



**HAL**  
open science

# Étude analytique de l'alimentation des binturongs (arctictis binturong) en captivité

Enora Quenet

► **To cite this version:**

Enora Quenet. Étude analytique de l'alimentation des binturongs (arctictis binturong) en captivité. Médecine vétérinaire et santé animale. 2022. dumas-03956209

**HAL Id: dumas-03956209**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03956209v1>**

Submitted on 25 Jan 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ANNEE 2022 THESE : 2022– TOU 3 – 4073

---

# ETUDE ANALYTIQUE DE L'ALIMENTATION DES BINTURONGS (*ARCTICTIS BINTURONG*) EN CAPTIVITE

---

THESE D'EXERCICE

pour obtenir le titre de  
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement  
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

*par*

**QUENET Enora, Marie**

**Directrice de thèse : Mme Annabelle MEYNADIER**

---

**JURY**

PRESIDENT :

**M. Francis ENJALBERT**

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

ASSESEURS :

**Mme Annabelle MEYNADIER**

**M. Guillaume LE LOC'H**

Professeure à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Membre invitée :

**Mme Aude BOURGEOIS**

Docteur vétérinaire à la Ménagerie du Jardin des plantes de PARIS

**Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation  
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE**

**Liste des directeurs/assesseurs de thèse de doctorat vétérinaire**

**Directeur : Professeur Pierre SANS**

**PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE**

- M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
- M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Pharmacologie, thérapeutique*
- M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et industrie des aliments d'origine animale*
- Mme **CHASTANT-MAILLARD Sylvie**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, statistiques, modélisation*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la reproduction, endocrinologie*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la reproduction*
- M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour*
- Mme **TRUMEL Catherine**, *Biologie médicale animale et comparée*

**PROFESSEURS 1<sup>ère</sup> CLASSE**

- M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et industrie des aliments*
- Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, anatomie pathologique*
- Mme **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie vétérinaire*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*
- M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie des ruminants*
- M. **GUERIN Jean-Luc**, *Aviculture et pathologie aviaire*
- M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et maladies parasitaires*
- Mme **LACROUX Caroline**, *Anatomie pathologique, animaux d'élevage*
- Mme **LETRON-RAYMOND Isabelle**, *Anatomie pathologique*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et thérapeutique*
- M. **MAILLARD Renaud**, *Pathologie des ruminants*

**PROFESSEURS 2<sup>ème</sup> CLASSE**

- Mme **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
- M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
- Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*
- Mme **MEYNADIER Annabelle**, *Alimentation animale*
- M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, imagerie médicale*
- Mme **PAUL Mathilde**, *Epidémiologie, gestion de la santé des élevages avicoles*
- M. **RABOISSON Didier**, *Médecine de population et économie de la santé animale*

## **MAITRES DE CONFERENCES HORS CLASSE**

- M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la reproduction*  
Mme **BIBBAL Delphine**, *Hygiène et industrie des denrées alimentaires d'origine animale*  
Mme **CAMUS Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*  
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et toxicologie*  
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et mathématiques*  
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*  
Mme **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*  
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*  
M. **VOLMER Romain**, *Microbiologie et infectiologie*

## **MAITRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE**

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*  
Mme **BRET Lydie**, *Physique et chimie biologiques et médicales*  
Mme **BOUHSIRA Emilie**, *Parasitologie, maladies parasitaires*  
M. **CARTIAUX Benjamin**, *Anatomie, imagerie médicale*  
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*  
Mme **DANIELS Hélène**, *Immunologie, bactériologie, pathologie infectieuse*  
Mme **DAVID Laure**, *Hygiène et industrie des aliments*  
M. **DIDIMO IMAZAKI Pedro**, *Hygiène et industrie des aliments*  
M. **DOUET Jean-Yves**, *Ophtalmologie vétérinaire et comparée*  
Mme **FERRAN Aude**, *Physiologie*  
Mme **GRANAT Fanny**, *Biologie médicale animale*  
Mme **JOURDAN Géraldine**, *Anesthésie, analgésie*  
M. **JOUSSERAND Nicolas**, *Médecine interne des animaux de compagnie*  
Mme **LALLEMAND Elodie**, *Chirurgie des équidés*  
Mme **LAVOUE Rachel**, *Médecine Interne*  
M. **LE LOC'H Guillaume**, *Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*  
M. **LIENARD Emmanuel**, *Parasitologie et maladies parasitaires*  
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*  
Mme **MILA Hanna**, *Elevage des carnivores domestiques*  
M. **NOUVEL Laurent**, *Pathologie de la reproduction*  
M. **VERGNE Timothée**, *Santé publique vétérinaire, maladies animales réglementées*  
Mme **WASET-SZKUTA Agnès**, *Production et pathologie porcine*

## **INGENIEURS DE RECHERCHE**

- M. **AUMANN Marcel**, *Urgences, soins intensifs*  
M. **AUVRAY Frédéric**, *Santé digestive, pathogénie et commensalisme des entérobactéries*  
M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie des ruminants*  
M. **CROVILLE Guillaume**, *Virologie et génomique cliniques*  
Mme **DEBREUQUE Maud**, *Médecine interne des animaux de compagnie*  
Mme **DIDIER Caroline**, *Anesthésie, analgésie*  
Mme **DUPOUY GUIRAUTE Véronique**, *Innovations thérapeutiques et résistances*  
Mme **GAILLARD Elodie**, *Urgences, soins intensifs*  
Mme **GEFFRE Anne**, *Biologie médicale animale et comparée*  
Mme **GRISEZ Christelle**, *Parasitologie et maladies parasitaires*  
Mme **JEUNESSE Elisabeth**, *Bonnes pratiques de laboratoire*  
Mme **PRESSANTI Charline**, *Dermatologie vétérinaire*  
M. **RAMON PORTUGAL Félipe**, *Innovations thérapeutiques et résistances*  
M. **REYNOLDS Brice**, *Médecine interne des animaux de compagnie*  
Mme **ROUCH BUCK Pétra**, *Médecine préventive*

A notre Président de Thèse,

**Monsieur le Professeur Francis ENJALBERT**

Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

*Alimentation*

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse

Hommages respectueux

A notre Jury de Thèse,

**Madame le Professeur Annabelle MEYNADIER,**

Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

*Alimentation*

Pour avoir accepté de m'encadrer sur cette thèse qui sort de l'ordinaire et pour son soutien en toutes circonstances

Sincères remerciements

**Monsieur le Docteur Guillaume LE LOC'H,**

Maître de conférences de l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

*Médecine zoologique et santé de la faune sauvage*

Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury de thèse

Qu'il trouve ici la marque de toute notre considération

Au Docteur Aude BOURGEOIS, Vétérinaire de La Ménagerie du Jardin des plantes de Paris, pour sa précieuse aide tout au long de la réalisation de cette thèse et pour son soutien indéfectible, merci.

