. Comme le montre la figure 20, l'axe 1 oppose les aulacodes paniquards caractérisés par une concentration plasmatique de catécholamine et de glucose élevée aux aulacodes très dociles dont le taux d'adrénaline est faible et la glycémie moyenne. L'axe 2 oppose les aulacodes à faible taux plasmatique de noradrénaline aux animaux à concentration moyenne, voire élevée de noradrénaline. L'axe 1 est déterminé par les catécholamines libérées par la médullosurrénale (adrénaline) tandis que l'axe 2 est déterminé par les catécholamines de l'orthosympathique (Noradrénaline).

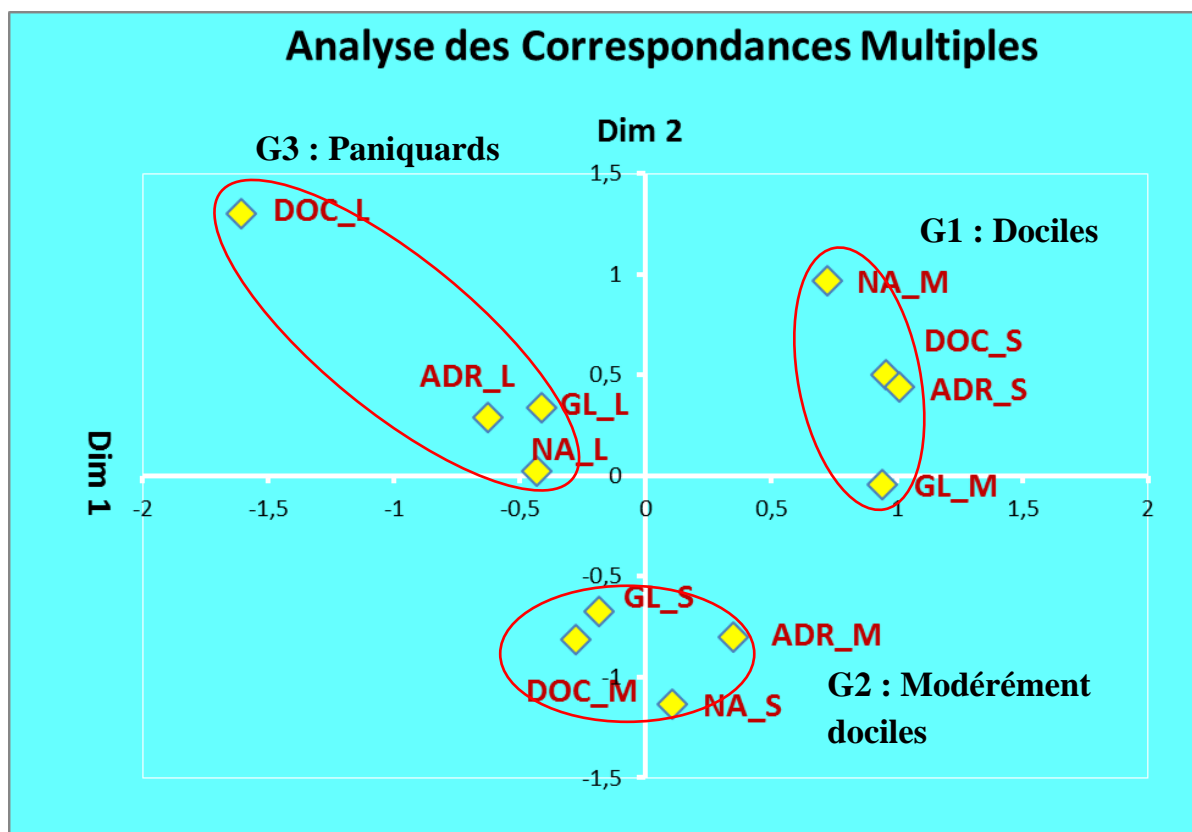


Figure 20: Résultat de l'ACM et regroupement des animaux selon les niveaux de catécholamines, de glycémie et de docilité.

En somme, l'analyse factorielle des correspondances multiples a permis de mettre en évidence trois groupes d'aulacodes (G1, G2, G3) selon les niveaux des doses de catécholamines et la docilité (Figure 20).

Les animaux du groupe 1 (G1) appelés aulacodes très dociles, ont une note de docilité faible, inférieure à 1,5, une concentration plasmatique d'adrénaline faible, inférieure à 0,02 ng/ml, un taux plasmatique moyen de noradrénaline compris entre 0,32 et 0,465 ng/ml. Leur taux de glucose sanguin également moyen est compris entre 0,8 et 1,365 g/L. Le groupe 2 (G2), est constitué des aulacodes modérément dociles. Ils ont une note de docilité moyenne comprise entre 1,5 et 3. Leur concentration plasmatique d'adrénaline est comprise entre 0,02 et 0,025 ng/ml. Mais ils ont une faible concentration plasmatique de noradrénaline (< 0,32 ng/ml) et de glucose (< 0,8 g/l). Le groupe 3 (G3) est constitué d'aulacodes paniquards (non dociles). Leur note de docilité est très élevée ( $\geq 3$ ). Ils ont une concentration plasmatique d'adrénaline et de noradrénaline très élevée ( $\geq 0,025$  et 0,465 ng/ml respectivement). Leur glycémie est

également très élevée ( $\geq 0,8$  g/l). On peut dire que les résultats de l'ACM permettent de différencier sans ambiguïté les individus du groupe 1 (très dociles) à ceux du groupe 3 (paniquards).

Les résultats sont en accords avec ceux de Higashiyama et al. (2009), Coburn et al. (2010) et Enigk et al. (2014), qui ont montré qu'il existe une différence significative entre les tempéraments des animaux en relation avec la libération des catécholamines. Ces résultats montrent donc une montée de la concentration plasmatique des catécholamines et du glucose chez les sujets paniquards, comparativement aux sujets calmes (dociles). Or les concentrations d'adrénaline et de noradrénaline reflètent la réactivité du Système Nerveux Autonome (SNA) (Künzl, 2003) et celle du glucose traduit le métabolisme énergétique au sein des êtres vivants.

En effet, l'augmentation de la concentration des catécholamines et du glucose constatée chez les animaux stressés montre l'existence d'une activité psychologique en réponse aux changements de l'environnement (De Boer, 1990). Ici, cet environnement est représenté par la présence humaine à laquelle l'animal doit s'adapter. La réaction de l'animal est due à la stimulation du système orthosympathique et de la médullosurrénale qui libèrent respectivement la noradrénaline et l'adrénaline, laquelle (adrénaline) accélère les rythmes cardiaque et respiratoire afin de fournir l'oxygène nécessaire aux muscles, et stimuler par la même occasion la glycolyse (d'où l'augmentation de la glycémie) pour fournir l'énergie nécessaire à une éventuelle fuite.

La faible concentration des catécholamines chez les sujets dociles traduit une réduction de la réactivité du SNA (Künzl, 1999). Cette réactivité réduite pourrait être la conséquence physiologique de la diminution de la vigilance, de la nervosité et de la sensibilité (Künzl, 2003) des aulacodes dociles comparativement à leurs homologues froussards. Elle est nécessaire pour permettre aux aulacodes de s'adapter à leur environnement captif.

### 7.2.3 Analyse de correspondances multiples entre la docilité, la couleur de la robe, les neurotransmetteurs et métabolites associés ainsi que la glycémie

Le lien entre les différents paramètres considérés dans le cadre de ce travail a été établi par l'analyse factorielle des correspondances multiples. Cette analyse a permis de dégager deux axes 1 et 2 expliquant 56% de l'inertie totale (Figure 21). Sur l'axe 1, seront expliquées les variables GL\_M, GL\_S, NA\_L, NA\_M, NA\_S, ADR\_L, ADR\_M, DOP\_M, DOP\_S, DA\_M, 5HIAA\_L, 5HIAA\_S, DARK GREY, LIGHT GREY, NORMAL. Par contre, les variables DOC\_L, DOC\_M, DOC\_S, GL\_L, ADR\_S, DOP\_L, DA\_L, DA\_S, 5HIAA\_M seront expliquées sur l'axe 2.

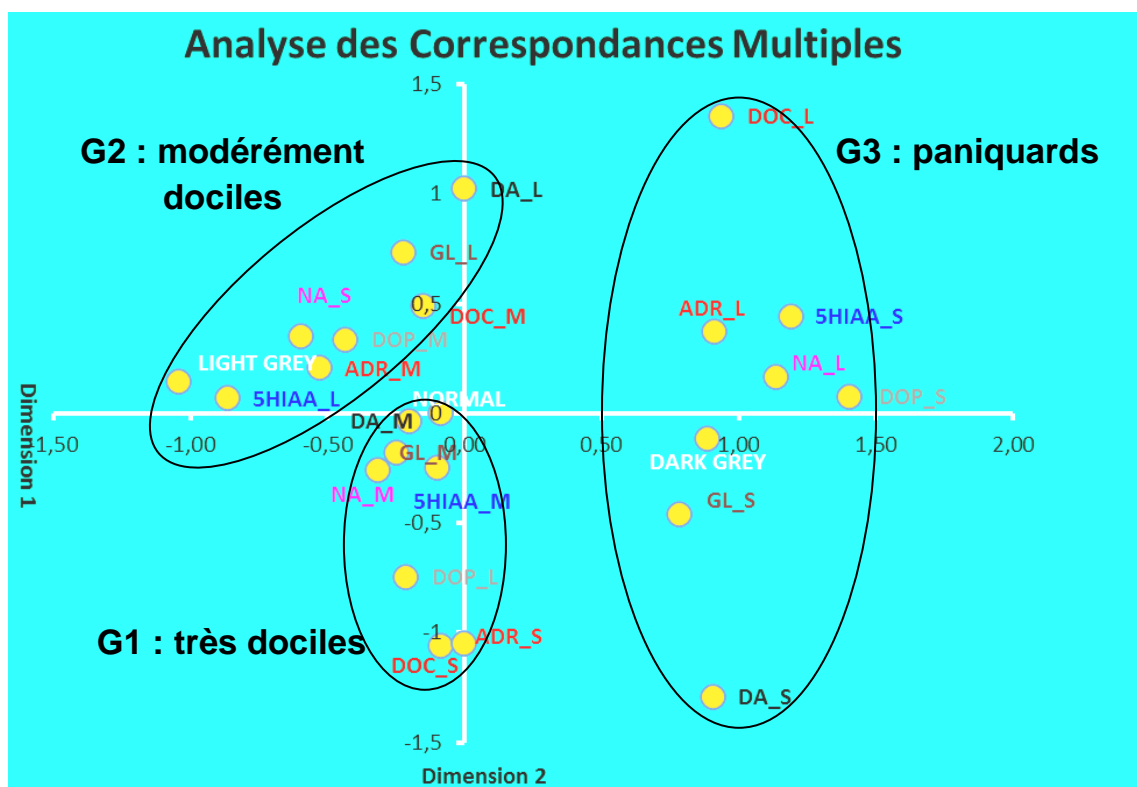


Figure 21: Discrimination des animaux selon tous les paramètres étudiés

L'axe 1 (Dimension 2) oppose les aulacodes gris foncés à tempérament agressifs (Paniquards) caractérisés par un taux très élevé en adrénaline et en noradrénaline aux aulacodes gris pâle (modérément docile) et normal (très dociles) (Figure 21). L'axe 2 (Dimension 1) oppose les aulacodes très dociles à concentration faible d'adrénaline aux aulacodes modérément dociles et aux paniquards ayant respectivement une

concentration moyenne et très élevée d'adrénaline. L'axe 1 est donc déterminé par la couleur de la robe et les catécholamines libérées par l'orthosympathique (Noradrénaline) tandis que l'axe 2 est déterminé par le tempérament des animaux et les catécholamines libérées par la médullosurrénale (adrénaline).

L'analyse factorielle des correspondances multiples (Figure 21) met donc en évidence trois groupes d'animaux au sein des aulacodes étudiés, selon les caractères considérés dans le cadre de la présente étude.

Le premier groupe d'aulacode à pelage normal (G1), est constitué des animaux très dociles caractérisés par une concentration d'adrénaline très faible. Leur taux plasmatique de noradrénaline, de glucose, de dopamine et de 5-HIAA est moyen. En revanche, ces animaux présentent une concentration très élevée en DOPAC. Les animaux du groupe 2 (G2) ayant un pelage gris pâle sont modérément dociles avec une libération moyenne d'adrénaline et de DOPAC. Les taux plasmatiques de glucose, de dopamine et de 5-HIAA des aulacodes de ce groupe sont très élevés. Cependant, ils libèrent très peu de noradrénaline. Le troisième groupe (G3), celui des paniquards, est constitué des animaux à pelage gris foncé. Les sujets de ce groupe produisent une forte quantité de catécholamine (adrénaline et noradrénaline) et un taux très faible de dopamine, de glucose, de DOPAC et de 5-HIAA. Les fortes concentrations de catécholamines observées dans ce groupe montrent alors que ces animaux ont une réactivité endocrinienne plus élevée, les opposant au groupe des dociles dont le pelage est brun foncé. La réactivité du système nerveux autonome de ce groupe est très faible.

En terme clair, cette analyse factorielle des correspondances multiples discrimine les trois groupes d'animaux selon leur pelage et leur réactivité neuroendocrinienne. Elle oppose principalement les pelages gris foncé (G3) à réactivité endocrinienne très élevée (fortes concentration de catécholamines) aux pelages normal ou brun foncé (G1) ayant une réactivité faible. Il ressort donc de cette analyse que les aulacodes paniquards (réactifs) sont caractérisés par un pelage gris foncé tandis que les dociles sont ceux ayant la coloration normale.

La figure 21 met également en évidence une corrélation entre la dopamine et la 5-HIAA (métabolite de la sérotonine). En effet, dans le groupe 3, on constate qu'une

faible concentration de dopamine est associée à une faible concentration de 5-HIAA. Dans le groupe 2, la concentration élevée de dopamine est corrélée à la concentration élevée de 5-HIAA et dans le groupe 1, la concentration moyenne de dopamine est également associée à la concentration moyenne de 5-HIAA. Il ressort donc de cette observation que la dopamine et la 5-HIAA sont positivement corrélées entre elles. Or la 5-HIAA est le principal métabolite de la sérotonine. Sa présence témoigne ainsi celle de son précurseur.

La corrélation positive entre la dopamine et la 5-HIAA peut être comprise comme une corrélation entre la dopamine et la sérotonine qui sont souvent associées dans la genèse des comportements agressifs (Dongju, 2008 ; Miczek, 2002) à faible concentration (Heerbert, 2001). Ainsi donc, les faibles concentrations de dopamine et de 5-HIAA observées chez les aulacodes à pelage gris foncé confirment le tempérament agressif des animaux de ce groupe.

Les tests de signification subséquentes à l'ACM apportent une réponse à la question de savoir "si les différents critères ayant servi au regroupement des animaux dans les trois catégories G1, G2, G3 sont suffisamment discriminatoires pour séparer les animaux dociles des non dociles". En effet, les variables ADR, DOC et COAT ont servi à définir les trois groupes. Il convient alors de tester la signification du facteur groupe pour la variation de ces variables. Les résultats correspondant sont représentés par les figures 22, 23, 24.

#### ***Signification de l'effet groupe sur la concentration d'adrénaline***

La concentration plasmatique d'adrénaline varie considérablement d'un groupe à l'autre (Figure 22).

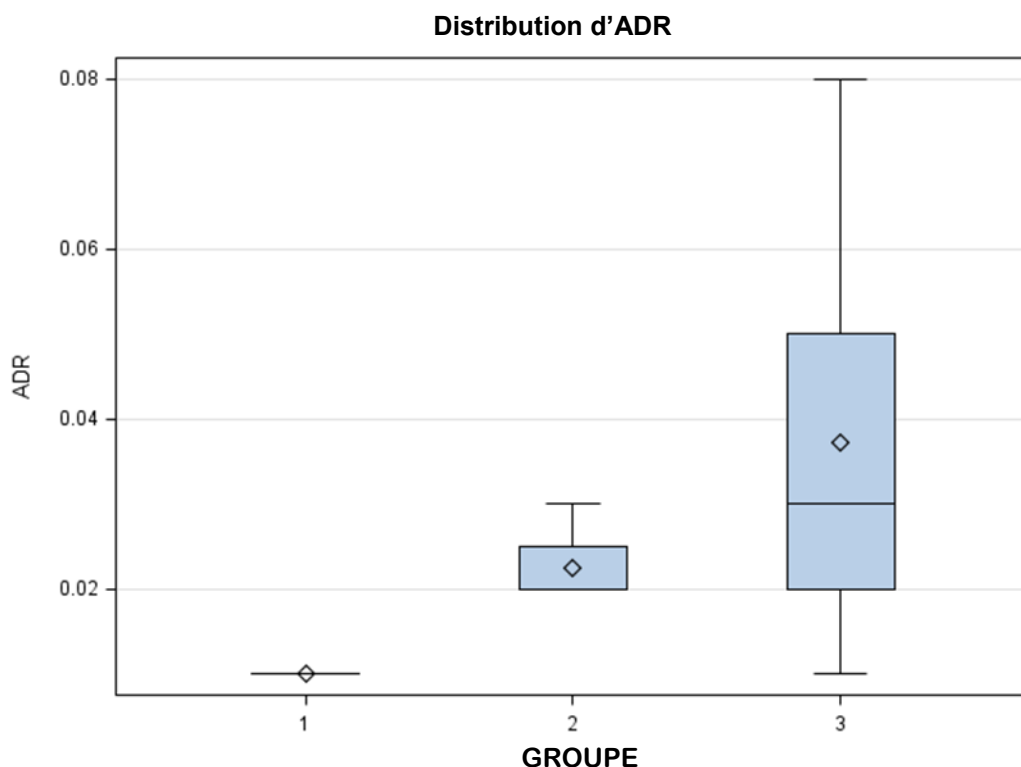


Figure 22 : Variation de la concentration plasmatique d'adrénaline des aulacodes en fonction des trois groupes

La concentration plasmatique d'adrénaline est très faible dans le groupe 1 et très élevée dans le groupe 3. La différence entre les concentrations d'adrénaline des différents groupes est très significative ( $p < 0,01$ ). Ce qui suggère que la concentration d'adrénaline est suffisamment discriminatoire pour le classement des individus dans les trois groupes.

### ***Signification de l'effet groupe sur la docilité***

La docilité varie d'un groupe d'animaux à un autre. Elle est très faible dans le groupe 1, modérée pour les animaux du groupe 2 et très élevée dans le groupe 3 (Figure 23). La même figure montre également une docilité évidente du groupe 1 comparativement aux groupes 2 et 3 dont les notes s'apparentent. La différence de docilité entre les animaux du groupe 1 et ceux du groupe 2 et 3 est très significative ( $p < 0,01$ ). Ainsi, le caractère docilité est suffisamment discriminatoire pour le classement des individus dans les trois groupes.