A tous les soigneurs animaliers des binturongs de La Ménagerie du Jardin des plantes de Paris, un grand merci pour votre accompagnement pendant mes semaines de stage.

Au Dr Francis CABANA, pour son aide et son expertise sur ce sujet aussi original.

A tous ceux qui m'entourent et que je chéris, merci pour votre soutien et pour avoir cru en moi pendant ces sept longues années.

# Etude analytique de l'alimentation des binturongs (*Arctictis binturong*) en captivité

<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS</b> .....	<b>7</b>
<b>GLOSSAIRE</b> .....	<b>10</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>11</b>
<b>I. BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>12</b>
A. Biologie du binturong .....	12
1. Taxonomie .....	12
2. Ecologie .....	14
<i>b) Lieu de vie</i> .....	<i>14</i>
<i>c) Mode de vie</i> .....	<i>17</i>
<i>d) Comportement sexuel</i> .....	<i>18</i>
3. Anatomie .....	19
<i>a) Généralités</i> .....	<i>19</i>
<i>b) Système génital</i> .....	<i>20</i>
4. Physiologie .....	22
<i>a) Reproduction</i> .....	<i>22</i>
<i>b) Comportement social</i> .....	<i>22</i>
B. Connaissances actuelles sur l'alimentation des binturongs .....	23
1. Anatomie du système digestif .....	23
2. Physiologie digestive .....	24
3. Comportement alimentaire .....	27
C. Santé .....	30
1. Maladies connues .....	30
2. Anesthésie du binturong .....	31
3. Médecine préventive .....	32
D. Conservation du binturong : pourquoi, comment ? .....	32
1. Rôle dans l'écosystème .....	32
2. Vulnérabilité et programme de conservation .....	33
E. L'animal en parc zoologique, recommandations actuelles .....	35
1. Gestion des effectifs .....	35
2. Modalités d'entretien .....	39
<i>a) Logement</i> .....	<i>39</i>
<i>b) Différences de comportement</i> .....	<i>40</i>
<i>c) Alimentation : estimation des besoins</i> .....	<i>40</i>
F. Conclusion .....	43

<b>II. ETAT DES LIEUX SUR LES RATIONS DISTRIBUEES AUX BINTURONGS EN CAPTIVITE .....</b>	<b>44</b>
A. Méthode d'acquisition des données .....	44
B. Entrée des données et approximations .....	46
C. Analyses des données .....	48
D. Résultats .....	48
1. Sur tous les zoos .....	48
2. Sur les zoos de catégorie A .....	57
3. Troubles observés dans les parcs zoologiques et lien avec l'alimentation .....	66
E. Recommandations concernant la ration à pratiquer .....	69
F. Discussion .....	72
 <b>III. ETUDE DE TERRAIN AU ZOO DE LA MENAGERIE DU JARDIN DES PLANTES (PARIS) .....</b>	 <b>74</b>
A. Niveau d'ingestion réel et préférences alimentaires .....	74
1. Matériels et méthodes .....	74
2. Résultats .....	75
3. Discussion .....	76
B. Etude du comportement alimentaire .....	78
1. Matériels et méthodes .....	78
2. Résultats .....	80
3. Discussion .....	84
 <b>IV. PERSPECTIVES EN RECHERCHE SUR LA NUTRITION DES BINTURONG .....</b>	 <b>86</b>
 <b>V. CONCLUSION.....</b>	 <b>87</b>
 <b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	 <b>89</b>
 <b>ANNEXES .....</b>	 <b>97</b>

## **TABLE DES ILLUSTRATIONS**

### **Graphiques :**

- Graphique 1 : Répartition de l'âge des binturongs captifs vivants (Zims©, 2021) : p36
- Graphique 2 : Répartition de l'âge de la mort des binturongs en parc zoologique sur les quinze dernières années (Zims©, 2021) : p36
- Graphique 3 : Taille de portées de binturongs nés en captivité (Zims©, 2021) : p38
- Graphique 4 : Mortalité néonatale des binturongs nés en captivité (Zims©, 2021) : p38
- Graphique 5 : Graphique montrant la composition des différentes rations en pourcentage de matières premières : p51
- Graphique 6 : Graphique montrant le nombre de rations en fonction de la quantité totale d'aliments qu'elles contiennent : p52
- Graphique 7 : Graphique montrant le nombre de rations en fonction de leur pourcentage de sources de protéines animales : p52
- Graphique 8 : Graphique montrant le nombre de rations en fonction de leur pourcentage en légumes : p53
- Graphique 9 : Graphique montrant le nombre de rations en fonction de leur pourcentage en fruits : p53
- Graphique 10 : Graphique montrant la corrélation négative entre le pourcentage de légumes et le pourcentage de fruits dans les rations : p54
- Graphique 11 : Graphique montrant les tendances en taille de coupe des fruits et légumes dans les zoos : p55
- Graphique 12 : Diagramme montrant la répartition des restes alimentaires par matières premières majoritaires : p56
- Graphique 13 : Graphique montrant l'énergie apportée par les rations de chaque parc zoologique : p58
- Graphique 14 : Graphique montrant la densité énergétique des rations des zoos : p59
- Graphique 15 : Graphique montrant la composition chimique de chaque ration exprimée en pourcentage de matière sèche : p60
- Graphique 16 : Graphique montrant la quantité de chaque matière première pour les zoos de catégorie A : p60
- Graphique 17 : Graphique montrant la composition en protéines brutes (en pourcentage de matière sèche) de chaque ration : p61
- Graphique 18 : Graphique montrant la composition en matière grasse (en pourcentage de matière sèche) des rations : p62

Graphique 19 : Graphique montrant les pourcentages en calcium et phosphore (en matière sèche) dans les rations : p63

Graphique 20 : Graphique montrant le ratio Ca/P calculé pour chaque ration : p64

Graphique 21 : Graphique montrant la corrélation positive entre le pourcentage de légumes et le pourcentage en fibre dans les rations : p65

Graphique 22 : Graphique montrant l'âge moyen de la mort des binturongs adultes par parc zoologique (inclus dans l'étude alimentaire) : p66

Graphique 23 : Graphique montrant la mortalité néonatale moyenne des parcs zoologiques (inclus dans l'étude alimentaire) : p67

Graphique 24 : Préférences alimentaires du groupe de binturongs de la Ménagerie du Jardin des Plantes : p76

Graphique 25 : Graphique montrant le temps moyen d'alimentation par le groupe par nuit selon les loges, n=8 nuits : p80

Graphique 26 : Graphiques montrant la différence du temps moyen d'alimentation par individu par nuit selon les loges, n=8 nuits : p81

Graphique 27 : Temps moyen d'alimentation du groupe par nuit selon le nombre de gamelles dans le champ de la caméra de la loge 1 : p82

Graphique 28 : Graphique montrant le temps moyen d'alimentation par nuit selon les individus : p83

### **Tableaux :**

Tableau 1 : Sous-espèces de binturongs décrites depuis 1821 (Veron et al. 2020) : p13

Tableau 2 : Mesures législatives mises en place dans le monde concernant la protection et la conservation du binturong (Debruille 2016) : p34

Tableau 3 : Longévité des binturongs selon le sexe (Zims©, 2021) : p37

Tableau 4 : Longévité des binturongs selon le sexe (Che-Castaldo et al. 2019) : p37

Tableau 5 : Intervalles recommandés de différents nutriments pour l'alimentation des binturongs (en pourcentage de matière sèche) (AZA 2010) : p41

Tableau 6 : Intervalles recommandés de différents nutriments calculés selon les constituants analytiques de différents aliments présents dans le régime alimentaire du binturong à l'état sauvage (F. Cabana non publié) : p42

Tableau 7 : Tableau montrant l'expression de la composition chimique retenue pour les matières premières : p47

Tableau 8 : Tableau montrant les valeurs de la ration des jeunes du zoo Z26 ainsi que les intervalles de référence pour les composants chimiques et les valeurs moyennes des matières premières et des composants chimiques des autres zoos : p68

Tableau 9 : Tableau montrant la composition chimique et la composition en quantités de matières premières d'une ration moyenne pour un adulte binturong : p70

### **Figures :**

Figure 1 : Photographie montrant le binturong femelle de la Ménagerie du Jardin des plantes et un de ses petits (Emmanuel Baril, MNHN) : p19

Figure 2 : Photographie montrant Anjir, le binturong mâle adulte de la Ménagerie du Jardin des plantes en train d'utiliser sa queue préhensile (Emmanuel Baril, MNHN) : p20

Figure 3 : Photographies montrant un membre postérieur (à gauche) et un membre antérieur (à droite) de binturong (Emmanuel Baril, MNHN) : p20

Figure 4 : Représentation schématique des régions génitales mâle (a : vue de face, b : vue de côté) et femelle (c : vue de face) chez un binturong adulte, les glandes de marquages sont représentées en pointillées (Story 1945) : p21

Figure 5 : Photographies de régions génitales vues de face mâle et femelle à l'âge adulte et chez des juvéniles (Aude Bourgeois, MNHN) : p21

Figure 6 : Tractus intestinal d'un binturong (rectum à gauche et pylore à droite) (McGrosky 2016) : p24

Figure 7 : Images capturées par les caméras dans les loges 1 et 2 des binturongs de la Ménagerie du jardin des Plantes (source : Ménagerie du Jardin des Plantes) : p79

### **Cartes :**

Carte 1 : Répartition géographique des binturongs (*The IUCN Red List of Threatened Species*. 2016) : p15

Carte 2 : Répartition géographique prédictive des binturongs sur l'île de Bornéo (Semiadi et al. 2016) : p16

## GLOSSAIRE

Ca : calcium

EAZA : European Association of Zoo and Aquarium (Association des aquarium et zoos européens)

EEP : Europäisches Erhaltungszuchtprogramm (Programme d'élevage européen des espèces menacées)

ENA : extractif non azoté

IUCN : International Union for Conservation of Nature and Natural Resources

MB : matière brute

MG : matière grasse

MS : matière sèche

ONG : organisme non gouvernemental

P : phosphore

PB : protéines brutes

Vit E : vitamine E

## **INTRODUCTION**

Le changement climatique, la destruction des écosystèmes et la prédation par l'homme sont des facteurs menaçant de multiples espèces animales à l'heure actuelle. De nombreux acteurs se mobilisent pour la protection des espèces menacées. Il peut s'agir d'acteurs *in-situ* comme les ONG agissant sur la protection de l'écohabitat, sur la connaissance de ces espèces ou sur la sensibilisation du grand public ; ou d'acteurs *ex-situ* principalement représentés par les parcs zoologiques et les associations de ces parcs comme l'EAZA.