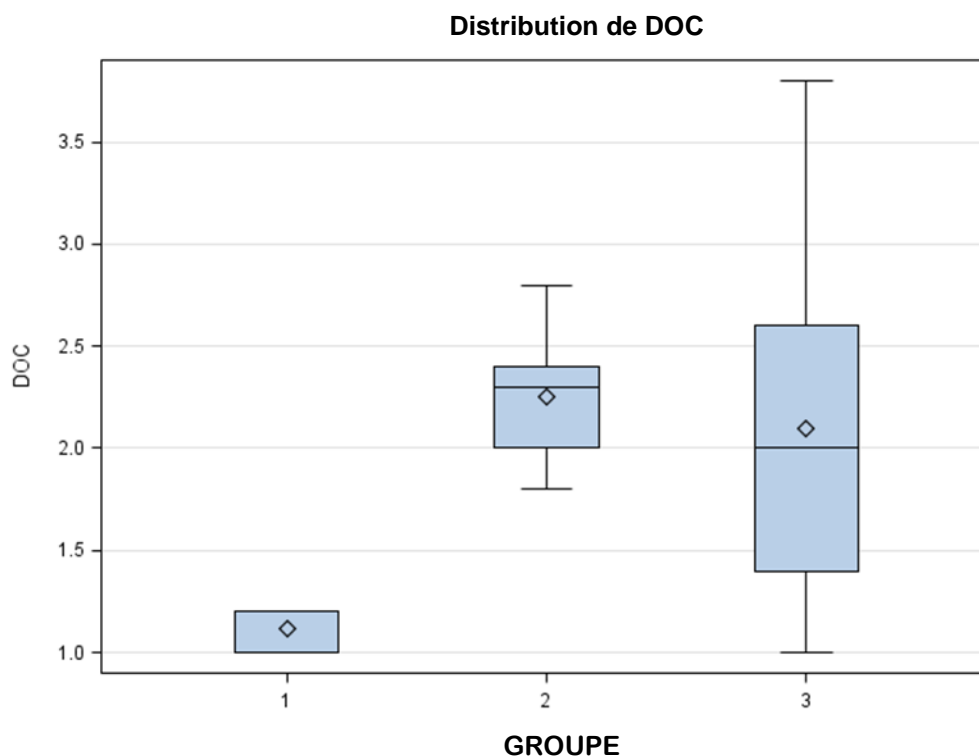


Figure 23: Variation de la note de docilité des aulacodes en fonction des groupes

***Signification de l'effet groupe sur la couleur de la robe***

La variation de la couleur de la robe des animaux d'un groupe à un autre est représentée par la figure 24. Elle montre que les pelages des animaux du groupe 1 (normal ou brun foncé) sont proches de ceux des animaux du groupe 3 (gris foncé). Mais ces deux couleurs de robe sont très significativement différentes ( $p < 0,01$ ) de la coloration des animaux du groupe 2 (gris pâle). Cette variation confirme alors la discrimination suffisante du caractère couleur de robe pour le classement des individus dans les trois groupes.

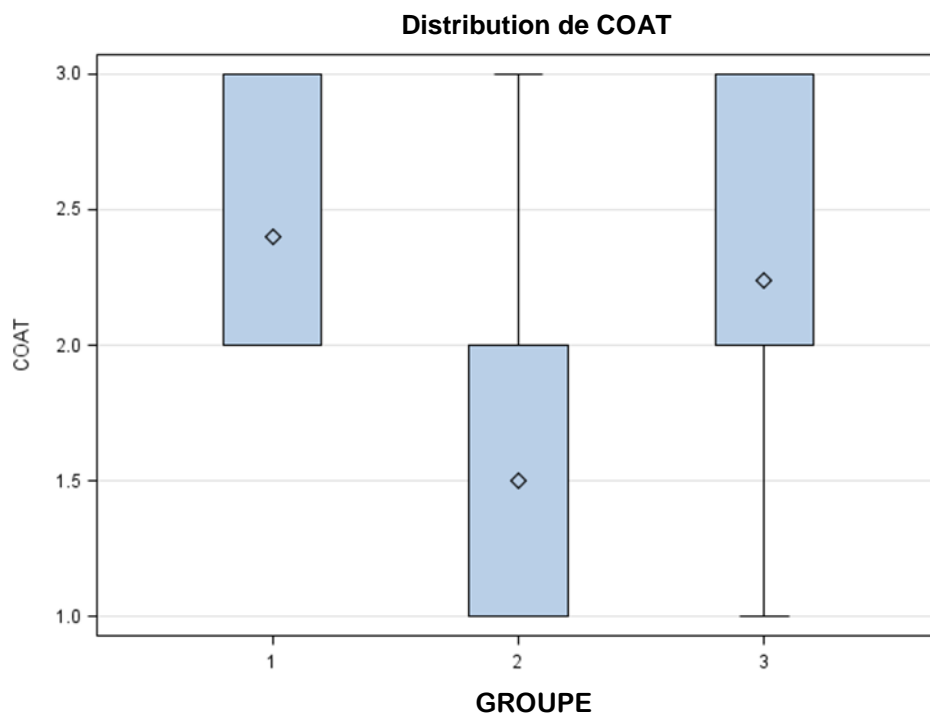


Figure 24: Variation de la couleur de robe des aulacodes en fonction des groupes

Les liens observés entre les paramètres considérés chez les animaux et particulièrement entre la docilité et la couleur de la robe sont en accord avec les travaux de Hemmer (1990), Belyaev et al. (1975) et autres auteurs résumés dans le tableau 2. Les différences de concentrations en catécholamine observée dans les trois groupes d'animaux en corrélation avec leur docilité et la couleur de leur robe explique une influence du système nerveux autonome sur le comportement et la morphologie de certains animaux étudiés, particulièrement ceux du groupe 1 (docile) et du groupe 2 (modérément docile). Chez les animaux de ces deux groupes, le système nerveux autonome serait dans un processus de modification en raison de la cohabitation avec l'homme. Cette modification influencerait alors la physiologie et la morphologie de ces animaux qui progressivement passent de l'état sauvage à l'état semi domestique. Bien que les animaux du troisième groupe (paniquards) soient également sous l'influence du système neuroendocrinien, sa modification n'est pas encore perceptible chez eux, ce qui pourrait laisser penser que ces animaux sont encore à l'étape sauvage.

#### **7.2.4 Test de signification de l'effet de la docilité et de la couleur de la robe sur les paramètres physiologiques**

Les concentrations des différents paramètres physiologiques dosés en fonction de la docilité et de la couleur de la robe sont présentées dans le Tableau 10. Ce tableau présente également les résultats des tests de signification de l'effet des facteurs docilité et couleur de la robe sur les concentrations plasmatiques des catécholamines et de leurs dérivés métaboliques chez les animaux.

Tableau X : Signification du facteur docilité et de la couleur de la robe sur la variation des catécholamines, de leurs métabolites et de la glycémie

Groupes		Adrénaline (ng/ml)	Noradrénaline (ng/ml)	Dopamine (ng/ml)	Glycémie (g/l)	DOPAC (ng/ml)	5-HIAA (ng/ml)
<i>Docilité</i>	**	**	*	n.s.	*	*	**
1. Docile		0,020 <sup>b</sup>	0,454 <sup>b</sup>	0,044 <sup>a</sup>	1,242 <sup>b</sup>	0,147 <sup>a</sup>	0,660 <sup>a</sup>
2. Modérément docile		0,033 <sup>ab</sup>	0,641 <sup>ab</sup>	0,076 <sup>a</sup>	1,482 <sup>b</sup>	0,12 <sup>ab</sup>	0,486 <sup>ab</sup>
3. Paniquard		0,044 <sup>a</sup>	0,836 <sup>a</sup>	0,072 <sup>a</sup>	2,007 <sup>a</sup>	0,088 <sup>b</sup>	0,306 <sup>b</sup>
<i>Couleur</i>	**	**	**	n.s.	n.s.	*	***
1. Gris pâle		0,018 <sup>b</sup>	0,492 <sup>b</sup>	0,06 <sup>a</sup>	1,508 <sup>a</sup>	0,167 <sup>a</sup>	0,865 <sup>a</sup>
2. Normal		0,028 <sup>ab</sup>	0,429 <sup>b</sup>	0,07 <sup>a</sup>	1,48 <sup>a</sup>	0,123 <sup>ab</sup>	0,488 <sup>b</sup>
3. Gris foncé		0,040 <sup>a</sup>	0,907 <sup>a</sup>	0,06 <sup>a</sup>	1,42 <sup>a</sup>	0,109 <sup>b</sup>	0,332 <sup>b</sup>

\*= $p < 0.05$ ; \*\*= $p < 0.01$ ; \*\*\*= $p < 0.001$ ; n.s. non significatif.

Dans la même colonne, les moyennes avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

### 7.2.4.1 Influence de la docilité et de la couleur de la robe sur la concentration d'adrénaline

Les données présentées dans le tableau 10 et la figure 25 montrent que le facteur docilité influence significativement ( $p < 0,01$ ) le taux plasmatique d'adrénaline. Ainsi, les animaux dociles ont un taux plasmatique de 0,02 ng/ml contre 0,044 ng/ml pour leurs homologues paniquards. Les animaux modérément dociles ont une concentration moyenne (0.033 ng/ml) intermédiaire.

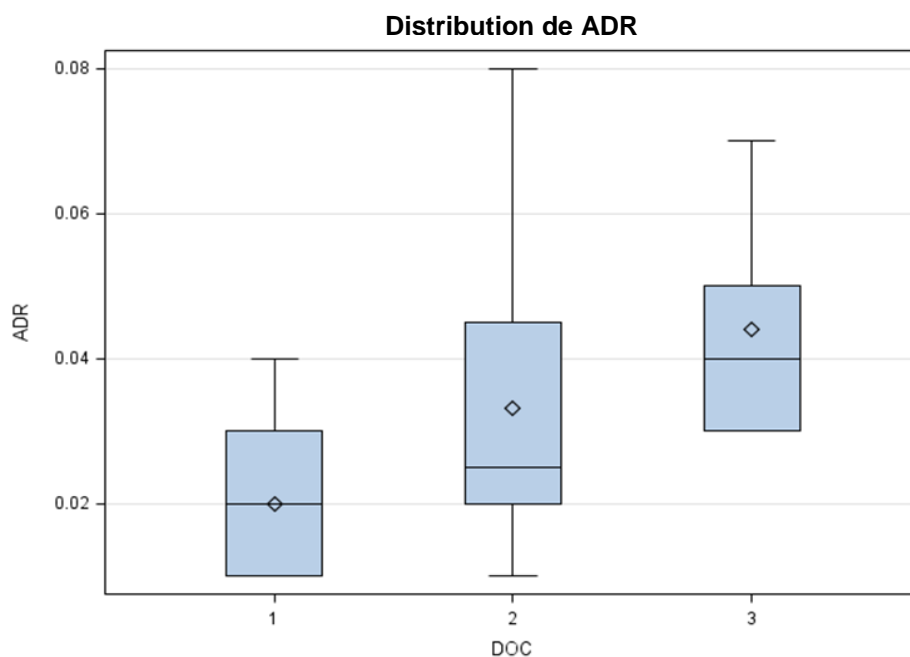


Figure 25: Variation de la concentration plasmatique d'adrénaline en fonction de la docilité

Des résultats d'analyse de variances (tableau 10), il ressort également que le facteur couleur de la robe influence significativement la variation de la concentration plasmatique d'adrénaline ( $p < 0,01$ ). En effet, la concentration plasmatique d'adrénaline est très élevée (0,040 ng/ml) chez les aulacodes à pelage gris foncé comparativement aux animaux à pelage gris pâle (0,018 ng/ml). Cependant, chez les individus à pelage normal (brun foncé), le neurotransmetteur a une concentration moyenne (0,028 ng/ml). Pour les trois types de pelage, la différence entre les taux plasmatiques d'adrénaline, est très significative, particulièrement pour les gris pâles (1) et les gris foncés (2) (Figure 26). Il ressort donc de ce résultat que la couleur de la robe chez les aulacodes étudiés est significativement influencée par la concentration plasmatique d'adrénaline.

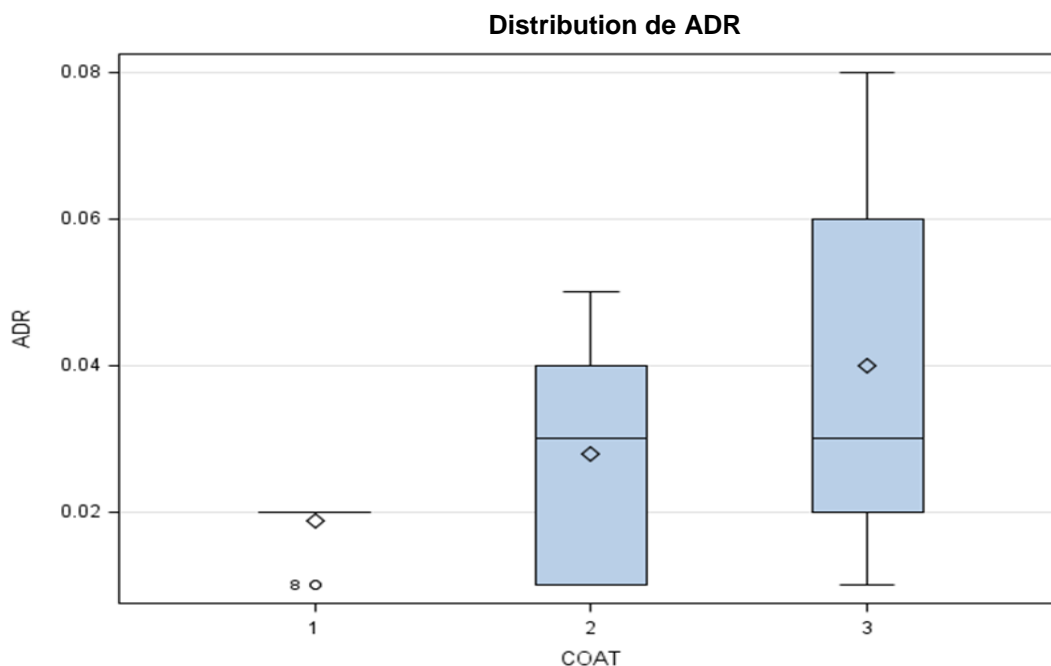


Figure 26 : Variation de la concentration plasmatique d'adrénaline en fonction de la couleur de la robe

#### 7.2.4.2 Influence de la docilité et de la couleur de la robe sur la concentration plasmatique de noradrénaline

La figure 27 montre que le facteur docilité influence significativement ( $p < 0,05$ ) la concentration plasmatique de la noradrénaline chez les aulacodes. En effet, les aulacodes paniquards ont une concentration plasmatique de noradrénaline plus élevée (0,836 ng/ml) comparativement aux dociles (0,464 ng/ml) et aux modérément dociles (0,641 ng/ml). Ce résultat montre donc que la docilité est significativement influencée par le taux plasmatique de noradrénaline.

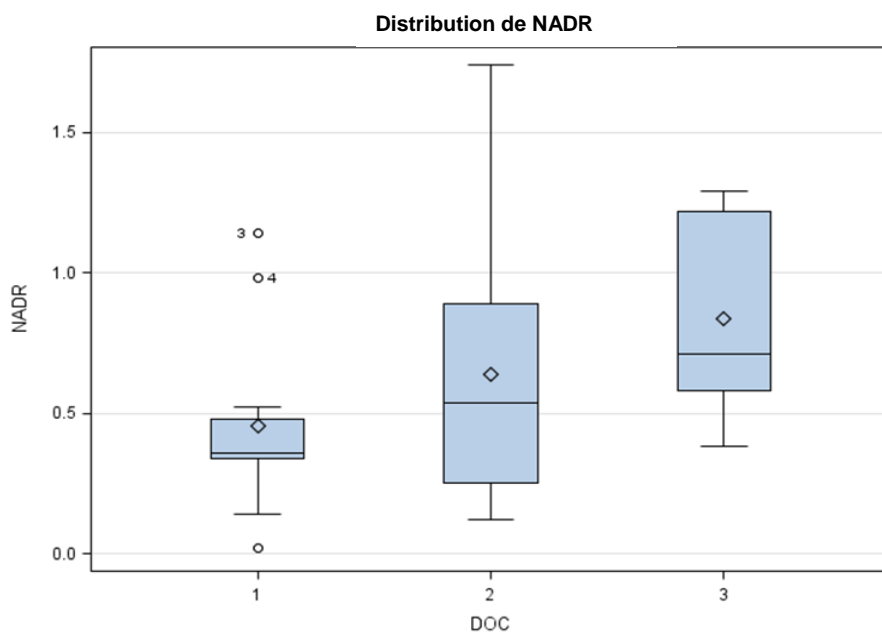


Figure 27 : Variation de la concentration plasmatique de noradrénaline en fonction de la docilité

Des résultats d'analyse de variance (Tableau 10), il ressort également que la pigmentation de la robe influence significativement ( $p < 0,01$ ) la concentration plasmatique de noradrénaline. La figure 28 ci-dessous présente la variation de la concentration plasmatique de noradrénaline en fonction de la couleur de la robe. Cette figure montre une concentration très élevée (0,907 ng/ml) de noradrénaline pour le pelage gris foncé et une concentration faible (0,492 ng/ml) pour les pelages gris pâle et normal (0,429 ng/ml). Considérant la concentration plasmatique de noradrénaline, les pelages gris pâles et normal ne sont pas significativement différents ( $p > 0,05$ ) les uns des autres mais ils sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) des animaux à pelage gris foncés.

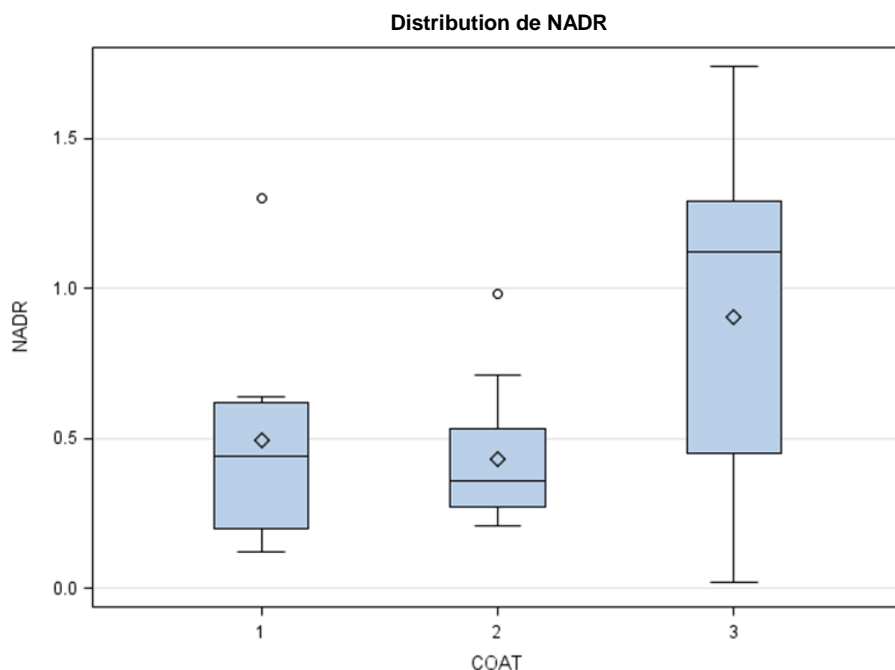


Figure 28: Variation de la concentration plasmatique de noradrénaline en fonction de la couleur de la robe

#### 7.2.4.3 Influence de la docilité et de la couleur de la robe sur la concentration plasmatique de dopamine

Les résultats du tableau 10 montrent que la docilité n'exerce aucune influence significative ( $p > 0,05$ ) sur le taux plasmatique de dopamine chez les aulacodes. La figure 29 montre que le taux plasmatique de la dopamine est légèrement plus élevé chez les paniquards (0,072 ng/ml) comparativement aux aulacodes modérément dociles (0,076 ng/ml) et aux dociles (0,044 ng/ml). Cette différence n'est cependant pas significative. Le même constat a été fait par Paulick et al. (1988) et Ambad et al. (2009) respectivement chez le mouton et l'homme. Cependant, Marliave et al. (1993) chez les crevettes, Dronjak et al. (2006) chez le rat et Ndlovu et al (2008) chez le bouvillon, ont rapporté que la concentration de dopamine chez les sujets stressés est significativement différente de celle des sujets non stressés.