Le binturong (*Arctictis binturong*) est classé par l'IUCN comme une espèce vulnérable. Cela a motivé en 2016 l'ouverture d'un programme d'élevage européen appelé « EAZA Ex-situ programme » (EEP). Ce programme a pour but de conserver la diversité génétique de cette espèce afin de pouvoir remplir un rôle de population de réserve, d'approfondir les connaissances à son sujet, de sensibiliser le public et de soulever des fonds pour la conservation in situ de cette espèce. Les programmes d'élevage de l'EAZA produisent des guides de bonnes pratiques d'élevage (appelés Best Practice Guidelines) afin de compiler les connaissances zootechniques à jour sur l'espèces et d'améliorer son élevage *ex-situ*.

L'EEP des binturongs travaille actuellement à la production de ces guidelines. C'est dans ce contexte que j'ai travaillé conjointement avec la coordinatrice du programme d'élevage européen des binturongs sur la partie alimentation.

Il faut savoir que les recommandations actuelles pour l'alimentation des binturongs en captivité sont souvent faites par extrapolation depuis des espèces comme le renard polaire, le panda roux ou de manière empirique. C'est pourquoi il semble pertinent de reprendre la littérature concernant l'alimentation des binturongs dans la nature et de la comparer avec celle qui est pratiquée dans les zoos afin d'en tirer des recommandations permettant à terme d'améliorer l'alimentation en captivité de cette espèce vulnérable.

Cette thèse s'articule autour de trois axes, tout d'abord une revue de la bibliographie ; une partie analytique afin de faire un état des lieux de l'alimentation actuelle des binturongs en parc zoologique (appartenant à l'EAZA) et de son éventuel impact sur leur état de santé ; et enfin une partie expérimentale portant sur deux expériences : la différence entre théorie et pratique vis-à-vis de la ration alimentaire distribuée par la Ménagerie du Jardin des Plantes et une étude du comportement alimentaire du groupe de binturongs de la Ménagerie du Jardin des Plantes.

# **I. BIBLIOGRAPHIE**

## **A. Biologie du binturong**

### **1. Taxonomie**

Le binturong (*Arctictis binturong*) appartient à l'ordre des Carnivores, au sous ordre des Félifformes et à la famille des Viverridés. Cette famille regroupe de nombreuses espèces assez diverses comme la genette commune (*Genetta genetta*) ou les civettes. Les Viverridés sont divisés en quatre sous-familles : *Hemigalinae*, *Paradoxurinae*, *Prionodontinae* et *Viverrinae*. Cette division en quatre sous familles est discutée à l'heure actuelle. En effet une étude de 2006 montre que la sous-famille de *Prionodontinae* devrait être considérée comme une famille à part entière (Gaubert, Cordeiro-Estrela 2006). D'autres études montrent que la sous-famille des *Viverrinae* devrait être divisée en deux sous-familles celle des genettes et celle des *Viverrinae* (Patou et al. 2008; Gaubert et al. 2004).

Les sous-familles des *Hemigalinae* et des *Paradoxurinae* peuvent être considérées comme celles des civettes asiatiques avec des individus naturellement répartis en Asie du Sud et en Asie du Sud-est. La famille des *Viverrinae* est, quant à elle, répartie essentiellement en Asie et en Afrique tandis que celle des genettes est en Afrique et en Europe.

Cette disparité géographique dans la famille des Viverridés est également associée à une grande disparité morphologique et comportementale de ses membres. En effet, ils mesurent de 33cm jusqu'à 95cm et pèsent entre à peine 1kg et 20kg (Myers. 2000). La civette masquée (*Paguma larvata*) est, par exemple, essentiellement carnivore tandis que le luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*), la civette qui permet de produire du kopi luwak<sup>1</sup>, est essentiellement frugivore. De même, la genette panthère (*Genetta maculata*) est arboricole comme de nombreux autres viverridés mais la civette loutre de Sumatra (*Cynogale bennettii*) est un animal semi-aquatique.

Le binturong appartient à la sous-famille des *Paradoxurinae*, il est décrit comme le plus grand animal représentant de la famille des Viverridés (*Mammal Species of the World*. 2005).

Cette sous-famille comprend cinq genres : *Arctictis*, *Arctogalidia*, *Macrogalidia*, *Paguma* et *Paradoxurus* ; et sept espèces. Le binturong est la seule espèce du genre *Arctictis*.

---

<sup>1</sup> Kopi luwak : café d'exception ayant au préalable été digéré par une civette palmiste hermaphrodite (*Paradoxurus hermaphroditus*) ou un binturong (*Arctictis binturong*)

Il était décrit neuf sous espèces de binturong depuis 1821 distinguées par des variations de couleur du pelage et de taille (Veron et al. 2020).

Sous-espèces	Localisation
Arctictis binturong binturong (Raffles, 1821)	Malacca (Malaisie)
Arctictis binturong albifrons (Cuvier, 1822)	Tonkin (Nord du Vietnam)
Arctictis binturong whitei (Allen, 1910)	Palawan (Philippines)
Arctictis binturong pageli (Schwarz, 1911)	Sandakan (Nord de Bornéo)
Arctictis binturong gairdneri (Thomas, 1916)	Siam (Nord de la Thaïlande)
Arctictis binturong niasensis (Lyon, 1916)	Ile de Nias (Ouest de Sumatra)
Arctictis binturong penicillatus (Pocock, 1933)	Java (Indonésie)
Arctictis binturong kerkhoveni (Sody, 1926)	Ile de Bangka (Est de Sumatra)
Arctictis binturong menglaensis (Wang & Li, 1937)	Province de Yunnan (Chine)

**Tableau 1 : Sous-espèces de binturongs décrites depuis 1821 (Veron et al. 2020)**

Cependant, la proximité génétique de ces sous-espèces étant très grande, une étude en 2007 (Cosson et al.) ne soutient l'existence que de trois sous-espèces : *A. b. albifrons*, *A. b. binturong* et *A. b. penicillatus*. Une étude plus récente de 2020 (Veron et al.) ne mentionne que l'existence de deux sous-espèces : l'un venant de la région indochinoise : *A. b. albifrons* et l'autre de la région du Sundaland : *A. b. binturong*. Au sein de cette sous-espèce on pourrait distinguer le sous-groupe du binturong de Palawan, reconnu jusqu'ici comme la sous-espèce : *A. b. whitei*. Ce sous-groupe, bien que proche des binturongs dit « de Bornéo » (sous-espèce actuelle : *A. b. penicillatus*) forme un groupe phylogénétique séparé même s'il n'est pas considéré comme une sous-espèce.

Le travail effectué dans cette thèse ne s'intéresse qu'à l'espèce *Arctictis binturong* sans faire de distinction entre les différentes sous-espèces.

## 2. Ecologie

### a) *Lieu de vie*

L'aire de répartition du binturong à l'état sauvage se trouve exclusivement en Asie et plus particulièrement dans les forêts du Sud-Est de l'Asie. Il est présent dans les forêts de l'est du Népal, du Bangladesh, du nord-est de l'Inde, du Myanmar, de la Thaïlande, du Vietnam, du Laos, du Cambodge jusqu'au sud-est de Java en Indonésie (carte 1). Des binturongs ont également été remarqués en Chine dans la province de Yunnan (2 spécimens détenus par des chasseurs)(Huang, Li 2015). Son aire de répartition est susceptible de varier car elle est menacée au nord, par la chasse et plus globalement par la dégradation de son habitat avec le développement d'industries agricoles (notamment la culture d'huile de palme). La Thaïlande est décrite comme hébergeant la population la plus forte bien que celle-ci soit également sur le déclin (*The IUCN Red List of Threatened Species*. 2016).



**Range**

- Extant (resident)
- Possibly Extant (resident)
- Possibly Extinct

Compiled by:  
IUCN (International Union for Conservation of Nature)



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply any official endorsement, acceptance or opinion by IUCN.



© The IUCN Red List of Threatened Species: *Arctictis binturong* – published in 2016.  
<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T41690A45217088.en>

**Carte 1 : Répartition géographique des binturongs (*The IUCN Red List of Threatened Species*, 2016)**

Leur habitat comprend des plaines, des plateaux et des forêts de basses montagnes. Le binturong est une espèce timide et craintive, cependant certains spécimens ont pu être aperçus dans des espaces déforestés, bien que ceux-ci les évitent de manière générale. Les binturongs ont tendance à utiliser autant le pourtour de la forêt que l'intérieur (Nakabayashi, Hamid Ahmad, Kohshima 2017). L'altitude à laquelle ils vivent varie du niveau de la mer jusqu'à 1190m (Zaw et al. 2008).

Toutes ces observations ont permis à des chercheurs d'établir une prédiction de la répartition des binturongs sur l'île de Borneo (Semiadi et al. 2016). Une prédiction est nécessaire étant donné la difficulté à inventorier les individus sauvages, le taux de détection des binturongs sauvages dans les différentes études étant au maximum de 1,38% (Debruille et al. 2020).

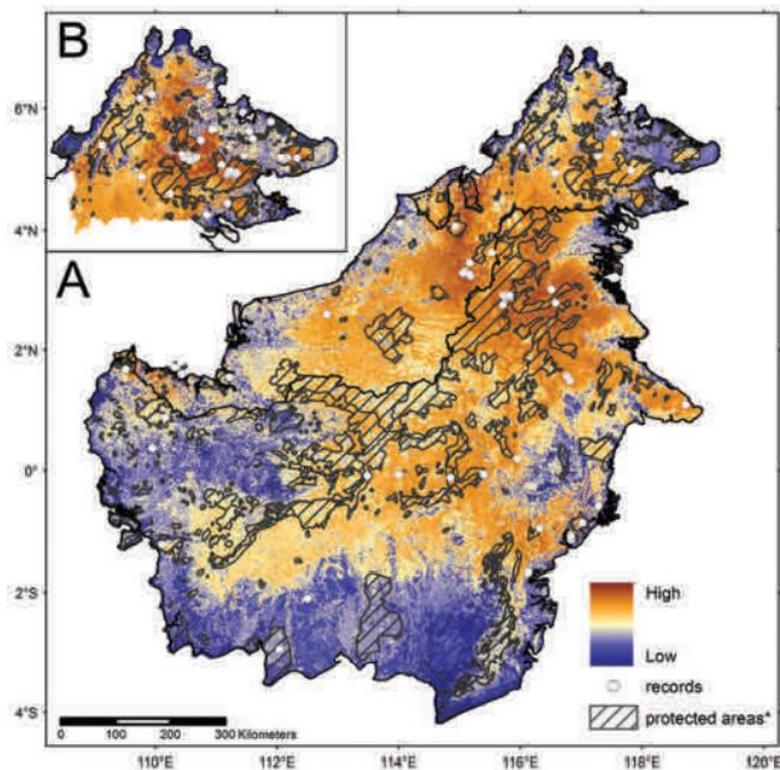


Fig. 3. Predictive Habitat Suitability Index (HSI) models for the binturong *Arctictis binturong* including location records used in models. A, Balanced Model for the island of Borneo; B, Spatial Filtering Model for Sabah, Malaysia. Sources for protected area information: see Kramer-Schadt et al. (2016).

**Carte 2 : Répartition géographique prédictive des binturongs sur l'île de Bornéo**  
**(Semiadi et al. 2016)**

## *b) Mode de vie*

Les binturong sont une espèce arboricole dont le pic d'activité est crépusculaire. Bien qu'arboricole, son poids conséquent (jusqu'à 20kg pour un adulte) le force parfois à descendre au sol afin de passer d'un arbre à l'autre (Debruille et al. 2020; Zaw et al. 2008). Néanmoins, hors de ces moments, le binturong passe la majeure partie de son temps dans la canopée et notamment la partie haute de celle-ci (20m de hauteur) probablement afin d'éviter ses prédateurs qui évoluent principalement au sol.