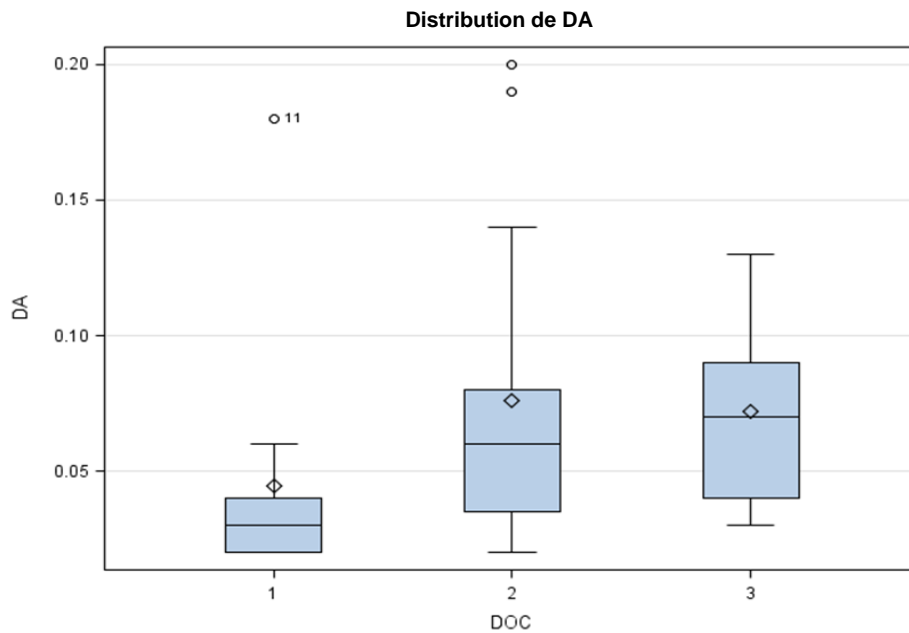


Figure 29: Variation de la concentration plasmatique de dopamine en fonction de la docilité

Les résultats d'analyse de variances n'ont révélé aucun effet significatif ( $p > 0,05$ ) de la couleur de la robe sur la variation de la concentration plasmatique de dopamine chez les aulacodes. En effet, les animaux à pelage gris pâles, normal (brun foncé) et gris foncé ont une concentration presque identique de dopamine (Figure 30), soit 1,508 ng/ml, 1,48 ng/ml et 1,42 ng/ml respectivement chez les animaux à pelage gris pâle, normal et gris foncé.

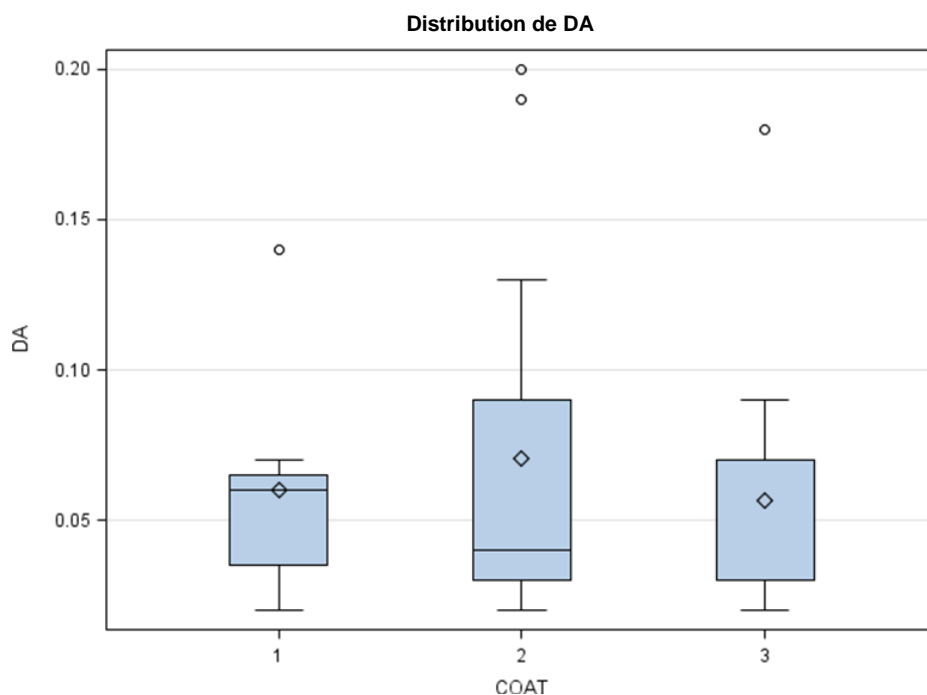


Figure 30: Variation de la concentration plasmatique de la dopamine en fonction de la couleur de la robe

La non significativité de la couleur de la robe sur la concentration plasmatique de dopamine peut s'expliquer par le fait que, une fois libérée par les terminaisons adrénergiques, la dopamine est en grande partie recaptée par les terminaisons adrénergiques elles même et convertie en acide 3,4 dihydroxyphényl acétique (DOPAC) (Allain, 2000). Donc l'influence de la dopamine sur la couleur de la robe va être expliquée par celle de son métabolite (DOPAC) sur la couleur de la robe. Toutefois, au vu des résultats obtenus, on peut déduire que la dopamine en elle-même n'influence pas la couleur de la robe chez les aulacodes.

#### 7.2.4.4 Influence de la docilité et la couleur de la robe sur la concentration plasmatique de la DOPAC

Comme le montre le tableau 10, la docilité influence significativement ( $p < 0,05$ ) la variation de la concentration plasmatique de la DOPAC chez l'aulacode. La figure 31 montre une élévation de la concentration plasmatique de la DOPAC chez les dociles (0,147 ng/ml) comparativement aux modérément dociles (0,12 ng/ml) et aux paniquards (0,88 ng/ml).

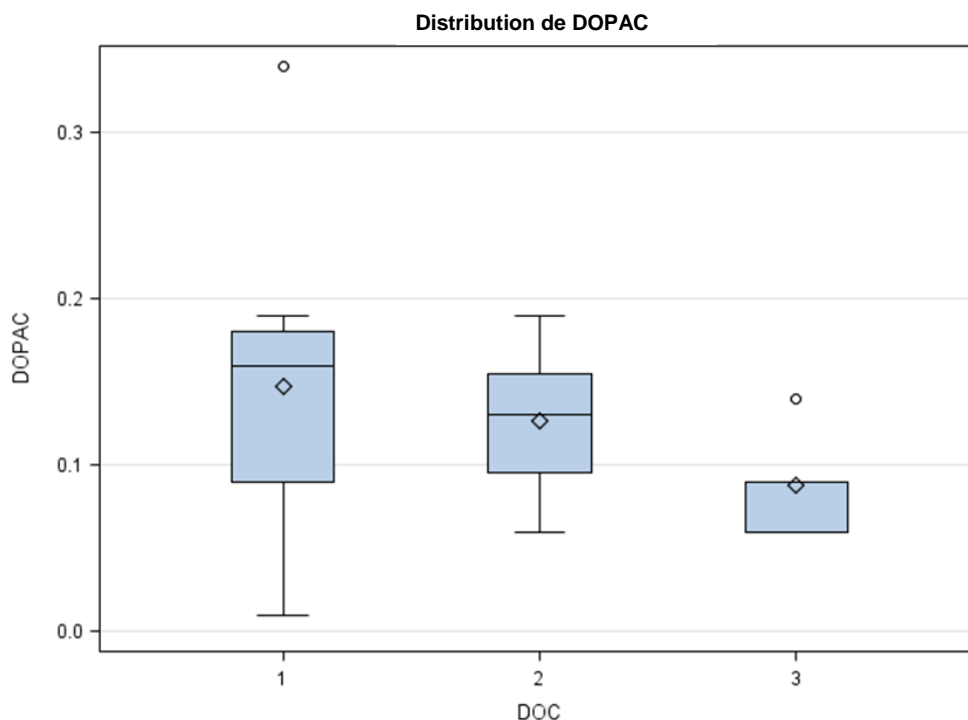


Figure 31: Variation de la concentration plasmatique de la DOPAC en fonction de la docilité

Rappelons que la DOPAC est le principal métabolite de la dopamine. Sa significativité peut être expliquée par le fait qu'après un délai assez court dans le sang, la dopamine est métabolisée en DOPAC augmentant ainsi la concentration du métabolite dans le sang des animaux, ce qui permet de constater des différences significatives entre les différentes concentrations. On peut supposer alors qu'une bonne partie de la dopamine a été alors métabolisée au moment des prélèvements.

L'analyse des variances (Tableau 10) a révélé aussi que la couleur de la robe influence significativement la variation de la concentration plasmatique de DOPAC ( $p < 0,05$ ) chez les aulacodes. La figure 32 présente la variation de la concentration de DOPAC en fonction des couleurs de robe chez les aulacodes.

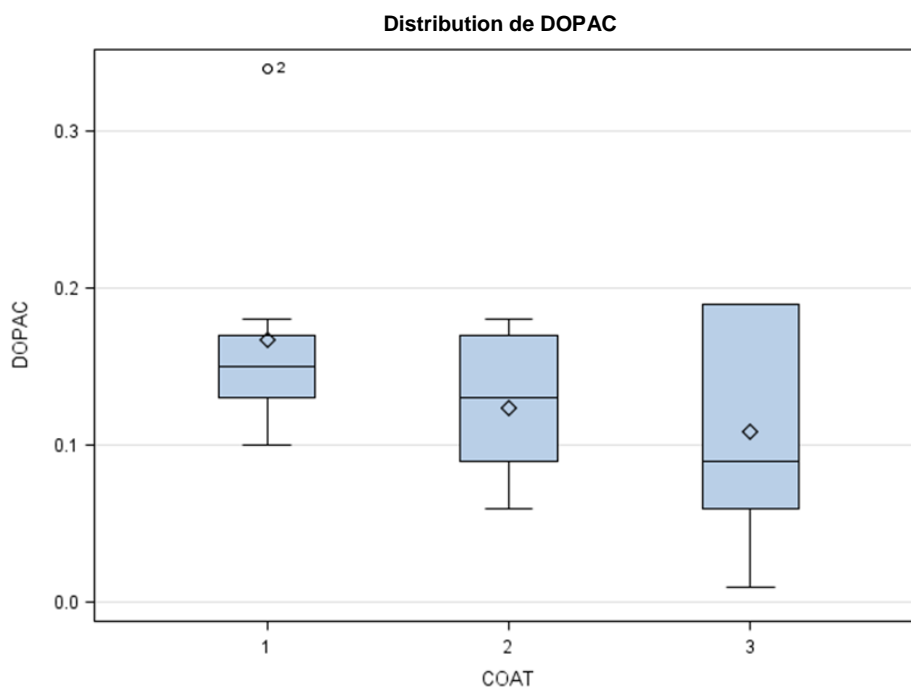


Figure 32: Variation de la concentration plasmatique de la DOPAC en fonction de la couleur de la robe

La concentration de DOPAC est plus élevée chez les animaux à pelage gris pâle comparativement aux deux autres pelages. Cependant, les pelages gris foncés ont une concentration très faible. La différence entre ces concentrations est significative. Ce qui suggère que la DOPAC influence significativement ( $p < 0,05$ ) la pigmentation de la robe chez les aulacodes.

#### 7.2.4.5 Influence de la docilité et de la couleur de la robe sur la concentration plasmatique de 5-HIAA

Comme le montre le tableau 10, la docilité influence significativement ( $p < 0,01$ ) la variation de la concentration plasmatique de 5-HIAA chez les aulacodes. La figure 33 quant à elle, montre une diminution importante de la concentration plasmatique de 5-HIAA chez les paniquards, comparativement aux dociles et aux modérément dociles.

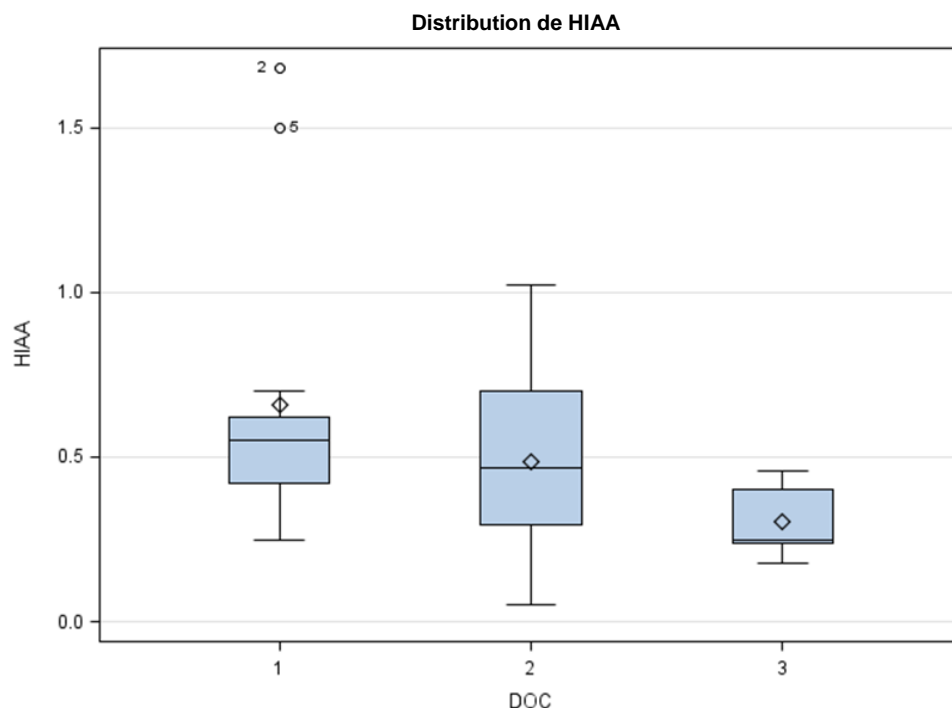


Figure 33: Variation de la concentration plasmatique de 5-HIAA en fonction de la docilité

Il ressort des résultats de l'analyse de variance que la couleur de la robe influence très significativement ( $p < 0,001$ ) la concentration plasmatique de 5-HIAA chez les aulacodes. La figure 34 montre que les aulacodes à pelage gris pâle (0,865 ng/ml) ont une concentration plasmatique de 5-HIAA significativement plus élevée que les animaux à pelage gris foncé (0,332 ng/ml) et normal (0,488 ng/ml). Pour ce métabolite, les pelages gris foncé et normal à concentration presque identique se distinguent du pelage gris pâle.

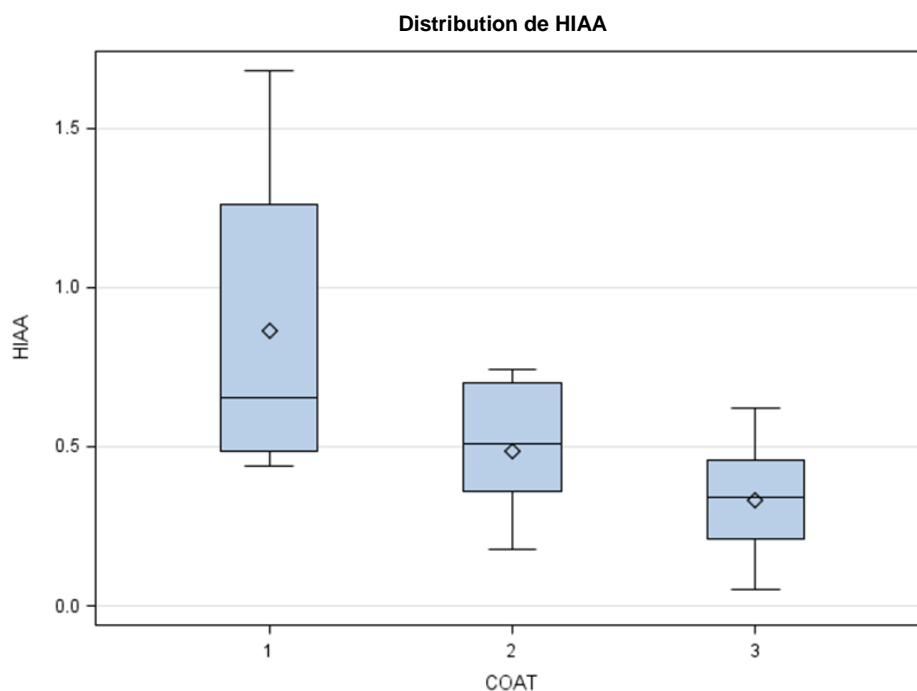


Figure 34: Variation de la concentration plasmatique de 5-HIAA en fonction de la couleur de la robe

#### 7.2.4.6 Influence de la docilité et de la couleur de la robe sur la glycémie

Les résultats montrent que la glycémie est significativement ( $p < 0,05$ ) influencée par le facteur docilité chez les aulacodes (Tableau 10). La figure 35 montre que les taux sanguins de glucose chez les sujets dociles (1,42 g/l) et modérément dociles (1,48 g/l) sont nettement inférieurs à celui des paniquards (2,01 g/l). La significativité du taux plasmatique de glucose a été également signalé par Thompson et al. (1977) et Montané et al. (2002), respectivement chez le mouton et le chevreuil. Ces auteurs rapportent que la glycémie est significativement plus élevée chez les animaux stressés, comparés aux sujets moins stressés. Cependant, De Boer et al. (1990) et Tabatabai-Mir et al. (2012) ont rapporté que le tempérament (stressé vs calme) n'exerce aucune influence significative sur la variation de la glycémie, respectivement chez le rat et la souris.

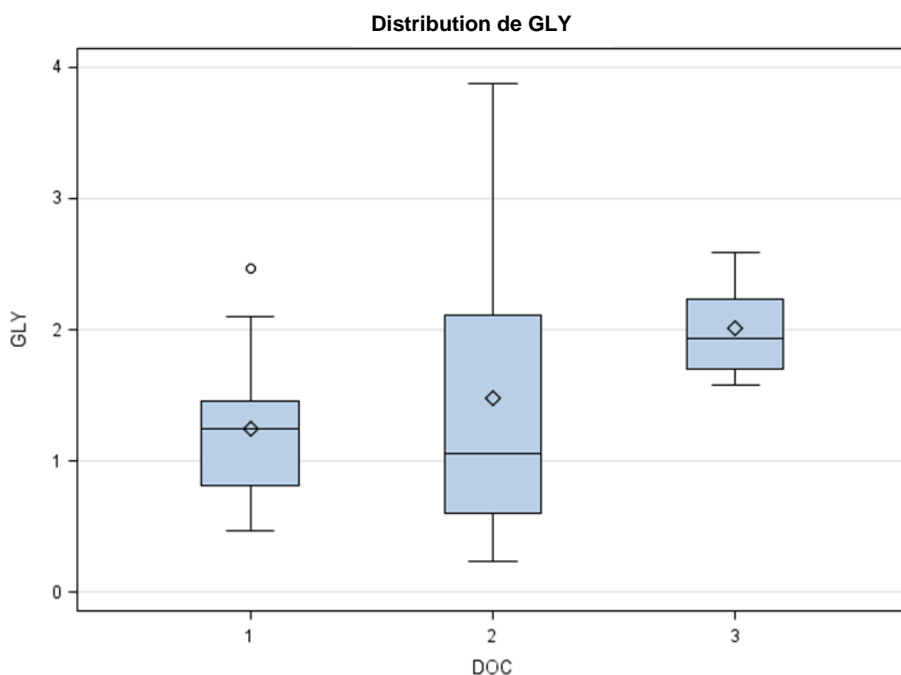


Figure 35: Variation de la glycémie en fonction de la docilité

Des résultats des présents travaux (Tableau 10), il ressort que la couleur de la robe n'a d'effet significatif sur la variation de la glycémie chez les aulacodes. Les différences observées au niveau des moyennes de concentrations plasmatiques de glucose (Figure 36) ne sont pas significativement ( $p > 0,05$ ) différentes. Elles sont de 1,51 g/l, 1,50 g/l et 1,42 g/l respectivement pour les animaux à pelage gris pâle, normal et gris foncé.

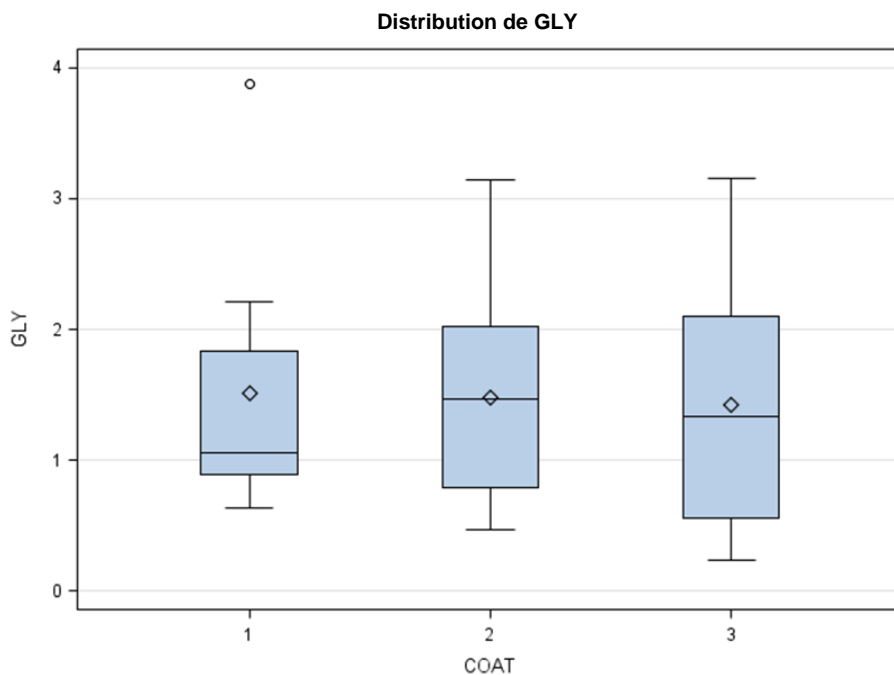


Figure 36: Variation de la glycémie en fonction de la couleur de la robe

Des tests de significativité de la docilité et de la couleur de la robe sur les paramètres physiologiques, il ressort que la docilité et la couleur de la robe influencent significativement les variations plasmatiques d'adrénaline et de noradrénaline, du métabolite de la dopamine (DOPAC) et celle de la sérotonine (5-HIAA). En revanche, la docilité et la couleur de la robe n'exercent pas un effet significatif sur la variation plasmatique de la dopamine. En effet, cette influence sur les deux catécholamines (adrénaline et noradrénaline) montre qu'elles pourraient être impliquées dans la répartition de la couleur de la robe et donc de la pigmentation chez les aulacodes. Cette hypothèse est justifiée d'une part par les travaux de Ferry et Zimmerman (1964), qui ont rapporté que les catécholamines partagent le même précurseur que les pigments (mélanine) responsables de la répartition pigmentaire. Le deuxième argument, documenté chez Hanson (2006), justifie que les cellules pigmentaires sont également retrouvées dans le système nerveux autonome, lequel libère l'adrénaline et la noradrénaline. De même, l'influence de la DOPAC et de 5-HIAA sur la couleur de la robe justifie que ces deux métabolites seraient indirectement associés à la répartition de la couleur du pelage chez les aulacodes. Ce qui expliquerait l'implication des produits dont ils sont issus dans la répartition de la couleur de la robe et notamment de la dopamine (Burchill et al., 1986) chez l'aulacode.

## CHAPITRE 8 : DISCUSSION GENERALE

Le stress comme défini plus haut, est l'ensemble des réponses de l'organisme soumis à des pressions ou contraintes de la part de son environnement. Dans la présente étude, il a été provoqué chez les aulacodes par changement d'environnement (cage) et des manipulations fréquentes. Les différents tests de docilités ont permis de regrouper les aulacodes en animaux stressés (paniquards) et non stressés (dociles).

Les résultats de la présente étude montrent une élévation de la concentration plasmatique des catécholamines et celle du glucose chez les paniquards comparativement à leurs homologues dociles et modérément dociles. Or ces neurotransmetteurs (adrénalines et de noradrénalines) libérés par le Système Nerveux Autonome (SNA), à une concentration donnée, reflètent la réactivité (Künzli, 2003) de ce dernier. La glycémie quant à elle traduit le métabolisme énergétique au sein des êtres vivants.

L'augmentation de la concentration des catécholamines et du glucose constatée dans la présente étude chez les animaux stressés montre l'existence d'une activité psychologique en réponse aux changements de l'environnement (De Boer, 1990). Cette élévation des concentrations plasmatiques peut être due au fait que lors de la manipulation, l'animal exposé à un stresser a été alerté. Cet état d'alerte activerait le système nerveux orthosympathique et la médullosurrénale, qui libèrent respectivement la noradrénaline et l'adrénaline, laquelle (adrénaline) accélère les rythmes cardiaque et respiratoire afin de fournir l'oxygène nécessaire aux muscles, et stimulerait par la même occasion la glycogénolyse (d'où l'augmentation de la glycémie) pour fournir l'énergie nécessaire (Brisville, 2006) à une éventuelle fuite. Plusieurs études ont prouvé que la libération de catécholamine qui accompagne le plus souvent la situation stressante contribue à l'élévation du taux de glucose circulant. Par conséquent, une atténuation du sympathique et des réponses surrénaliennes pendant l'exposition répétée à un même facteur de stress permet la conservation de l'énergie en amortissant la mobilisation du glucose.

Les résultats ont montré également une légère diminution de la concentration plasmatique des catécholamines chez les dociles (non stressés) comparativement aux

paniquards (stressés). La faible concentration des catécholamines chez les dociles témoignerait d'une réduction de la réactivité du SNA (Künzl, 1999). Cette réduction de réactivité pourrait être la conséquence physiologique de la diminution de la vigilance, de la nervosité et de la sensibilité (Künzl, 2003) des aulacodes dociles comparativement à leurs homologues paniquards. Par ailleurs cette différence de concentration en catécholamines et en glucose chez les aulacodes soumis au même stresser pourrait expliquer que face à une même situation, les aulacodes ont un comportement neuroendocrinien différent témoignant ainsi de la différence de leur tempérament.

En effet, pour Keeler et al. (1970), les animaux sauvages ont tendance à être extrêmement réactifs à leur environnement. Lorsqu'ils sont excités ils ont tendance à réagir vigoureusement, voire violemment. En captivité, face aux mouvements et sons inattendus, les transports et la proximité avec l'homme par exemple, ils réagissent avec stress. Les animaux domestiques, par contre, sont plus passifs envers leur environnement. Ils ne sont pas stressés par des mouvements et des sons inattendus, ou par la proximité humaine. Les animaux domestiques ont tendance à être dociles et placides contrairement à leurs homologues sauvages.

La présente étude s'est basée sur des aulacodes en voie de domestication. La différence de concentration plasmatique en catécholamines (adrénaline, noradrénaline et dopamine) observée chez les trois catégories d'aulacodes montre donc qu'un changement physiologique est en cours chez certains de ces animaux (modification du Système neuroendocrinien). Etant donné que l'étude a été réalisée uniquement avec les aulacodes semi-domestiques (ni sauvage, ni domestiques), cette différence de réaction face aux stresser pourrait avoir pour origine, un facteur génétique transmis des ascendants aux descendants. Ce qui découlerait du principe de l'hérédité de la sélection naturelle énuméré plus haut.

Le but de l'étude est de montrer que les indicateurs de stress peuvent être utilisés pour sélectionner les aulacodes dociles. Les données ont montré que les aulacodes dociles (ou les moins stressés) ont un faible taux de catécholamine, de glycémie et sont moins pigmentés que leurs homologues paniquards. Les résultats de cette étude ont montré

que les indicateurs de stress (catécholamines) considérés influencent significativement la docilité et la couleur de la robe chez les aulacodes. Ils permettent alors de conclure que le dosage des catécholamines dans l'élevage peut constituer une alternative dans la sélection des aulacodes dociles par la méthode comportementale ou de scoring.

**CONCLUSION & PERSPECTIVES**

## CONCLUSION

Au terme de ce travail, il ressort qu'il existe une corrélation entre le tempérament des aulacodes et les taux de neurohormones (catécholamines) et de glucose produits par ces animaux. Les résultats ont permis de mettre en évidence les déterminants physiologiques de la docilité et de la couleur de la robe chez l'aulacode. Ainsi, sur le plan physiologique, les aulacodes dociles et paniquards se distinguent par leur concentration en catécholamine et en glucose : les dociles ont une concentration plasmatique (catécholamine et glucose) plus faible alors que celle des paniquards est très élevée. Un protocole fiable de dosage des neurotransmetteurs peut permettre de sélectionner avec efficacité les aulacodes dociles. De nos travaux il ressort que le SNA a influencé à la fois le tempérament et la coloration de robe des aulacodes en voie de domestication. Cependant, la réactivité du SNA, mis en évidence dans le présent travail, n'a permis d'étudier que le stress aigu chez les aulacodes. Pour comprendre la gestion du stress chronique, il faudra étudier la réactivité de l'axe hypothalamo-hypophysaire en dosant le cortisol et les hormones thyroïdiennes. Cette partie, réservée aux travaux ultérieurs n'a pas été abordée dans cette thèse.

## PERSPECTIVES

Cette étude a permis de montrer d'une part les corrélations génétiques entre caractères de production et de reproduction chez les aulacodes et d'autre part le rôle des neurohormones dans le tempérament des aulacodes. Le travail a également montré qu'il existe une relation entre les gènes et le comportement des animaux. Il serait intéressant d'investiguer sur la nature des gènes codant pour les traits de comportements. On pourrait évoquer la mise au point des marqueurs codant pour les couleurs des yeux, de la robe et d'autres traits de comportement. A titre indicatif, on peut évoquer les thèmes de recherches suivants:

- Rechercher les gènes codant respectivement pour les caractères docilité et agressivité chez les aulacodes ;
- Déterminer les gènes codant pour la synthèse des enzymes de la voie de synthèse des catécholamines ;
- Séquencer les gènes et établir les distances génétiques entre eux.

Ces études permettront de mieux comprendre les phénomènes pouvant intervenir dans les tempéraments des aulacodes.

**BIBLIOGRAPHIE**

**Adoun C., 1992.** Place de l'aulacode (*Thryonomys swinderianus*) dans le règne animal et sa répartition géographique. *Actes de la première conférence sur l'Aulacodiculture* : 17 – 19 Février 1992, Cotonou : 35 - 40.

**Akpona S.A., Ribas A., Tondji P.M. et Akomedi C.T., 1992.** Valeurs usuelles de quelques constants biochimiques et certains éléments ioniques de l'aulacodes (*Thryonomys swinderianus*) en captivité étroite. *Actes de la première conférence sur l'Aulacodiculture* : 17 – 19 Février 1992, Cotonou : 79 - 81.

**Albert F.W., Carlborg Ö., Playusnina I., Besnier F., Hedwig D., Lautenschläger S., Lorenz D., McIntosh J., Neumann C., Richter H., Zeising C., Kozhemyakina R., Shchepina O., Kratzsch J., Trut L., Teupser D., Thiery J., Schöneberg T., Andersson L. et Pääbo S., 2009.** Genetic Architecture of Tameness in a Rat Model of Animal Domestication. *Genetic society of America*, 182: 54 - 554.

**Al-Qarawi A., 2004.** Changes in Plasma Insulin, Thyroid Hormones, Non-Esterified Fatty Acids and Blood Glucose in Underfed Najdi Lambs, *Benha Vet. Med. J*, 15(2), 1-8.

**Allain P., 2000.** Les médicaments, cdM éditions, 3è édition, 500 pages. Consulté à partir de [www.pharmacorama.com](http://www.pharmacorama.com), le 24 Avril 2015 à 14h12.

**Ambad V., Arora B.M., Singh C.P., Somani B.L. et Basannar D., 2009.** Adrenaline, Noradrenaline and Dopamine Level Estimation in Depression: Does it Help? *MJAFI*, vol. 5, 3: 216 – 220.

**Asberg, 1994.** In **Schneider B.H., Normand S. et Allès-Jardel M., 2009.** Conduites agressives chez l'enfant: Perspectives développementales et psychosociales; 353 pages.

**Belyaev, 1969.** Domestication of animals. *Sciences Journals* (U.K) 5: 47 – 52.

**Belyaev D.K., 1979.** Destabilizing selection as a factor in domestication. *J Hered*, 70: 301– 308.

**Belyaev D. K., Ruvinsky A.O. et Trut L.N., 1981.** Inherited activation-inactivation of the star gene in foxes. *The Journal of Heredity* 72:264–274.

**Belyaev D. K. et Trut L.N., 1982.** Accelerating evolution. *Science in the USSR* 5:24–29, 60–64.

**Benhajali H., Boivin X., Sapa J., Pelegrini P., Lajudie P., Boulesteix P., Neuts E. et Phocas F., 2009.** Quel critère de sélection en ferme pour améliorer la docilité des veaux Limousins? *Renc. Rech. Ruminants*, 16: 1 page.

**Bernon D.E. et Siegel, P.B., 1983.** Mating frequency in male chickens: crosses among selected and unselected lines. *Genetics, Selection and Evolution* 15, 445 - 454.

**Bleakley B.H., Martell C.M. et Brodie III E.D., 2006.** Variation in Anti-Predator Behavior Among Five Strains of Inbred Guppies, *Poecilia reticulata*. *Behavior Genetics*, Vol. 36, (5), 783 – 792.

**Bökönyi S., 1969.** Archaeological problems of recognizing animal domestication. In: Ucko, P.J. and Dimbleby, G.W. (eds) *The Domestication and Exploitation of Plants and Animals*. Duckworth, London, pp. 219–229.

**Brisville A-C.M., 2006.** Les marqueurs du stress chez les bovins issus de clonage somatique. *Thèse de doctorat vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort* (France) ; 120 pages.

**Burchill, 1986. In Hanson A., 2006.** Couleur de la robe, tempérament et domestication; Rat Behavior and Biology [www.ratbehavior.org](http://www.ratbehavior.org), consulté le 28 Août 2014.

**Case L.P., 1999.** *The Dog. Its Behavior, Nutrition, and Health*. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

**Clark J.D. et Olfert E.D., 1986.** Rodents in M.E. Fowler (Ed), *Zoo & Wild Animal Medicine*, (Denver, Colorado: Moris Animal Fondation), 727 – 747.

**Clutton-Brock J., 1977.** Man-made dogs. *Science* 197, 1340 - 1342.

**Coburn S., Salman M., Ryan J., Keefe T. McCollum M. Aune K.; Spraker T. et Miller L., 2010.** Comparison of Endocrine Response to Stress between Captive-Raised and Wild-Caught Bighorn Sheep. *Journal of Wildlife Management*, 74 (3): 532–538.

**Colyn M., Dudu A. et Mbaelele M., 1987.** Data on small and medium scale game utilisation in the rainforest in Zaire. In: Proceedings of international symposium on wildlife utilisation in Africa, IGF-CIC, Zimbabwe, 109-141.

**Coppinger R. et Coppinger L., 2001.** Dogs. Scribner, **In Hanson A., 2006:** Couleur de la robe, tempérament et domestication; Rat Behavior and Biology [www.ratbehavior.org](http://www.ratbehavior.org), consulté le 28 Août 2014.

**Cottle C.A. et Price E.O., 1987.** Effect of the non-agouti pelage-color allele on the behavior of captive wild Norway rats (*Rattus norvegicus*). *Journal of Comparative Psychology* 101, 390–394.

**Coudert P., Vaissaire J. et Licois D., 1978.** Etude de l'évolution de quelques paramètres sanguins chez les lapereaux atteints de coccidiose intestinale. *Rec. Med. Vet*, 14 (5), 437 – 440.

**Darwin C., 1859.** The Origin of Species: By Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. *Cambridge University Press* 2009; 487 Pages.

**Darwin C., 1868.** The Variation of Animals and Plants under Domestication. vol. 1, *Cambridge University Press* 2010; 424 Pages.

**DE Boer S.F. et Van Der Gugten J., 1987.** Daily Variations in Plasma Noradrenaline, Adrenaline and Corticosterone Concentrations in Rats. *Physiology & Behavior*, Vol. 40, 323-328.

**DE Boer S.F., Koopmans S.J., Slangen J.L. et Van Der Gugten J., 1990.** Plasma Catecholamine, Corticosterone and Glucose Responses to Repeated Stress in Rats: Effect of Interstressor Interval Length. *Physiology & Behavior*, Vol. 47, 1117-1124.

**Dongju S. et Christopher J.P., 2008.** Role of Serotonin and Dopamine System Interactions in the Neurobiology of Impulsive Aggression and its Comorbidity with other Clinical Disorders; *Aggress Violent Behav.* 13 (5): 383–395.

**Dronjak S. et Gavrilovic L., 2006.** Effects of stress on catecholamine stores in central and peripheral tissues of long-term socially isolated rats. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 39: 785 – 790.

**Ducrest A.L., Keller L. et Roulin A., 2008.** Pleiotropy in the melanocortin system, coloration and behavioural syndromes. *Trends in Ecology & Evolution* 23:502-510.

**Enigk F., Wagner A., Samapati R., Rittner H., Brack A., Mousa S.A, Schäfer M., Habazettl H. et Schäper J., 2014.** Thoracic epidural anesthesia decreases endotoxin-induced endothelial injury. *BMC Anesthesiology*, 14:23, 1 – 11.

**Farougou S., 1992.** Contribution à l'établissement des valeurs usuelles sériques chez l'aulacode mâles adultes (*Thryonomys Swinderianus* TEMMINCK, 1827). *Thèse, Ecole-Inter Etat des Sciences et Médecines Vétérinaires, Université CHEIKH ANTA DIOP de DAKAR (SENEGAL)*, 116 pages.

**Faisant M.R.G., 2005.** Effets et implications de la domestication : Devenir une espèce domestique, une stratégie évolutive originale. *Thèse de doctorat vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort (France)*. 170 Pages.