On retrouvera comme potentiels prédateurs du binturong : la panthère longibande (*Neofelis nebulosa*), le dhole (*Cuon alpinus*), le tigre (*Panthera tigris*), et le chat de Temminck (*Catopuma temminckii*) (Chutipong et al. 2015; Grassman, Tewes, Silvy 2005). Néanmoins du fait de leur taille, de leur mâchoire et de leurs griffes, la prédation sur les binturongs adultes semble rare. La première mise en évidence d'un acte de prédation de la panthère longibande sur un binturong ne date que de 2014 (Lam, Hedges, Clements 2014). Par ailleurs, une étude sur l'alimentation du dhole effectuée dans l'aire de répartition du binturong n'a pas montré de marqueur du binturong dans les fèces ce qui soutient l'hypothèse que leur prédation est peu commune (Grassman, Tewes, Silvy 2005).

Les sites de repos et d'alimentation du binturong sont également en hauteur à environ 20m avec une couverture arborée importante d'arbres à feuilles persistantes pour les sites de repos. Une étude de 2013 (Krishna et al.) indique que les sites d'alimentation seraient plus haut (20m et plus) que les sites de repos (entre 10 et 20m).. Néanmoins une étude plus récente (Chutipong et al. 2015) montre que les sites de repos seraient situés aux mêmes hauteurs que les sites d'alimentation (20m et plus). Les binturongs ont tendance à dormir à distance du tronc principal (quelques mètres). Les sites de repos et d'alimentation étant éloignés, les binturongs parcourent en moyenne 688m par jour entre les différents sites d'intérêt (de repos et d'alimentation) (Grassman, Tewes, Silvy 2005). Cependant ces observations sont à moduler, une étude de Krishna et al portant sur trois binturongs observés en 2013 donne des résultats contradictoires : les sites de repos et d'alimentation se trouvaient tous uniquement sur un figuier étrangleur de l'espèce de *Ficus drupacea*.

Les sites d'alimentation et de repos permettent ainsi de déterminer les « domaines vitaux » des binturongs qui sont relativement restreints : entre 4,7 et 7,7km<sup>2</sup> dans l'étude de Grassman, Tewes, Silvy (2005) et entre 2,4 et 6,9km<sup>2</sup> dans l'étude de Chutipong et al. (2015) contre 10,1 km<sup>2</sup> pour la civette palmiste hermaphrodite (*Paradoxurus hermaphroditus*) ayant le même biotope. Il y a également un recouvrement entre les domaines vitaux de ces deux espèces : 30%

d'après Grassman, Tewes, Silvy (2005) ce qui soutient l'hypothèse que les binturongs sont des animaux faiblement territoriaux envers les autres espèces taxonomiquement proches. Nakabayashi en 2017 s'est également posé la question de la cohabitation entre les différentes espèces de *Paradoxurinae* à Bornéo (le binturong, la civette palmiste hermaphrodite et la civette palmiste à trois bandes) (Nakabayashi, Hamid Ahmad, Kohshima 2017). Il a ainsi été montré que le binturong cohabitait dans les mêmes espaces que la civette palmiste hermaphrodite (*Paradoxurus hermaphroditus*) et que la civette palmiste à trois bandes (*Arctogalidia trivirgata*).

Le binturong a longtemps été décrit comme une espèce partiellement voire totalement nocturne. Néanmoins différentes études ont également noté une activité diurne bien que le pic d'activité survient au crépuscule entre 18h et 20h (Krishna et al. 2013; Chutipong et al. 2015; Grassman, Tewes, Silvy 2005). Les binturongs sauvages observés entre 18h et 00h montrent la répartition d'activité suivante : 50,8% de temps de repos, 35,8% de temps d'alimentation et 13,3% de temps d'auto-toilettage (Krishna et al. 2013).

### c) *Comportement sexuel*

Les binturongs sont plutôt solitaires mais peuvent parfois s'organiser en petits groupes (Krishna et al. 2013). Les rapports sexuels sont initiés par la femelle qui est dominante. Cette dernière a la priorité sur les sites de repos ou d'alimentation. En période d'œstrus la femelle est décrite comme indifférente ou bien joueuse (en mordillant le mâle et en lui sautant dessus) et curieuse (notamment chez les jeunes femelles) envers le mâle. Le mâle choisit alors la fuite ou une posture défensive (Wemmer, Murtaugh 1981). Durant l'œstrus, la femelle vocalise et son activité augmente de manière importante bien que le temps de jeu diminue. Le mâle n'est alors plus dans une posture défensive mais suit la femelle. Les mâles peuvent également lécher les glandes périanales de la femelle et effectuer un flehmen. La réceptivité de la femelle est exprimée par un ronronnement caractéristique.

La saillie est initiée par la femelle qui se couche au sol. Les femelles enroulent souvent leur queue autour du thorax ou autour de la queue de leur partenaire afin de favoriser l'intromission. Durant la saillie, les femelles ronronnent en continu. La saillie a presque toujours lieu au même endroit.

### 3. Anatomie

#### a) *Généralités*

Le binturong fait partie des plus grandes espèces de la famille des Vivéridés (Myers. 2000; Debruille 2016; Cosson et al. 2007). Il pèse entre 9 et 20kg, son corps mesure entre 61 et 96cm de longueur et sa queue entre 56 et 89cm. Il est pourvu d'une fourrure épaisse, sombre allant du noir foncé au gris clair et pourvue de longs poils (figure 1). Les binturongs ont un pelage légèrement plus clair au niveau de la face et de longues moustaches blanches. Ils possèdent des petites oreilles rondes dont s'échappent des pinceaux de poils noirs. Le binturong, avec le kinkajou (*Potos flavus*), sont les deux seules espèces de carnivores à avoir une queue préhensile (figure 2). Celle-ci se traduit par une augmentation du nombre de vertèbres caudales proximales et donc d'une augmentation de la longueur de cette zone ainsi que de vertèbres caudales distales plus courtes, plus larges et plus robustes (Youlatos 2003).

Le dimorphisme sexuel est peu marqué avec seulement une augmentation du poids et de la taille de la femelle : environ 20% plus grande que le mâle (Schleif 2013).

Les binturongs possèdent cinq doigts à chaque membre. Cependant leurs troisièmes et quatrièmes doigts des membres postérieurs sont syndactyles (figure 3) : ils sont partiellement ou complètement fusionnés entre eux tout comme chez les espèces du genre *Paguma* et *Paradoxus*. Le genre *Arctictis* se distingue par le fait que la plante des pieds est nue jusqu'au niveau du talon contrairement aux deux autres genres (figure 3) (Pocock 1933).



**Figure 1 : Photographie montrant le binturong femelle de la Ménagerie du Jardin des plantes et un de ses petits (Emmanuel Baril, MNHN)**



**Figure 2 : Photographie montrant Anjir, le binturong mâle adulte de la Ménagerie du Jardin des plantes en train d'utiliser sa queue préhensile (Emmanuel Baril, MNHN)**



**Figure 3 : Photographies montrant un membre postérieur (à gauche) et un membre antérieur (à droite) de binturong (Emmanuel Baril, MNHN)**

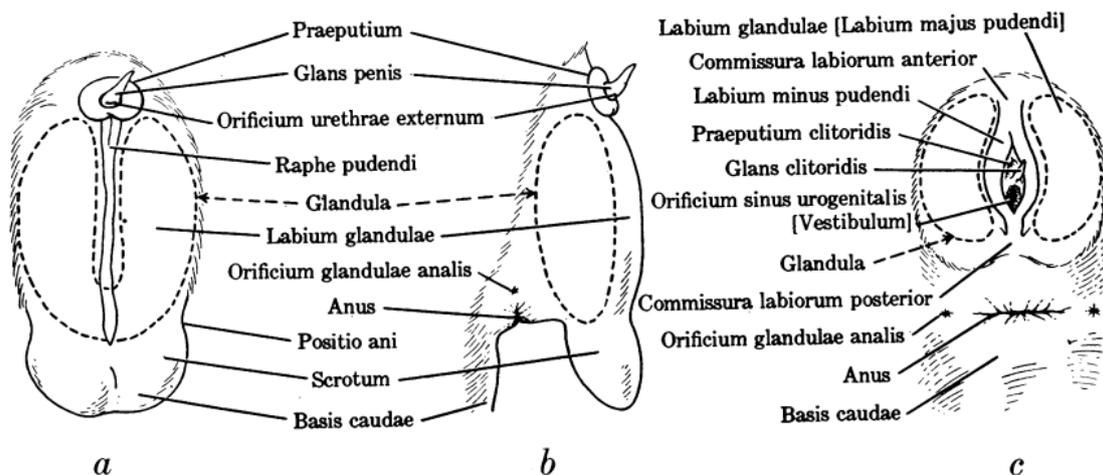
### *b) Système génital*

Le prépuce est très développé chez le mâle et le clitoris est péniforme chez la femelle ce qui rend la sexuation difficile pour cette espèce, le dimorphisme sexuel n'étant pas très marqué (Story 1945).

La prostate est caudale à la vessie, ronde et d'un diamètre de 0,728 (+/- 0,086) cm en moyenne. Les testicules sont de petite taille (en moyenne 1,2x0,8x0,5 cm) (Acorda et al. 2021).

La femelle et le mâle possèdent 3 paires de mamelles. Chez la femelle, seules les 2 paires les plus inguinales sont fonctionnelles (Schoknecht 1984). Une portée de plus de quatre petites induira donc nécessairement de la compétition pour l'alimentation.

Les glandes péri-anales de marquage sont disposées de part et d'autre de la vulve chez la jeune femelle comme chez l'adulte. Elles sont situées entre le pénis et le scrotum chez le mâle comme on peut le voir sur la figure 4. Il est également possible de différencier le sexe d'un binturong en se basant sur la distance anogénitale : plus grande chez le mâle que chez la femelle (figure 5).



**Figure 4 : Représentation schématique des régions génitales mâle (a : vue de face, b : vue de côté) et femelle (c : vue de face) chez un binturong adulte, les glandes de marquages sont représentées en pointillées (Story 1945)**



**Figure 5 : Photographies de régions génitales vues de face mâle et femelle à l'âge adulte et chez des juvéniles (Aude Bourgeois, MNHN)**

## 4. Physiologie

### a) *Reproduction*

La maturité sexuelle chez les binturongs est assez tardive : 30,4 mois en moyenne pour la femelle (intervalle de 13 à 48 mois) et 27,7 mois pour le mâle (20,5 à 37,8 mois).

La durée du cycle est en moyenne de 82,5 jours mais elle semble être très variable entre 18 et 187 jours (Wemmer, Murtaugh 1981). L'œstrus dure de 9 à 14 jours. Néanmoins toutes les saillies ont, en général, lieu le même jour. Celles-ci semblant être fatigantes pour le mâle il n'effectue pas des saillies durant toute la durée de l'œstrus de la femelle.

Le fait que le cycle soit influencé ou non par la photopériode n'est pas encore clairement défini. En effet, des naissances ont lieu toute l'année néanmoins on remarque un pic en mars, avril, octobre et novembre en Malaisie, et un pic en février, mars, mai, juin, août et septembre pour les binturongs en captivité dans l'hémisphère nord (AZA. 2010). Pour les populations de l'EEP, majoritairement située en Europe, on observe des pics de naissances en janvier, février et juin.

La période de gestation est de 84 à 99 jours. En moyenne, la femelle donne naissance à deux petits mais elle peut donner naissance jusqu'à six petits (Wemmer, Murtaugh 1981). En moyenne les petits pèsent 319 grammes à la naissance c'est-à-dire environ 4% du poids de la femelle non gestante (Wemmer, Murtaugh 1981).

L'intervalle inter-mise-bas (observé en captivité) est de 468,3 jours si le mâle est absent en post mise-bas, il est de 317,6 jours s'il est présent. Cela soutient l'hypothèse d'une chaleur de lait, c'est-à-dire que la diminution de cet intervalle si le mâle est présent suggère que la femelle ovule rapidement après la mise-bas. Il s'agit d'un cycle d'ovulation appelé chaleur de lait car il se produit alors que la femelle est en lactation. Néanmoins la variabilité de cet intervalle étant très important et le fait que les petits ne soient sevrés qu'à l'âge de 6 à 8 semaines suggère que les chaleurs de lait ne sont pas très bien définies (Wemmer, Murtaugh 1981).