**Ferry et Zimmerman, 1964. In Hanson A., 2006.** Couleur de la robe, tempérament et domestication; *Rat Behavior and Biology* [www.ratbehavior.org](http://www.ratbehavior.org), consulté le 28 Août 2014 à 8h.

**Frankham R., Hemmer H., Ryder O.A., Cothran E.G., Soule M.E., Murray N.D. et Snyder M., 1986.** Selection in captive populations. *Zoo Biology* 5, 127–138.

**Gilbert 1994. In Hanson A., 2006.** Rat Behavior and Biology: Couleur de la robe, tempérament et domestication ; [www.ratbehavior.org](http://www.ratbehavior.org), consulté le 14 Septembre 2014 à 13h.

**Granjon L., Duplantier J-M., Catalan J. et Britton-Davidian J., 1992.** Karyotypic data on rodents from Senegal. *Israel Journal of Zoology*, vol. 38, 263 – 276.

**Hale E.B., 1969.** Domestication and the evolution of behavior. In Hafez, E.S.E. (ed.) *The Behaviour of Domestic Animals*, 2<sup>nd</sup> ed. Bailliere, Tindall & Cassell, London, 22–42.

**Hallais J-P., 2012.** Bases de génétique et de sélection animale. Lycée agricole de TOURS-FONDETTES, février 2012/version janvier 2014.

**Hanson A., 2006.** Rat Behavior and Biology: Couleur de la robe, tempérament et domestication ; [www.ratbehavior.org](http://www.ratbehavior.org), consulté le 14 Septembre 2014 à 13h.

**Hay M., 1999.** Mesure des glucocorticoïdes et des catécholamines urinaires chez le porc. Intérêt pour le bien-être animal. *Thèse de doctorat ès sciences biologiques et médicales option neurosciences et pharmacologie, Université Bordeaux 2 (France)*, 202 pages.

**Hayssen V. 1997.** Effects of the nonagouti coat-color allele on behavior of deer mice (*Peromyscus maniculatus*): a comparison with Norway rats (*Rattus norvegicus*). *Journal of Comparative Psychology*, 111, 419 – 423.

**Heerbert et Martinez, 2001.** In **Barry H. Schneider, Sébastien Normand, Monique Allès-Jardel 2009.** Conduites agressives chez l'enfant: Perspectives développementales et psychosociales ; PUQ ; 353 pages.

**Helge J.W., Stallknecht B., Pedersen B.K., Galbo H., Kiens B., Richter E.A., 2003.** The effect of graded exercise on IL-6 release and glucose uptake in human skeletal muscle. *J Physiol*, 546.1, pp. 299–305.

**Hemmer H., 1990.** Domestication – The decline of environmental appreciation. Cambridge University Press.

**Higashiyama Y., Nashiki M. et Narita H., 2009.** Urinary Catecholamine and Cortisol Responses of Japanese Shorthorn Cows to Social Isolation. *Asian-1438 Aust. J. Anim. Sci.* 22(10):1437-1440.

**Hight B.V., Holts D., Graham J.B., Kennedy B.P., Taylor V., Sepulveda C.A., Bernal D., Ramon D., Rasmussen R. et Chin Lai N., 2007.** Plasma catecholamine levels as indicators of the post-release survivorship of juvenile pelagic sharks caught on experimental drift longlines in the Southern California Bight. *Marine and Freshwater Research*, 58, 145–151.

**Hoffmann M., 2008.** *Thryonomys swinderianus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org), Consulté le 25 Février 2015.

**Huby M., Gogué J., Maignel L. et Bidanel J-P., 2003.** Corrélations génétiques entre les caractéristiques numériques et pondérales de la portée, la variabilité du poids des porcelets et leur survie entre la naissance et le sevrage. *Journées Recherche Porcine*, 35, 293-300.

**Jori F., 1997.** Étude sur la faisabilité de l'élevage commercial d'espèces sauvages au Gabon. Rapport non publié, WWF-GEF-PNUD, Libreville, Gabon, 84 p. **In Jori F. 2001 :** La production de rongeurs en milieu tropical.

**Jori F., 2001.** La production de rongeurs en milieu tropical ; Bois et Forêt des tropiques, 269 (3) : 31 – 41.

**Keeler C.E., 1942.** The association of the black (non-agouti) gene with behavior in the Norway rat. *Journal of Heredity* 33, 371–384.

**Keeler C.E., 1975.** Genetics of behavior variations in color phases of the red fox. In: Fox, M.W. (ed.). *The Wild Canids: Their Systematics, Behavioral Ecology and Evolution*. Van Nostrand-Reinhold, New York, pp. 399–413.

**Koteja, P., Garland, T. Jr, Sax, J.K., Swallow, J.G. et Carter, P.A., 1999.** Behaviour of house mice artificially selected for high levels of voluntary wheel running. *Animal Behaviour*, 58, 1307–1318.

**Kukekova A.V, Trut L.N, Chase K., Shepeleva D.V., Vladimirova A.V., Kharlamova A.V., Oskina I.N., Stepika A., Klebanov S., Erb H.N. et G. M. Acland G.M., 2004.** A marker set for construction of a genetic map of the silver fox (*Vulpes vulpes*). *J Heredity*, 95:185–194.

**Kukekova A.V, Trut L.N, Chase K., Shepeleva D.V., Vladimirova A.V., Kharlamova A.V., Oskina I.N., Stepika A., Klebanov S., Erb H.N. et G. M. Acland G.M., 2008.** Measurement of Segregating Behaviors in Experimental Silver Fox Pedigrees; *Journal Behav Genet*, 38:185–194.

**Künzl C. et Sachser N., 1999.** The Behavioral Endocrinology of Domestication: A Comparison between the Domestic Guinea Pig (*Cavia aperea f. porcellus*) and Its Wild Ancestor, the Cavy (*Cavia aperea*). *Hormones and Behavior*, 35, 28–37.

**Künzl C., Kaiser S., Meier E, et Sachser N., 2003.** Is a wild mammal kept and reared in captivity still a wild animal? *Hormones and Behavior* 43 187–196.

**Laborit H., 1959.** Stress and cellular function. J.B. Lippincott company Philadelphia, Montréal.

**Lebret B., Meunier-Salaun M-C., Foury A., Mormède P., Dransfield E. et Dourand J-Y., 2006.** Effets du mode d'élevage sur les performances, le comportement des animaux et la qualité de la viande chez deux génotypes de porcs. *Journées Recherche Porcine*, 38, 81-88.

**Lerner I.M., 1958.** The génétic Basis of Selection. John Wiley, New York. In Senou M., 1995. Elaboration du programme de selection des mutants; P.P.E.Au, 24 Pages.

**Lickliter R. et Ness J.W., 1990.** Domestication and comparative psychology: status and strategy. *Journal of Comparative Psychology* 104, 211–218.

**Lush J.L., 1945.** Animal Breeding Plans. *Iowa State College Press*, Ames, Iowa.

**MAEP, 2012.** Projet d'Appui au Développement de la Filière Aulacode (PADFAu) ; Mécanisme d'installation des multiplicateurs d'aulacodes départementaux : Rapport définitif septembre 2012.

**Marczinska B. et Pigon H., 1972.** Karyological Analysis of African Cane Rat, *Thryonomys swinderianus* (Temm). *Cytologia* 37: 513 – 517.

**Marliave J.B, Gergits W.F. et Aota S., 1993.** F10 Pandalid shrimp: sex determination; DNA and dopamine as indicators of domestication; and outcrossing for wild pigment pattern. *Zoo Biol.*, 12, 435-451.

**Mayr E., 1982.** The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and Inheritance, Cambridge, *Harvard University Press*, 2000, 991 pages.

**Mensah, G.A., 1983.** Elevage expérimental d'aulacode. Deuxième rapport d'activité. DEP/MFEPP/Bénin.

**Mensah, G.A., 1984.** Rapport de la journée de réflexion sur l'élevage de l'aulacode au Bénin. Notes techniques sur l'élevage. N°0.2.1. SDS/DEP/MDRAC/Bénin.

**Mensah, G. A., 1984.** Rapport final de la phase pilote de l'élevage d'aulacode au Bénin. Notes techniques sur l'élevage. N° 0.2.2. SDS/DEP/MDRAC/Bénin.

**Mensah, G.A., 1985.** Rapport final des études préliminaires sur l'élevage des aulacodes au Bénin. Notes techniques sur l'élevage. N° 0.2.3. SDS/DEP/MDRAC/Bénin.

**Mensah G.A., 1997.** Ecoéthologie de l'aulacode *Thryonomys Swinderianus* (TEIVIMINCK, 1827) rongeur hystricomorphe ; *Bulletin de la recherche agronomique* N°17, 19 – 31.

**Mensah G.A. et Ekue M.R., 2002.** Guide technique d'élevage N°1 sur l'aulacode ; 9 pages

**Mensah G.A. et Ekue M.R., 2003.** L'essentiel en aulacodiculture ; ISBN : 99919-902-4-0, 167 pages.

**Meyer K., 2007.** WOMBAT a tool for mixed model analysis in quantitative genetics by REML, *J. Zhejiang Uni. SCIENCE B* 8:815-821. doi:10.1631/jzus.2007.B0815.

**Miczek K.A., Fish E.W., De Bold J.F. et De Almeida R.M., 2002.** Social and neural determinants of aggressive behavior: pharmacotherapeutic targets at serotonin, dopamine and gamma-aminobutyric acid systems » *Psychopharmacology (Berl)*. 163(3-4):434-58.

**Moffit T.E., Caspi et Fawcet P., 1997.** Whole blood serotonin and family background relate to male violence in A.Raine, PA Brennan, DP Farrington et SA Mednick (dif.), *Biosocial Bases of Violence*, Y *Plenum Press*. 321-340

**Mormède P., Dantzer R., Bluthe R.M. et Cartitez J.C., 1984.** Differences in adaptive abilities of three breeds of Chinese pigs. Behavioural and neuroendocrine studies. *Génét. Sel. Evol.*, 16 (1), 85 – 102.

**Mormède P., 1988.** Les réponses neuroendocriniennes de stress. *Rec. Méd. Vet.* 723-741.

**Mormède P., 1995.** Le stress : interaction animal-homme-environnement. *Cahiers Agricultures* 4:275-286.

**Ndlovu T., Chimonyo M., Okoh A.I. et Muchenje V., 2008.** A comparison of stress hormone concentrations at slaughter in Nguni, Bonsmara and Angus steers. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 3 (2), 96-100.

**Ochieng'-Odero, J.P.R., 1994.** Does adaptation occur in insect rearing systems, or is it a case of selection, acclimatization and domestication? *Insect Science and its Applications* 15, 1–7.

**Paulick R., Schwab O., Kastendieck E. and Wernze H., 1988.** Plasma free and sulfoconjugated catecholamines during acute asphyxia in the sheep fetus — relation to cardiovascular parameters. *J. Perinat. Med.* 16: 113 – 121.

**Price E.O. et King J.A., 1968.** Domestication and adaptation. In: Hafez, E.S.E. (ed.) *Adaptation of Domestic Animals*. Lea & Febiger, Philadelphia, Pennsylvania, 34 – 45.

**Price E.O., 1984.** Behavioral aspects of animal domestication. *Quarterly Review of Biology* 59, 1–32.

**Price E.O., 2002.** Animal domestication and behavior. *Cabi publishing* (ed); California, 307 Pages.

**Ratner S.C. et Boice R., 1975.** Effects of domestication on behaviour. In: Hafez, E.S.E. (ed.) *The Behaviour of Domestic Animals*, 3ème ed. Williams and Wilkins, Baltimore, Maryland, 3–19.

**SAS institute 1999.** SAS® Statistics Users Guide, Statistical Analysis System, 5th edition, 8.2 version, (Cary, NC, SAS Institute Inc.).

Sabbioni C., Saracino M.A., Mandrioli R., Pinzauti S., Furlanetto S., Gerra G. et Raggi M.A., 2004. *J. Chromatogr. A* 1032 (2004) 65. **In R-I. Chirita, 2009.** Développement de nouvelles méthodes séparatives compatibles avec une détection par spectrométrie de masse et par électrochimie pour l'analyse des traces

de catécholamines et molécules apparentées, *Thèse de doctorat*. Université d'Orléans, France.

**Schrage, R. 1990.** Untersuchungen zur Eignung von *Thryonomys swinderianus* (Grasnager) als landwirtschaftliches Nutztier. Thèse de doctorat, Universität de Hohenheim R.F.A), 112 pages.

**Scott J.P. et Fuller J.L., 1965.** Genetics and the Social Behavior of the Dog. *University of Chicago Press*, Chicago, Illinois.

**Senou, 1995.** Elaboration de programme de sélection des mutants ; Projet de Promotion de l'Élevage d'Aulacodes (PPEAu). PN : 93.2150.6-01.100

**Simpson G., 1945.** The principles of classification of mammals. Bull. of the American museum of Natural History, Vol. 85, New York

**Skinner J.D. et Smithers R.H.N., 1990. In Hoffmann, M. 2008.** *Thryonomys swinderianus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>. Downloaded on 25 February 2015.

**Temminck C.I., 1827.** *Aulacodus swinderianus* Temminck 1827. Monographies de mammalogie I, Sierra Leone: 248.

**Thomas O., 1894.** Description of a new species of reed-rat (*aulacodus*) from East Africa, with remarks on the milk-dentition of the genus. *Ann. Mag. Nat. Hist. XII, Ser. 6*: 202 – 204.

**Thomas O., 1922.** On the animals known as “ground-hog” or “cane-rats” in Africa *Ann. Mag. Nat. Hist. IX, Ser. 9*: 389 – 392.

**Tilders et Smelik, 1978. In Hanson A., 2006.** Rat Behavior and Biology: Couleur de la robe, tempérament et domestication, [www.ratbehavior.org](http://www.ratbehavior.org), consulté le 14 Septembre 2014 à 13h.

**Tondji P.M. et Agbessi F., 1992.** Données générales sur l'anatomie de l'aulacode (*Thryonomys swinderianus*). *Actes de la première conférence sur l'Aulacodiculture* : 17 – 19 Février 1992 : Cotonou. 49 – 71.

**Tózsér J., Marcos K., Szentléleki A., Zàndoki R., Nikodémusz E., Balàzs F., Bailo A. et Alföldi L., 2003.** Evaluation of temperament in cows of different age and bulls of different colour variety. *Czech J. Anim. Sci.*, 48, 8: 344–348.

**Thompson J.R., Christopherson R.J., Hammond V.A., et Hills C.A., 1978.** Effects of acute cold exposure on plasma concentrations of noradrenaline and adrenaline in sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 5E: 23-28.

**Trinder P., 1969.** Determination of glucose in blood using glucose oxydase with an alternative oxygen acceptor. *Ann. Clin. Biochem*, 6: 24-27.

**Trut L.N., 1999.** Early Canid Domestication: The Farm-Fox Experiment. *American Scientist*, Vol. 87; 160 – 169.

Unceta N., Rodriguez E., de Balugera Z.G., Sampedro C., Goicolea M.A, S. Barrondo S., Sallés J., et Barrio R.J., 2001. *Anal. Chim. Acta* 444, 211. **In R-I. Chirita, 2009.** Développement de nouvelles méthodes séparatives compatibles avec une détection par spectrométrie de masse et par électrochimie pour l'analyse des traces de catécholamines et molécules apparentées, *Thèse de doctorat*. Université d'Orléans, France.

**Vietmeyer N.D., 1991.** Other rodents. *In: Microlivestock: little known small animals with a promising economic future.* Vietmeyer (ed.), National Research Council, National Academy Press, Washington: 277-282.

**Wang Y., Fice D.S., Yeung P.K.F., 1999.** *J. Pharm. Biomed. Anal.* 21, 519, **In R-I. Chirita, 2009.** Développement de nouvelles méthodes séparatives compatibles avec une détection par spectrométrie de masse et par électrochimie pour l'analyse des traces de catécholamines et molécules apparentées, *Thèse de doctorat*. Université d'Orléans.

**Wirth-Dzięciolowska E., Karaszewska J., Sadowski T., Pyśniak K., et Gajewska M., 2009.** Selected blood serum biochemical indicators in twelve inbred strains of laboratory mice. *Animal Science Papers and Reports* vol. 27 no. 2, 159-167.

**Wood A.E., 1955.** A revised classification of the rodents. *J. Mammal.* 36: 165-187.

[www.neur-one.fr](http://www.neur-one.fr): NEUROSCIENCES & comportements : NEURO-ENDOCRINOLOGIE DU STRESS ; 2<sup>ème</sup> partie : Gestion neuroendocrinienne du stress ; consulté le 10 Octobre 2012 à 17h55.

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org): La domestication ; consulté le 14 Septembre 2014 à 13h.

**ANNEXE : Communication et articles publiés**

Communication :

**UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI (UAC)**  
**VICE-RECTORAT CHARGE DE LA RECHERCHE UNIVERSITAIRE**  
**Abomey-Calavi – Bénin**

**ATTESTATION DE PARTICIPATION**

Je soussigné, Professeur **Maxime da CRUZ**, 1<sup>er</sup> Vice-Recteur, chargé des Affaires Académiques et de la Recherche Universitaire de l'Université d'Abomey-Calavi, atteste que Monsieur **ACA KPO COMONLA JÉRÔME LÉOPOLD**, a effectivement pris part au **5<sup>ème</sup> Colloque de l'UAC des Sciences, Cultures et Technologies** qui a eu lieu du 28 septembre au 03 Octobre 2015 **sur le Campus Universitaire d'Abomey-Calavi** et a présenté une communication intitulée « **Comparaison de la réponse endocrinienne et énergétique au stress entre aulacodes dociles et non dociles** ».

En foi de quoi, la présente attestation lui est délivrée pour servir et valoir ce que de droit.

Abomey-Calavi, le 07 Octobre 2015

**Professeur Maxime da CRUZ**

Article 1 :

## Neuroendocrine response to stress in tame versus untame grasscutters (*Thryonomys swinderianus*)

J. ACAKPO<sup>1</sup>, M. SENOU<sup>2\*</sup>, A. SEZAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département de Physiologie Animale, Faculté des Sciences et Techniques/Université d'Abomey-Calavi, Bénin.

<sup>2</sup>Département de Production Animale, Faculté des Sciences Agronomiques/Université d'Abomey-Calavi, Bénin

\* Corresponding author: [m\\_senou2002@yahoo.fr](mailto:m_senou2002@yahoo.fr)

**Abstract:** Ninety three grasscutters (*Thryonomys Swinderianus*) were sampled from various agro ecological areas of Benin and subjected to docility test by a scoring method. They were then submitted to blood sample collection and assaying of plasma concentration of catecholamines (adrenalin, noradrenalin) by HPLC as well as glucose concentration using Trinder's method. Multivariate analysis (MCA) revealed three distinct categories of animals according to docility and levels of catecholamines and glucose concentration. These results suggest good prospects of using catecholamines from the sympathetic nervous system as physiological indicator traits for selection on docility in grasscutter.

**Key words** - catecholamines, docility, glycaemia, grasscutter, stress

### 1. INTRODUCTION

Grasscutter (*Thryonomys Swinderianus*) is a wild rodent which is widespread in Africa and particularly in Benin. The exposure to a strong hunting pressure represented for this species a threat of extinction. In fact, the meat of this rodent is highly demanded for human consumption because of its organoleptic quality. Grasscutter breeding in tied captivity was initiated in Benin [1] in order to prevent for extinction of this species and to ensure at the same time the request of grasscutters' meat consumers. Efforts have been made first to control breeding management including feeding, housing and health care and then directed to selection on docility as well as productive and reproductive traits such as body weight and litter size. Following Belyaev (1979) [2], selection in wild animals raised in captivity is likely to induce a destabilization of the endocrine regulation system of ontogenesis and reproduction. Stress and temperament control by endocrine system is well known. It's also thinkable that, catecholamines (adrenalin, noradrenalin, and dopamine) can be used as physiological indicators of docility. The purpose of this work is to assess variability in plasmatic blood concentrations of neurotransmitters in grasscutters and to establish a link with docility of grasscutters undergoing domestication process. Prospects of using neurotransmitters as physiological indicator traits for selection was also examined.

### 2. MATERIALS AND METHODS

#### 2.1. ANIMAL MATERIAL

Experimental animals consists of 93 male grasscutters aged three to five months originated from four departments of Benin i.e. Atacora, Atlantic, Mono and Littoral. The numbers of animals by locality and department are presented in Table 1. Sampling of animals took place from March 2012 to November 2013.

Table 1: Numbers of the animals sampled by locality and department

Department	Locality of source	
Atacora	Natitingou	4
	AV	5
	Ayimevo	3
	Dekoungbé	6
Atlantique	Pahou	8
	PK_14	38
	SEAG	2
	SO_AVA	4
Mono	Ahieme	9
	Agla	1
Littoral	Akpakpa	8
	Gbégamey	5
Total		93

## 2.2. TEST ON DOCILITY

The docility test were carried out early in the morning before feeding. A scoring method using a behavioural scale along the lines with Kukekova et al. (2008) [3; 4], Albert et al. (2009) [5] was performed. The experimenter presents himself in front of the cage of the animal. The score of the animal is 4, if it flees because of fear. It obtains score 3, if it flees when the experimenter moves towards him. It is given score 2 when it flees only by the attempt of the experimenter to touch him. It obtains score 1, if it lets itself gently stroke.

## 2.3. BLOOD SAMPLING AND BIOLOGICAL ANALYSES

Animals received first an anaesthetic dose of 0.1 ml per live weight. Anaesthetic was administered by intramuscular injection at the underside of the tail's base. It is a compound in equal proportion of Xylazine hydrochloride: ROMPUNND and Ketamine hydrochloride: KETAVETND. The Blood was taken from fasted animals, early in the morning (07 o'clock) and was directed by cardiac puncture [6] Blood samples was collected in EDTA tubes and centrifuged at 3000 revolutions per minute. From blood plasma samples, catecholamines were assayed by HPLC [7; 8] whereas glycaemia was determined by Trinder's method [9].

## 2.4 STATISTICAL ANALYSIS

Statistical analysis was performed using the SAS package [10] and the procedures CORRESP for MCA and GLM for AOV. Variables studied were docility (DOC), glycaemia and plasmatic concentrations of adrenalin (ADR) and noradrenalin (NADR). Three levels referred to as low, medium and high were defined. For example, the classes ADR\_S, ADR\_M and ADR\_L correspond respectively to the levels low, medium and high of adrenalin concentration. The levels of noradrenalin concentration and glycaemia are derived analogously. As for the character docility, its levels are defined by the scores: low, medium and high, where the highest score correspond to the panicking animals, whereas the medium and low scores represent the moderately docile and very docile animals, respectively.

## 3. RESULTS AND DISCUSSIONS

The mean values ( $\pm$ SEM) of physiologic parameters assayed, i.e. adrenalin, noradrenalin, those of glycaemia and docility scores and multiple correlations are summarized in table 2.

Table 2: Mean values of physiologic parameters assayed: plasmatic concentrations of catecholamine (adrenalin, noradrenalin), that of glycaemia, docility scores and multiple correlations.

	Adrenalin ADR (ng/ml)	Noradrenalin NADR (ng/ml)	Glycaemia GL (g/L)	Docility DOC (score)
Mean $\pm$ SEM	0.029 $\pm$ 0.003	0.597 $\pm$ 0.072	1.468 $\pm$ 0.150	1.988 $\pm$ 0.137
Min.	0.010	0.020	0.233	1.000
Max.	0.080	1.74	3.873	3.800
Multiple Correlations				
ADR				
NADR	0.4735			
GL	- 0.2091	- 0.1641		
DOC	0.3743	0.1418	0.2996	

Mean values obtained in the present study for glycaemia compare well with those found by Farougou (1992) [6] and Akpona (1992) [11]. Values reported by the first author range from 1.47g/l to 2.32g/l and those documented by the second one vary from 1.13g/l to 2.6g/. Similar results (1.56g/l) were reported by Clark (1986) [12] in agouti (*Dasyprocta leporina*). Mean value of 1.6g/l were also obtained by Coudert (1978) [13] for glycaemia in rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). Wirth-Dzięciołowska et al (2009) [14] meanwhile assayed an average blood sugar of 1.3g/l in laboratory mice (*Mus musculus*). However, Al-Qarawi (2004) [15] and Padilla et al (2000) [16] reported lower average values for blood glucose in ruminants, respectively 0.61g/l in lambs (*Ovis aries*) and 0.9162g/l in deer (*Cervus elaphus*).

Average plasma concentration of adrenalin (Table 2) obtained in this study are similar to those recorded by Unceta et al (2001) and Sabbioni et al (2004) in rat [17]. Values found by these authors ranged from 0.002 to 0.6 ng/ml. Average blood adrenalin concentrations recorded by Ambad et al (2009) [18] in depressive patients (0.036 ng/ml) compare also with those obtained in the present study. In contrast, blood adrenalin concentrations assayed by Helge et al (2003) [19] in people exposed to stress are comparatively higher (0.128 ng/ml). Comparative higher values (from 0.07 to 1.2 ng/ml) to those obtain in the present study were reported for blood adrenalin concentration by Künzl et al (1999; 2003) [20; 21] in guinea pigs (*Cavea aperea*) and by De Boer et al (1987; 1990) [27; 28] and Enigk et al (2014) [22] in rats as well as by Wang et al (1999) [17] in rat and mice. More or less high values of plasmatic adrenalin concentration are documented in sheep by Thompson et al

(1978) [23], Paulick et al (1988) [24] and Coburn et al (2010) [25]. These are 0.07 ng/ml, 0.3 ng/ml and 1.2 ng/ml respectively. In the shark, Hight et al (2007) [26] reported values of up to 20.331 ng/ml, for blood adrenalin concentration.

The mean value found for plasmatic concentration of noradrenalin in the present work compare well with those reported by Künzl et al (1999) [20] in non-aggressive guinea pigs (0.4 ng/ml) and Coburn et al (2010) [25] in non-aggressive sheep (0.6 ng/ml). But it is higher than those reported by Wang et al (1999) [17] in mice (0.38ng/ml), by De Boer et al (1987, 1990) [27; 28] in stressed rat (0.349 ng/ml and 0.409 ng/ml respectively), by Thompson et al (1978) in non-stressed sheep (0.24 ng/ml), by Helge et al (2002) [19] in inactive persons (0.219 ng/ml) and by Ambad et al (2009) [19] in depressed people (0.386 ng/ml). Künzl et al (1999) [20], found in contrast a higher mean value (1.7 ng/ml) for noradrenalin plasmatic concentration in aggressive guinea pigs. Unceta et al (2001) and Sabbioni et al (2004) [17] quoted however reference values from 0.07 to 0.94 ng/ml for plasmatic noradrenalin concentration. Higher plasma or serum concentrations of noradrenalin (2.979 ng/ml and 4.453 ng/ml respectively), were also reported by Enigk et al (2014) [22] in rats, also by Paulick et al (1988) (0.66 ng/ml) [24] in sheep, and by Helge et al (2002) [19] in very active persons (0.743 ng/ml). Hight et al (2007) [26] reported a much higher noradrenalin concentration, 22.07 ng/ml in shark.

Multiple correlations found between the variables studied (Table 2) reflect the existence of more or less closer link between the neurotransmitters (adrenalin, noradrenalin), glycaemia and docility.

The two-dimensional multiple correspondence analysis plot explaining about 75% of the total inertia is displayed in Fig 1. The first axis (Dim 1) opposes fearful grasscutters to very docile ones. Fearful animals also referred to as cowards are characterised by a high level of plasmatic adrenalin concentration whereas very docile ones exhibit a low adrenalin release and medium glycaemia level. The second axis (Dim 2) opposes meanwhile, grasscutter with low level of plasmatic noradrenalin to those with medium to high level of blood noradrenalin concentration. The first axis seems to be determined by the catecholamines released by the adrenal medulla (adrenalin) whereas the second axis is determined by the sympathetic noradrenalin.

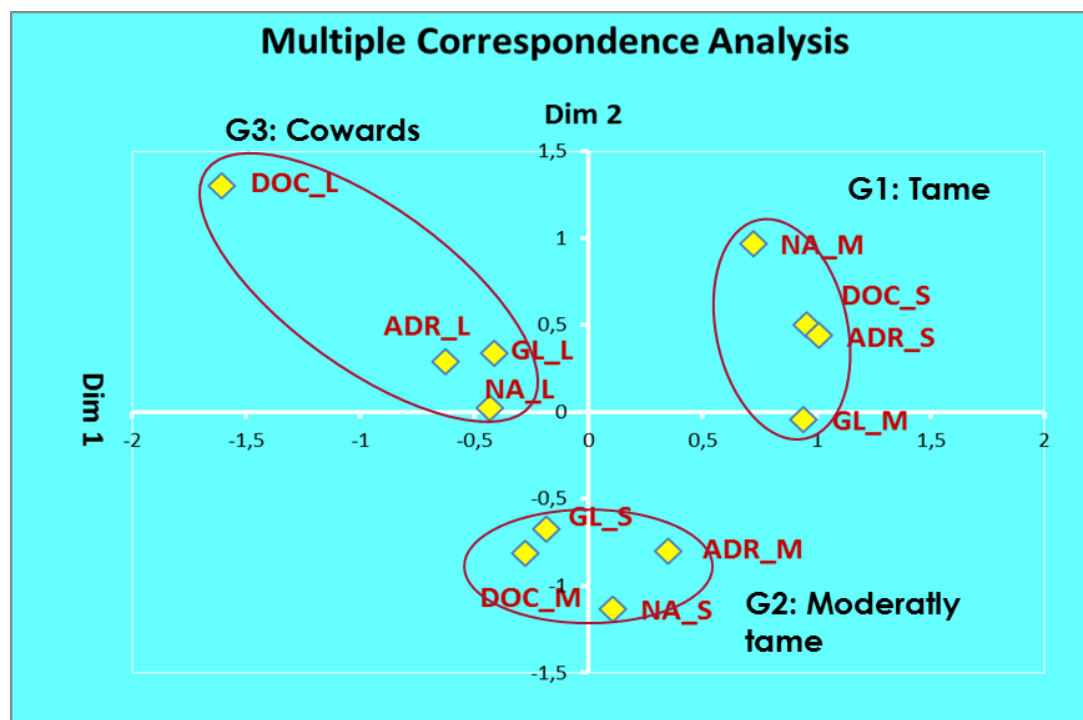


Figure 1: Results of the MCA and regrouping of the animals by category

As shown in Fig 1, MCA results reveal three groups of animals (G1, G2 and G3) with regard to levels of plasma adrenaline concentration and docility. The first group (G1) is characterized by the association of a low score of docility (<1.5) with a low adrenaline level (<0.02 ng/ml) and medium blood noradrenalin (from 0.32 to 0.465 ng/ml) and glucose (from 0.8 to 1.365 g/L) concentrations. This group can be called the docile or tame group. The second group, that of the moderately tame grasscutters show the association of having a medium score of docility (from 1.5 to 3), a moderate concentration of adrenalin (from 0.02 to 0.025 ng/ml) but weak concentrations of blood noradrenalin (< 0.32 ng/ml) and glucose (< 0.8 g/L). As for the third group (G3), here referred to as that of the cowards, it associates a high score of docility ( $\geq 3$ ) with very high plasmatic

concentrations of adrenalin ( $\geq 0.025$  ng/ml) and noradrenalin ( $\geq 0.465$  ng/ml) and a high level of glycaemia ( $\geq 0.8$  g/l).

Results of MCA provide evidence, that neurotransmitters profile can be used as physiologic marker of docility in grasscutter, as docile animals exhibit a low level of neurotransmitters release whereas non-docile animals are associated with a high level of neurotransmitters coupled with a high glycaemia.

These results are consistent with those of Thompson et al (1978) [23], De Boer et al (1987; 1990) [27; 28], Künzl et al (1999; 2003) [20; 21], Ambad et al (2009) [18], Coburn et al (2010) [25], Enigk et al (2014) [22], Hight et al (2007) [26], Ndlovu et al (2008) [29] and Higashiyama et al (2009) [30], who showed a significant difference in behavior of animals with respect to their catecholamine release. Accordingly, fearing animals are subject to a significant higher rise of catecholamine and glucose, compared to their tame ones. Blood plasma concentrations of adrenalin and noradrenalin reflect the reactivity of the autonomic nervous system [21] and blood glucose concentration, the energetic metabolism of living things.

Indeed, the increase in the concentrations of catecholamines and glucose observed in the stressed animals can be explained by the existence of a psychological activity as a response to environmental changes [27]. This activity may be caused by the stimulation of the sympathetic system and the adrenal medulla leading to the release of noradrenalin and adrenalin. Adrenalin might in tern accelerate heart and respiratory rhythm in order to supply muscles with oxygen required. Adrenalin might also be responsible for glycogenolysis and consequently for the rise of glycaemia, as glucose is needed by fearing animals for escape. On the other hand, the low concentration of catecholamines recorded in docile animals reflects a weak reactivity of autonomous nervous system to the stress caused by human contact [20]. This weak reactivity might result in a weak alertness, a low irritability and a poor sensitivity of tame grasscutters, compared to their fearful counterparts. This is consistent with Künzl's results from his experiment on aggressive versus non-aggressive guinea pigs [20]. Reduced reactivity is also required by captive animals in order to adapt to the human environment.

#### 4. CONCLUSION

Results reveal that the docility status of animals is significant for variation in the physiological traits assayed. Inversely physiological parameters such as plasmatic concentrations of catecholamines (adrenalin and noradrenalin) coupled with blood glucose level can be viewed as indicator traits for selection on docility. To gain more understanding of the genetic basis of tameness, molecular genetic analysis are highly desirable in order to identify genes coding for tameness.

#### 5. ACKNOWLEDGEMENT

The authors thank ATINDOGBE Gilbert for his contribution to the interpretation of statistical of result from statistical analysis. Greater thanks are owed to BOKO Cyrille for blood sample collection. This work was completed thanks to the collaboration of head office of breeding of the Ministry for the Agriculture, Animal breeding and Fishery of the Benin.

## REFERENCE

- [1]. G. A. Mensah, Elevage expérimental d'aulacodes: 2<sup>ème</sup> rapport d'activité. DEP/MFEPP/Cotonou, Bénin, 1983.
- [2]. D. K. Belyaev, Destabilizing selection as a factor in domestication. *J Hered*, 70, 1979, 301– 308
- [3]. A. V. Kukekova, L. N. Trut, K. Chase, D. V. Shepeleva, A. V. Vladimirova, A. V. Kharlamova, I. N. Oskina, A. Stepika, S. Klebanov, H. N. Erb and G. M. Acland, A marker set for construction of a genetic map of the silver fox (*Vulpes vulpes*). *J Heredity* 95, 2004, 185–194.
- [4]. A. V. Kukekova, L. N. Trut, K. Chase, D. V. Shepeleva, A. V. Vladimirova, A. V. Kharlamova, I. N. Oskina, A. Stepika, S. Klebanov, H. N. Erb and G. M. Acland, Measurement of Segregating Behaviors in Experimental Silver Fox Pedigrees; *Journal Behav Genet*, 38, 2008, 185–194.
- [5]. F. W. Albert, Ö. Carlborg, I. Playusnina, F. Besnier., D. Hedwig, S. Lautenschläger, D. Lorenz, J. McIntosh, C. Neumann, H. Richter, C. Zeising, R. Kozhemyakina, O. Shchepina, J. Kratzsch, L. Trut, D. Teupser, J. Thiery, T. Schöneberg, L. Andersson and S. Pääbo. Genetic Architecture of Tameness in a Rat Model of Animal Domestication. *Genetic society of America*, 182, 2009, 541 – 554
- [6]. S. Farougou, *Contribution à l'établissement des valeurs usuelles sériques chez l'grasscutter mâles adultes (Thryonomys Swinderianus TEMMINCK, 1827)*, doctoral diss, Ecole-Inter Etat des Sciences et Médecines Vétérinaires, Université CHEIKH ANTA DIOP de Dakar, Sénégal, 1992.
- [7]. P. Mormède, R. Dantzer, R.M. Bluthe, J. C. Cartitez, Differences in adaptive abilities of three breeds of Chinese pigs. Behavioural and neuroendocrine studies. *Génét. Sel. Evol*, 16 (1), 1984, 85 - 92
- [8]. P. Mormède, Les réponses neuroendocriniennes de stress. *Rec. Méd. Vet*, 1988, 723-741
- [9]. P. Trinder, Determination of glucose in blood using glucose oxydase with an alternative oxygen acceptor. *Ann. Clin. Biochem*, 6, 1969, 24-27.
- [10]. SAS institute, SAS® Statistics Users Guide, Statistical Analysis System, (5th edition, 8.2 version, 1999, (Carry, NC, SAS Institute Inc.)
- [11]. S. A. Akpona, A. Ribas, P. M. Tondji and C. T. Akomedi, Valeurs usuelles de quelques constants biochimiques et certains éléments ioniques de l'grasscutters (*Thryonomys swinderianus*) en captivité étroite: 1<sup>st</sup> Intern. Conf. of Aulacodiculture, Cotonou, Bénin, 1992, 35 – 38.
- [12]. J. D. Clark, and E.D. Olfert, Rodents in M.E. Fowler (Ed), *Zoo & Wild Animal Medicine*, (Denver, Colorado: Moris Animal Fondation 1986) 727 – 747.
- [13]. P. Coudert, J. Vaissaire and D. Licois, Etude de l'évolution de quelques paramètres sanguins chez les lapereaux atteints de coccidiose intestinale. *Rec. Med. Vet*, 14 (5), 1978, 437 – 440.
- [14]. E. Wirth-Dzięciolowska, J. Karaszewska, T. Sadowski, K. Pyśniak, M. Gajewska, Selected blood serum biochemical indicators in twelve inbred strains of laboratory mice. *Animal Science Papers and Reports*, 27 (2), 2009, 159-167
- [15]. A. Al-Qarawi, Changes in Plasma Insulin, Thyroid Hormones, Non- Esterified Fatty Acids and Blood Glucose in Underfed Najdi Lambs. *Benha Vet.Med.J*, 15 (2), 2004, 1 – 8.
- [16]. S. J. Padilla, G. F. Bouda, J. L. Quiroz-Rocha, A. Davalos, A. Sanchez, Biochemical and Haematological Values in Venous Blood of Captive Red Deer (*Cervus elaphus*) at High Altitude. *Acta Vet. Brno*, 69, 2000, 327-331.
- [17]. Y. Wang, D. S. Fice, P. K. F. Yeung, J. Pharm. Biomed. Anal. 21 (1999) 519, in R-I. Chirita, *Développement de nouvelles méthodes séparatives compatibles avec une détection par spectrométrie de masse et par électrochimie pour l'analyse des traces de catécholamines et molécules apparentées*, doctoral diss. Université d'Orléans, France, 2009.
- [18]. V. Ambad, A. Brig, C. P Singh, B. L. Somani, and D. Basannar, Adrenaline, Noradrenaline and Dopamine Level Estimation in Depression: Does it help? *MJAFL*, 65 (3), 2009, 216 - 220
- [19]. J.W. Helge, B. Stallknecht., B. K. Pedersen, H. Galbo, B. Kiens and E. A. Richter, The effect of graded exercise on IL-6 release and glucose uptake in human skeletal muscle. *J Physiol*, 546 (1), 2003, 299–305
- [20]. C. Künzl and N. Sachser, The Behavioral Endocrinology of Domestication: A Comparison between the Domestic Guinea Pig (*Cavia aperea f. porcellus*) and Its Wild Ancestor, the Cavy (*Cavia aperea*). *Hormones and Behavior*, 35, 1999, 28–37
- [21]. C. Künzl, S. Kaiser, E. Meier and N. Sachser, Is a wild mammal kept and reared in captivity still a wild animal? *Hormones and Behavior*, 43, 2003, 187–196
- [22]. F. Enigk, A. Wagner, R. Samapati, Rittner H., Brack A., Mousa S.A, Schäfer M., Habazettl H. and J. Schäper, Thoracic epidural anesthesia decreases endotoxin-induced endothelial injury. *BMC Anesthesiology*, 14 (23), 2014, 1 – 11.
- [23]. J. R. Thompson, R. J. Christopherson, V. A. Hammond, and C. A. Hills, Effects of acute cold exposure on plasma concentration of noradrenaline and adrenaline in sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 58, 1978, 23-28
- [24]. R. Paulick, O. Schwab, E. Kastendieck and H. Wernze, Plasma free and sulfoconjugated catecholamines during acute asphyxia in the sheep fetus — relation to cardiovascular parameters. *J. Perinat. Med.* 16, 1988, 113 - 121
- [25]. S. Coburn, M. Salman, J. Ryan, T. Keefe, M. McCollum, K. Aune, T. Spraker and L. Miller, "Comparison of Endocrine Response to Stress between Captive-Raised and Wild-Caught Bighorn Sheep, *Journal of Wildlife Management*, 74 (3), 2010, 532–538
- [26]. B. V. Hight, D. Holts, J. B. Graham, B. P. Kennedy, V. Taylor, C. A. Sepulveda, D. Bernal, D. Ramon, R. Rasmussen and N. C. Lai, Plasma catecholamine levels as indicators of the post-release survivorship of juvenile pelagic sharks caught on experimental drift longlines in the Southern California Bight, *Marine and Freshwater Research*, 58, 2007, 145–151.
- [27]. S. F. DE Boer and J. Van Der Gugten, Daily Variations in Plasma Noradrenaline, Adrenaline and Corticosterone Concentrations in Rats. *Physiology & Behavior*, 40, 1987, 323-328
- [28]. S. F. DE Boer, S. J. Koopmans, J. L. Slangen and J. Van Der Gugten, Plasma Catecholamine, Corticosterone and Glucose Responses to Repeated Stress in Rats: Effect of Interstressor Interval Length. *Physiology & Behavior*, 47, 1990, 1117-1124.
- [29]. T. Ndlovu, M. Chimonyo, A. I. Okoh and V. Muchenje, A comparison of stress hormone concentrations at slaughter in Nguni, Bonsmara and Angus steers. *African Journal of Agricultural Research*, 3 (2), 2008, 96-100
- [30]. Y. Higashiyama, M. Nashiki and H. Narita, Urinary Catecholamine and Cortisol Responses of Japanese Shorthorn Cows to Social Isolation, *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 22 (10), 2009, 1437 – 1440.

**Article 2 : Accepté en cours de publication**

**Catecholamines profile as physiological indicator trait for selection on docility in grasscutter (*Thryonomys swinderianus*)**

J. ACAKPO<sup>1</sup>, M. SENOU<sup>2\*</sup>, C. BOKO<sup>3</sup>, A. SEZAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Département de Physiologie Animale, Faculté des Sciences et Techniques/Université d'Abomey-Calavi, Bénin.*

<sup>2</sup>*Département de Production Animale, Faculté des Sciences Agronomiques/Université d'Abomey-Calavi, Bénin*

\* Corresponding author: [m\\_senou2002@yahoo.fr](mailto:m_senou2002@yahoo.fr) (00229) 97 40 26 67

**Abstract:** The present work is designed to investigate the link between plasmatic concentrations of catecholamines (adrenaline, noradrenaline) and glycaemia as well as the docility and coat color in grasscutter (*Thryonomys swinderianus*). Docility test were performed on animals, using a scoring method along the lines with Kukekova. Experimental animals were then submitted to blood sample collection and assaying of plasma concentration of catecholamines by HPLC coupled with an electrochemical method. Glycaemia were determined using Trinder's approach. AOV reveal that docility status of animals and coat color are significant for variation in the physiological traits assayed. These results show that, autonomous nervous system influenced both the temperament and the coat color of the grasscutter in the process of domestication.

**Key words** - catecholamines, docility, glycaemia, grasscutter, stress

## INTRODUCTION

Grasscutter is a rodent which is widespread in sub-Saharan Africa and also in Benin. Its meat is highly demanded for human consumption because of its organoleptic quality. Domestication of grasscutter began in Benin (1) because the hunting pressure on the wild population became a threat for extinction of this species. Domestication of this rodent in Benin involve breeding in tied captivity and selection on both behavioural trait (docility) and productive characters (growth rate, litter size). Selection can induce significant changes in ethological and reproductive traits and accelerate so with the process of differentiation and fixation leading to domesticated breeds. Thus Belyaev (1979) (2), found that selection on docility resulted in destabilization of the neuroendocrine ontogenesis control system and reproduction in silver fox. It is well known that the neurotransmitters control the state of stress in animals (3). For example, the neurotransmitters dopamine, noradrenalin and adrenalin which are involved in the stress response, have the same biochemical precursor as the melanin pigment (Ferry and Zimmerman, 1964) (4). Consequently, the catecholamines (Adrenalin, noradrenalin and dopamine) may be used as physiological indicators for selection on docility in grasscutter. The dosage of blood catecholamines may therefore be a good alternative to the measurement of docility by visual appreciation of animal behaviour by human presence. In addition, selection on docility using physiological indicator traits, if efficient, may speed up the domestication process in grasscutter. The present work is aimed to assess the plasma concentration of catecholamines in grasscutter and to provide some

evidence of their influence on docility and coat color in species undergoing domestication process.

## MATERIALS AND METHODS

### ANIMAL MATERIAL

Experimental animals consists of male grasscutters aged three to five months sampled throughout four departments of Benin i.e. Atacora, Atlantic, Mono and Littoral as indicated in **Table 1**. Sampling of animals took place from March 2012 to November 2013.

Table 1: Numbers of the animals sampled by locality and department

Department	Locality of source	
Atacora	Natitingou	4
	AV	5
	Ayimevo	3
	Dekoungbé	6
Atlantique	Pahou	8
	PK_14	38
	SEAG	2
	SO_AVA	4
Mono	Ahieme	9
	Agla	1
Littoral	Akpakpa	8
	Gbégamey	5
Total		93

### TEST ON DOCILITY

The docility test were carried out early in the morning before feeding. A scoring method using a behavioural scale (5; 6; 7) was performed. The experimenter presents himself in front of the cage of the animal. The score of the animal is 4, if it flees because of fear. It obtains score 3, if it flees when the experimenter moves towards him. It is given score 2 when it flees only by the attempt of the experimenter to touch him. It obtains score 1, if it lets itself gently stroke.

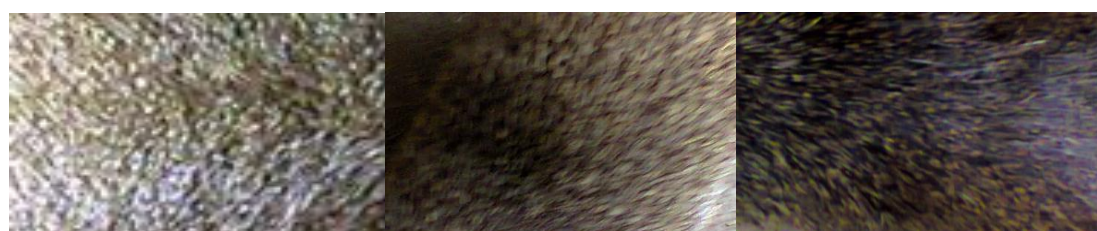
### BLOOD SAMPLING AND BIOLOGICAL ANALYSES

Animals received first an anaesthetic dose of 0.1 ml per live weight. Anaesthetic was administered by intramuscular injection at the underside of the tail's base. It is a compound in equal proportion of Xylazine hydrochloride: ROMPUNND and Ketamine hydrochloride: KETAVETND. The Blood was taken from fasted animals, early in the morning (07 o'clock) and was directed by cardiac puncture (8) Blood samples was collected in EDTA tubes and

centrifuged at 3000 revolutions per minute. From blood plasma samples, catecholamines were assayed by HPLC (9; 10) whereas glycaemia was determined by Trinder's method (11).

### STATISTICAL ANALYSIS

Statistical analysis was performed using the SAS package (12) and the procedure GLM for AOV. Variables studied were docility (DOC), glycaemia and plasmatic concentrations of adrenalin (ADR) and noradrenalin (NADR). The levels of the factor coat colour were: normal, light grey and dark grey as shown in Fig 1



Light grey

Dark grey

Normal

Figure 1: Coat colour pattern in the studied grasscutters

### RESULTS AND DISCUSSIONS

The plasmatic concentrations of adrenalin, noradrenalin and glucose assayed as influenced by the factors docility and coat color are presented in the Table 2.

Table 2: Significance of docility and coat color for variation of plasmatic concentrations of catecholamines (adrenalin, noradrenalin) and glucose

	Groups	Adrenalin (ng/ml)	Noradrenalin (ng/ml)	Glycaemia (g/l)
Docility	**	**	*	*
	4. Tame	0.020 <sup>b</sup>	0.454 <sup>b</sup>	1.242 <sup>b</sup>
	5. Moderately tame	0.033 <sup>ab</sup>	0.641 <sup>ab</sup>	1.482 <sup>b</sup>
Color	6. Untame	0.044 <sup>a</sup>	0.836 <sup>a</sup>	2.007 <sup>a</sup>
	**	**	**	n.s.
	4. Light grey	0.018 <sup>b</sup>	0.492 <sup>b</sup>	1.508 <sup>a</sup>
5. Normal	0.02 <sup>ab</sup>	0.429 <sup>b</sup>	1.48 <sup>a</sup>	
6. Dark grey	0.040 <sup>a</sup>	0.907 <sup>a</sup>	1.42 <sup>a</sup>	

\* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ ; \*\*\* =  $p < 0.001$ ; n.s. nonsignificant; In the same column, averages with the same letters are not significantly different.

Results presented in Table 2 and the Fig 2 show that the factor docility is significant ( $p < 0.01$ ) for variation in the plasmatic concentration of adrenalin. Thus, the tame animals have a

plasmatic concentration of 0.02 ng/ml against 0.044 ng/ml in their untame counterparts here referred to as "cowards". The moderately tame animals, have an intermediate average concentration (0.033 ng/ml) of adrenalin.

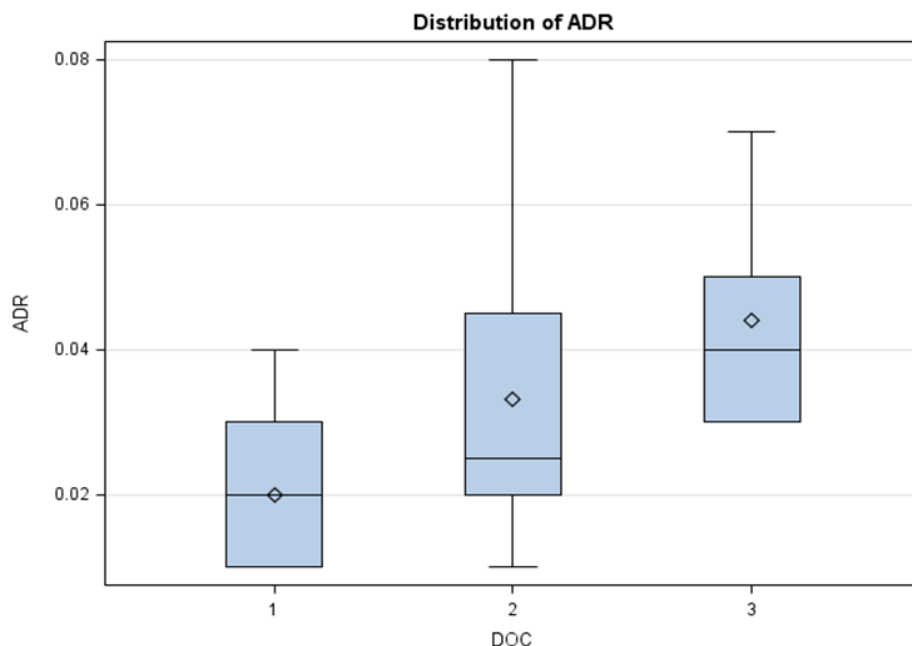


Figure 2: Variation of the plasmatic concentration of adrenalin according to docility

AOV results (Table 2) reveal that the plasmatic concentration of adrenalin is significantly affected by the factor coat color ( $p < 0.01$ ). Indeed, the plasmatic concentration of adrenalin is very high (0.040 ng/ml) in the grasscutters with dark grey coat color, compared to those with light grey coat color (0.018 ng/ml). Mean values of plasmatic concentration of adrenalin are significantly different as shown in Fig 3.

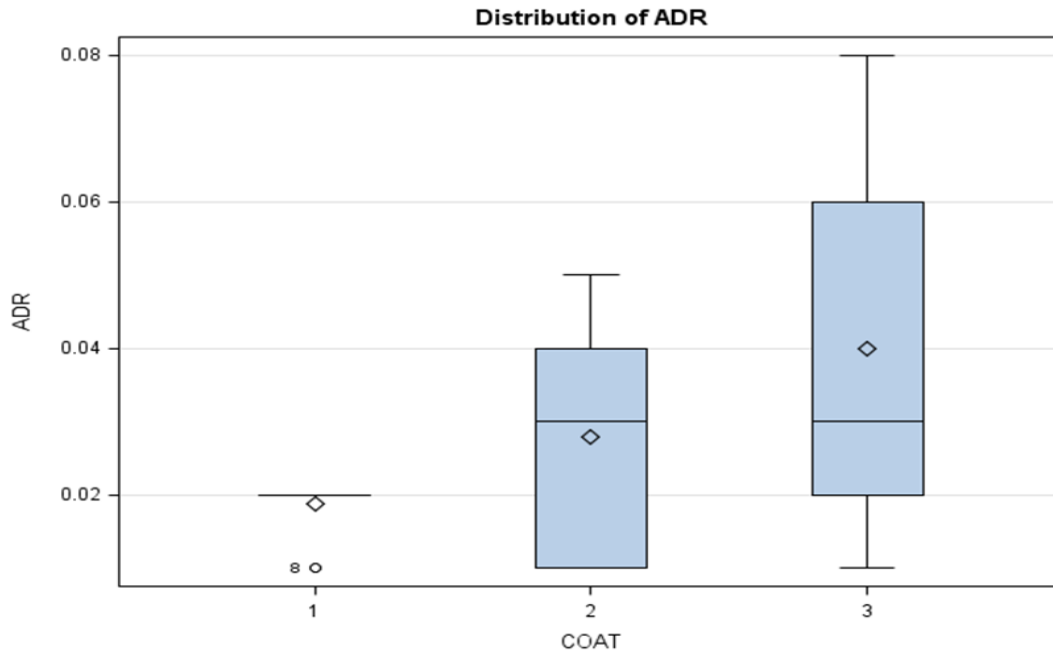


Figure 3: Variation of the plasmatic concentration of adrenalin according to the coat color

Fig 4 shows that the factor docility significantly affects ( $p < 0.05$ ) the plasmatic concentration of noradrenalin in grasscutters. The untame grasscutters have a plasmatic higher noradrenalin concentration (0.836 ng/ml) unlike to tame (0.464 ng/ml) and moderately tame (0.641ng/ml) ones. This result thus shows that plasmatic noradrenalin is significantly influenced by docility.

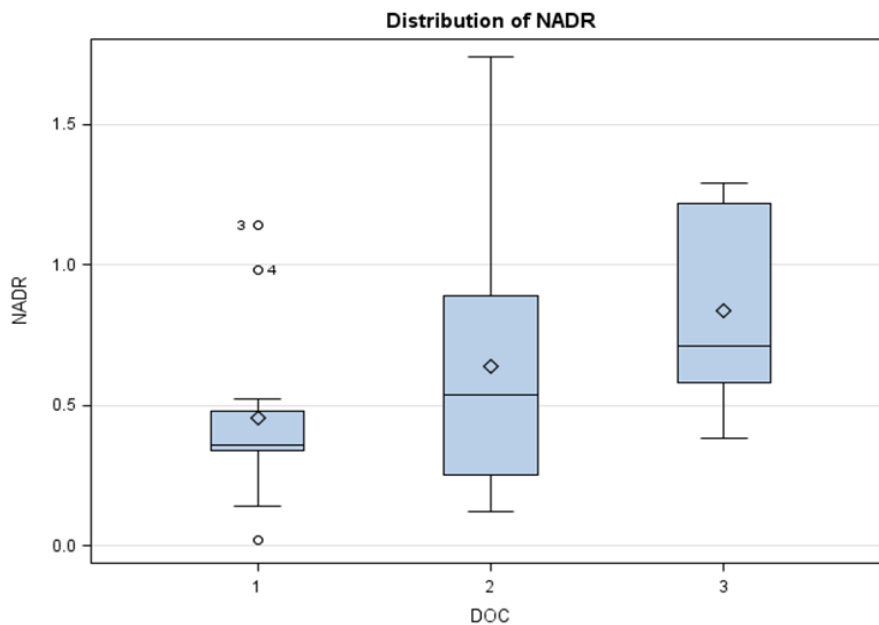


Figure 4: Variation of the plasmatic concentration of noradrenalin according to docility

Results also show (Table 2) that coat color explains significantly ( $p < 0.01$ ) the variation in plasmatic noradrenalin concentration. Fig 5 presents the variation of the plasmatic noradrenalin concentration according to the coat color. This figure shows a very high concentration (0.907 ng/ml) of noradrenalin for dark grey coat color and a weak concentration (0.492 ng/ml) for light grey and normal (0.429 ng/ml) ones. However, the plasmatic noradrenalin concentrations of light grey and normal coat colored animals are not significantly different from each other. In contrast dark colored animals are significantly different from both normal and light grey animals with regard to plasmatic concentration of noradrenalin.

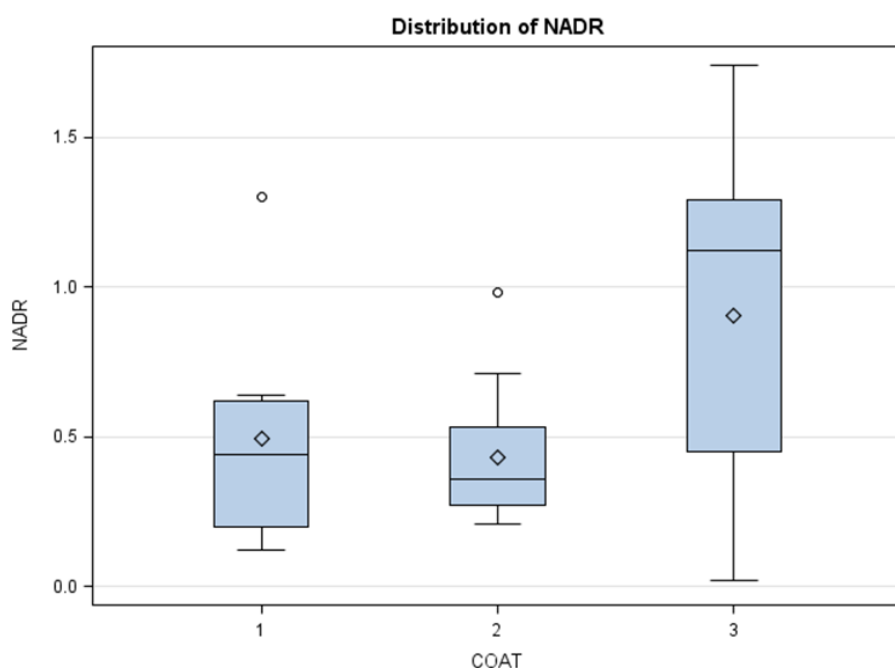


Figure 5: Variation of plasmatic concentration of noradrenalin according to the cat color

Results show that the glycaemia ( $p < 0.05$ ) is significantly influenced by the docility in experimental animals (Table 2). Fig 6 shows that blood concentration of glucose in the tame animals (1.42 g/l) and moderately tame (1.48 g/l) ones are lower than that of the untame (2.01 g/l) subjects. The significance of the plasmatic concentration of glucose was also reported by Thompson et al. (1977) (13) and Montané et al. (2002) (14), respectively to the sheep and the roe-deer. These authors report that the glycaemia is significantly higher in the stressed animals, compared with the less stressed subjects. However, De Boer (1990) (15) and Tabatabai-Mir et al. (2012) (16) reported that the temperament (stressed versus calms) does not exert any significant influence on the variation of the glycaemia, respectively in the rat and the mouse.

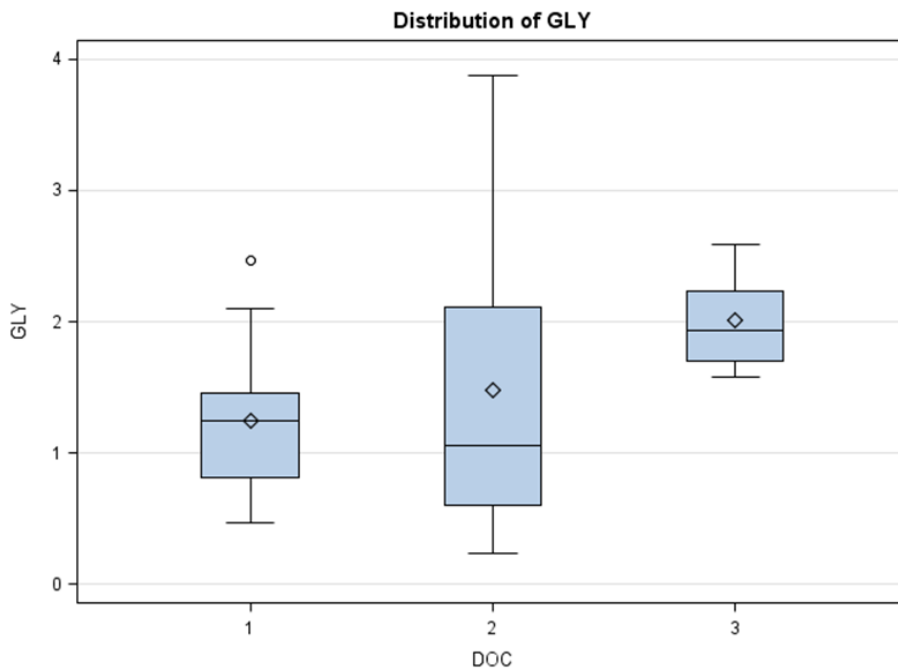


Figure 6: Variation of the glycaemia according to docility

Results show (Table 2) that the coat color doesn't significantly affect the variation of glycaemia in the grasscutters. As a consequence, the differences observed in the mean plasmatic concentrations of glucose (Fig 7) were not significant ( $p > 0.05$ ) for with light grey, normal and grey dark animals. These are 1.51 g/l, 1.50 g/l and 1.42 g/l respectively for the animals coat color.

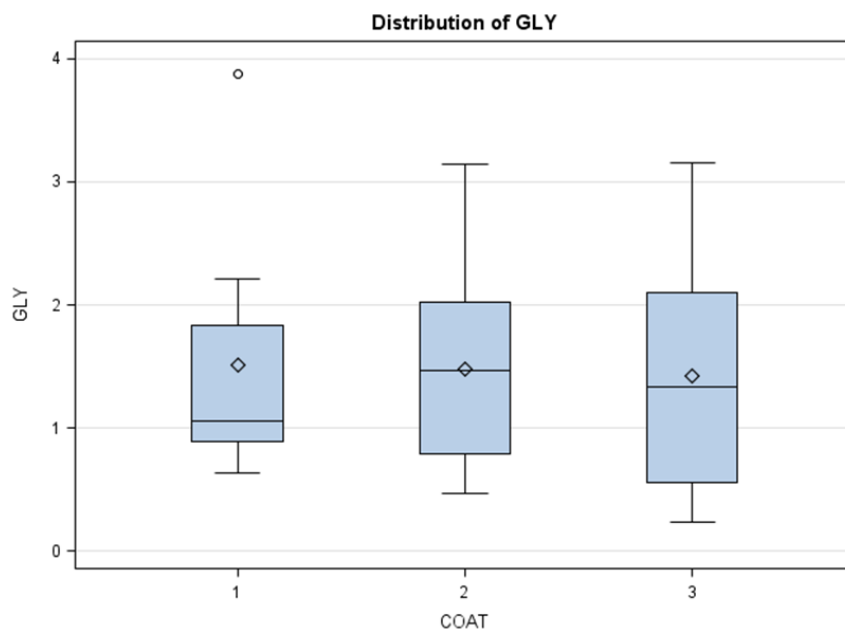


Figure 7: Variation of the glycaemia according to the coat color

The different results show that docility and coat color influence significantly the variation in plasmatic concentration of catecholamines (adrenalin, noradrenalin). On the other hand, glycaemia is only influenced by docility but not by coat color. Result show that the two catecholamines could be implied in the distribution of the coat color in the grasscutters. This assumption is consistent by the work of Ferry and Zimmerman (1964) (4), which reported that the neurotransmitter dopamine and the hormones noradrenaline and adrenaline, which are involved in the stress response, have the same biochemical precursor as the melanin pigments. In addition, dopamine directly influences pigment production by binding to the pigment-producing cells. Dopamine indirectly influences pigment production by inhibiting pituitary melanotropin, also known as melanocyte stimulating hormone (MSH), which is responsible for stimulating pigment cells to produce pigment. According the Hanson (2006) (17), a change in coat color during domestication may therefore be an incidental by product of selection for tameness. Hanson (2006) also reported that the pigment cells are also found in the autonomous nervous system, which releases adrenalin and noradrenalin. These results reveal that docility and the coat color are both influenced by the endocrine system.

## **CONCLUSION**

The present work show that there is a correlation between the temperament of the grasscutters and plasmatic concentrations of neurotransmitters (adrenalin, noradrenalin) and blood glucose released by these animals as response to the stress caused by human presence. The results show that plasmatic concentrations of catecholamines and glucose can be used as physiological indicators of docility and coat color in the grasscutters. As a consequence, tame and untame grasscutters can be identify based on their plasmatic concentrations of catecholamines. This work also shows that the autonomous nervous system exert an influence on both the docility and coat color in grasscutters in the process undergoing domestication.

## **ACKNOWLEDGEMENT**

The authors thank ATINDOGBE Gilbert for his contribution to the interpretation of statistical of result from statistical analysis. Greater thanks are owed to DOSSA François for blood sample collection. This work was completed thanks to the collaboration of head office of breeding of the Ministry for the Agriculture, Animal breeding and Fishery of the Benin.

## Reference

1. Mensah, GA. 1983. Elevage expérimental d'aulacode. Deuxième rapport d'activité. DEP/MFEPP/Bénin
2. Belyaev DK. Destabilizing selection as a factor in domestication. *J Hered* 1979;70: 301– 8.
3. Hemmer H. 1990. Domestication – The decline of environmental appreciation. Cambridge University Press
4. Ferry and Zimmerman, In Hanson A., 2006: Couleur de la robe, tempérament et domestication; Rat Behavior and Biology
5. Kukekova AV, Trut LN, Chase K, Shepeleva DV, Vladimirova AV, Kharlamova AV, Oskina IN, Stepika A, Klebanov S, Erb HN, Acland GM. A marker set for construction of a genetic map of the silver fox (*Vulpes vulpes*). *J Heredity* 2004; 95: 185–194.
6. Kukekova AV, Trut LN, Chase K, Shepeleva DV, Vladimirova AV, Kharlamova AV, Oskina IN, Stepika A, Klebanov S, Erb HN, Acland GM. Measurement of Segregating Behaviors in Experimental Silver Fox Pedigrees; *Journal Behav Genet* 2008; 38: 185–194.
7. Albert FW, Carlborg Ö, Playusnina I, Besnier F, Hedwig D, Lautenschläger S, Lorenz D, McIntosh J, Neumann C, Richter H, Zeising C, Kozhemyakina R, Shchepina O, Kratzsch J, Trut LN, Teupser D, Thiery J, Schöneberg T, Leif A, Pääbo S.. Genetic Architecture of Tameness in a Rat Model of Animal Domestication. *Genetic society of America* 2009; 182: 541 - 554
8. Farougou S, *Contribution à l'établissement des valeurs usuelles sériques chez l'grasscutter mâles adultes (Thryonomys Swinderianus TEMMINCK, 1827)*, doctoral diss, Ecole-Inter Etat des Sciences et Médecines Vétérinaires, Université CHEIKH ANTA DIOP de Dakar, Sénégal, 1992.
9. Mormède P, Dantzer R, Bluthe RM, Cartitez JC. Differences in adaptive abilities of three breeds of Chinese pigs. Behavioural and neuroendocrine studies. *Génét. Sel. Evol* 1984; 16 (1): 85 - 92
10. Mormède P. Les réponses neuroendocriniennes de stress. *Rec. Méd. Vet*, 1988; 723-741
11. Trinder P. Determination of glucose in blood using glucose oxydase with an alternative oxygen acceptor. *Ann. Clin. Biochem* 1969; 6: 24-27.

12. SAS institute, SAS® Statistics Users Guide, Statistical Analysis System, (5th edition, 8.2 version, 1999, (Carry, NC, SAS Institute Inc.)
13. Thompson JR, Christopherson RJ, Hammond VA, Hills CA. Effects of acute cold exposure on plasma concentration of noradrenaline and adrenaline in sheep, *Can. J. Anim. Sci.*1978; 58: 23-28
14. Montané J, Marco I, Lopez-Olvera J, Manteca X, Lavin S. Transport stress in roe deer (*Capreolus capreolus*): effects of a short-acting antipsychotic, *Animal Welfare* 2002; 11: 405-417
15. DE Boer SF, Koopmans SJ, Slangen JL, Van Der Gugten J. Plasma Catecholamine, Corticosterone and Glucose Responses to Repeated Stress in Rats: Effect of Interstressor Interval Length. *Physiology & Behavior* 1990; 47: 1117-1124.
16. Tabatabai-Mir H, Sataranatarajan K, Lee1 HJ, Bokov AF, Fernandez E, Diaz V, Choudhury GG, Richardson A, Kasinath BS. Rapamycin selectively alters serum chemistry in diabetic mice, *Pathobiology of again & Age-related Diseases* 2012, 2: 15896
17. Hanson A., 2006. Rat Behavior and Biology: Couleur de la robe, tempérament et domestication, [www.ratbehavior.org](http://www.ratbehavior.org); consulted on Septembre 14, 2014 at 13h

**TABLE DES MATIERES**

RÉSUMÉ & ABSTRACT .....	i
RÉSUMÉ .....	ii
ABSTRACT .....	iii
SOMMAIRE .....	iv
DÉDICACE .....	vii
HOMMAGES .....	ix
REMERCIEMENTS .....	xi
LISTE DES TABLEAUX, FIGURES & PHOTOS .....	xiii
LISTE DES TABLEAUX.....	xiv
LISTE DES FIGURES .....	xv
LISTE DES PHOTOS.....	xvii
SIGLES & ABRÉVIATIONS .....	xviii
INTRODUCTION .....	1
1 <sup>ère</sup> Partie : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉ SUR L’AULACODE .....	4
1.1 Historique de la domestication des rongeurs .....	5
1.2 Systématique de l’aulacode .....	6
1.3 Répartition géographique en Afrique. ....	7
1.4 Morphologie de l’aulacode .....	8
1.5 Habitat et écologie .....	10
CHAPITRE 2 : POINT SUR L’ÉLEVAGE DE L’AULACODE AU BENIN.....	11
2.1 Aperçu historique de l’élevage de l’aulacode.....	11
2.2 Différentes phases de l’élevage de l’aulacode au Bénin .....	11
2.3 Différents types d’élevage d’aulacode.....	12
CHAPITRE 3 : RÔLE DE LA SÉLECTION DANS LE PROCESSUS DE DOMESTICATION.....	13
3.1 Sélection animale .....	13
3.1.1 Définition et notion de base en sélection animale .....	13
3.1.2 Les types de sélection .....	13
3.1.2.1 Sélection naturelle.....	14
3.1.2.2 Sélection artificielle .....	17

3.1.2.3	Différence entre sélection naturelle et sélection artificielle .....	18
3.1.3	Objectifs et critères de sélection .....	20
3.1.4	Choix des méthodes de sélection .....	20
3.1.5	Paramètres génétiques d'une population sélectionnée pour un caractère quantitatif .....	21
3.1.5.1	La variance génétique .....	21
3.1.5.2	L'héritabilité des caractères .....	22
3.2	Domestication .....	23
3.2.1	Définition .....	23
3.2.2	Domestication et changements physiologiques .....	24
CHAPITRE 4 : SYSTÈME NEUROHORMONAL ET GESTION DU STRESS CHEZ LES VIVANTS .....		28
4.1	Système neurohormonal .....	28
4.1.1	Définition et généralités .....	28
4.1.2	Organisation du système nerveux .....	28
4.1.2.1	Hypothalamus .....	28
4.1.2.2	Le système nerveux autonome .....	33
4.2	Physiologie du stress .....	36
4.2.1	Stress et cerveau .....	36
4.2.2	La réponse adaptative de l'organisme au stress .....	37
4.2.3	La réaction d'alarme .....	38
4.2.4	La phase de résistance .....	39
4.2.5	Epuisement et pathologies .....	40
4.2.6	Bases neurobiologiques de la modulation cognitive .....	40
4.2.6.1	Programmation de réponses spécifiques .....	40
4.2.6.2	Modulation de l'impact du stress par des facteurs cognitifs .....	41
4.3	Les marqueurs biochimiques du stress .....	43
4.3.1	Les marqueurs dus à l'activation du système nerveux sympathique .....	43
4.3.1.1	Catécholamines et indolamines .....	43
4.3.1.2	Biosynthèse et dégradation des catécholamines .....	47
4.3.1.3	Métabolisme de la sérotonine .....	49
4.3.1.4	Les actions des catécholamines .....	51

4.3.1.5 Catécholamines et stress aigu .....	52
4.3.1.6 Synthèse sur le lien entre les catécholamines, la couleur de la robe et le tempérament.....	56
4.3.2 Les marqueurs dus à l'activation de l'axe corticotrope .....	57
2 <sup>ème</sup> Partie : MATÉRIELS & MÉTHODES .....	59
CADRE D'ÉTUDE.....	60
CHAPITRE 5: MATÉRIELS .....	60
5.1 Matériel animal .....	60
5.1.1 Critères d'inclusion et d'exclusion dans le choix du matériel animal .....	60
5.1.2 Composition du matériel animal.....	60
5.1.3 Gestion des animaux et manipulations .....	61
5.2 Matériels techniques .....	63
5.2.1 Matériels de prélèvement.....	63
5.2.2 Matériel de désinfection et d'anesthésie.....	63
5.2.3 Matériel de centrifugation et de froid .....	63
5.2.4 Matériel d'analyse.....	63
CHAPITRE 6: MÉTHODES .....	64
6.1 Test de docilité ou comportemental.....	64
6.2 Prélèvement sanguin et préparation du matériel biologique.....	64
6.3 Analyses de Laboratoire .....	65
6.3.1 Dosage du glucose .....	65
6.3.2 Dosage des catécholamines et de leurs dérivés .....	65
6.4 Traitement et analyses statistiques des données .....	66
6.4.1 Analyses de variances et analyses factorielles des correspondances multiples...	66
6.4.2 Evaluation des paramètres génétiques .....	67
3 <sup>ème</sup> Partie : PRÉSENTATION DES RÉSULTATS ET DISCUSSIONS.....	68
CHAPITRE 7 : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS PARTIELLES.....	68
7.1 Paramètres génétiques de la population.....	69
7.1.1 Héritabilité .....	69
7.1.2 Corrélations génétiques et phénotypiques avec les paramètres de production et de reproduction .....	69
7.2. Paramètres physiologiques indicateurs de stress .....	70

7.2.1 Valeurs moyennes des concentrations plasmatiques des neurotransmetteurs (adrénaline, noradrénaline), du glucose et corrélations avec la docilité.....	70
7.2.1.1 Glycémie.....	71
7.2.1.2 Adrénaline.....	71
7.2.1.3 Noradrénaline.....	72
7.2.2 Analyse des correspondances multiples entre la docilité, les neurotransmetteurs et la glycémie .....	73
7.2.3 Analyse de correspondances multiples entre la docilité, la couleur de la robe, les neurotransmetteurs et métabolites associés ainsi que la glycémie .....	76
7.2.4 Test de signification de l'effet de la docilité et de la couleur de la robe sur les paramètres physiologiques.....	82
7.2.4.1 Influence de la docilité et de la couleur de la robe sur la concentration d'adrénaline.....	84
7.2.4.2 Influence de la docilité et de la couleur de la robe sur la concentration plasmatique de noradrénaline .....	85
7.2.4.3 Influence de la docilité et de la couleur de la robe sur la concentration plasmatique de dopamine.....	87
7.2.4.4 Influence de la docilité et la couleur de la robe sur la concentration plasmatique de la DOPAC .....	89
7.2.4.5 Influence de la docilité et de la couleur de la robe sur la concentration plasmatique de 5-HIAA.....	91
7.2.4.6 Influence de la docilité et de la couleur de la robe sur la glycémie.....	93
CHAPITRE 8 : DISCUSSION GENERALE.....	96
CONCLUSION & PERSPECTIVES .....	99
CONCLUSION.....	100
PERSPECTIVES .....	101
BIBLIOGRAPHIE.....	102
ANNEXE : Communication et articles publiés .....	102
TABLE DES MATIERES .....	102