### b) *Comportement social*

Comme beaucoup de carnivores, les binturongs s'appuient sur le marquage urinaire pour communiquer à propos de leur statut reproductif. Tout comme les deux sexes possèdent des glandes de marquage, mâles et femelles font du marquage urinaire. Ils utilisent également leur queue comme pinceau pour déposer leur urine. Néanmoins c'est chez le mâle que l'on retrouve le plus ce comportement de marquage olfactif. Cependant, l'œstrus augmente ce comportement de manière significative chez les deux sexes (K. Greene et al. 2016; Kleiman 1974). Il est

supposé que c'est ce marquage urinaire qui est responsable de l'odeur de pop-corn du binturong avec une augmentation de cette odeur de pop-corn décrite lors de l'œstrus de la femelle (Kleiman 1974).

Dans son étude, Greene mesure le taux d'androstenedione (A4) (précurseur de molécules androgènes et œstrogènes), de testostérone (T) et d'œstradiol (E) chez les mâles et les femelles binturongs, ainsi que les composants volatiles présents dans l'urine des binturongs. Ainsi, les mâles produisent plus d'A4 et de T que les femelles mais ils produisent tout autant d'E. Ceci pourrait expliquer le fait que les femelles soient dominantes selon l'auteur. En effet, celui-ci suggère que la production d'œstradiol par le mâle « adoucirait » son caractère et qu'il ne serait donc plus dominant mais dominé. Les deux sexes produisent du 2-acetyl-1-pyrroline (2-AP), qui est un composé chimique qui se forme également au cours de la réaction de Maillard lors de la cuisson des aliments et qui donne l'odeur caractéristique du pain, du riz thaï et basmati. C'est donc ce composé dans l'urine du binturong qui serait responsable de l'odeur dite « de pop-corn ». Il est à noter que le 2-AP est produit en plus grande quantité par le mâle notamment car sa production semble être corrélée au taux d'A4.

## **B. Connaissances actuelles sur l'alimentation des binturongs**

### **1. Anatomie du système digestif**

Leur système digestif et leur morphologie dentaire justifient la classification des binturongs en tant que carnivores peu adaptés à la frugivorie (McKenney. 2011) :

- Morphologie dentaire de carnivore :

La formule dentaire du binturong est : **I 3/3 C 1/1 Pm 4/3 M 2/2** (*Cambridge Natural History - Mammalia*. 2012; Blainville 1841). Il possède des canines pointues, des dents carnassières relativement larges et de grandes prémolaires. Sa dentition n'est donc pas vraiment adaptée à la frugivorie mais est plutôt celle d'un carnivore (Nakabayashi, Ahmad, Kohshima 2016a). Cependant, cela reste l'une des dentitions de carnivore les plus adaptées à l'omnivorie et à la frugivorie (Van Valkenburgh 1989).

- Tractus digestif :

Les binturongs possèdent un petit estomac acide, un tractus intestinal court (268 +/- 43cm), un caecum absent et un colon peu développé (42 +/- 13cm) (McGrosky 2016). Leur corps pouvant mesurer jusqu'à 96cm de longueur, leur tractus intestinal ne fait donc pas plus de 3 fois la

longueur de leur corps (2 fois dans l'étude de Crapo et al. 2002). A titre indicatif un homme adulte possède en moyenne un tractus digestif d'environ 8m soit minimum 4 fois la taille d'un homme adulte. Les binturongs ont le tractus gastro-intestinal le plus court et le moins spécialisé de leur clade. De plus ils ont peu de sacculations<sup>2</sup> qui pourraient augmenter la surface d'échanges digestifs (Crapo et al. 2002; McKENNEY et al. 2014). En conséquence, la surface dédiée aux échanges nutritionnels est particulièrement réduite.



**Figure 6 : Tractus intestinal d'un binturong (rectum à gauche et pylore à droite)**  
**(McGrosky 2016)**

## **2. Physiologie digestive**

L'apport énergétique issu de l'alimentation vient principalement de 3 éléments : les glucides, les protéines et les lipides. Les glucides sont normalement la source principale d'énergie.

Le microbiote intestinal est un acteur majeur de la digestion des glucides. Ceux des mammifères sont particulièrement développés et contiennent en moyenne  $10^{11}$ - $10^{12}$  bactéries par millilitres. Le microbiote permet notamment de convertir l'aliment en énergie par l'intermédiaire d'acides gras à chaînes courtes (comme l'acétate, le méthane, le propionate, le butyrate ou le valérate) via un processus de fermentation. Les glucides complexes comme la cellulose ou l'amidon sont surtout transformés en acétate et en méthane et les glucides simples (comme le glucose, le saccharose, le fructose ou le lactose) en propionate. Il s'agit du mécanisme majeur d'extraction

---

<sup>2</sup> Sacculations : formation de culs de sacs, de poches par la muqueuse (ici intestinale) permettant d'augmenter la surface d'échange

d'énergie pour les herbivores. La richesse et la diversité du microbiote sont souvent corrélées à la taille du tractus digestif, à la surface d'échange disponible et à la localisation de celui-ci.

Les binturongs ont un microbiote fonctionnellement similaire à celui d'un enfant prématuré qui est essentiellement composé de bacilles qui appartiennent au phylum Firmicute et au genre *Weissella* (qui est connu pour produire du lactate via la fermentation)(McKenney et al. 2014). Le microbiote du binturong présente donc une faible diversité contrairement au microbiote intestinal du babouin hamadryas (*Papio hamadryas*). Cela peut être intimement lié au fait que les binturongs ayant un régime alimentaire se rapprochant des frugivores, ceux-ci consomment un niveau élevé de glucides simples tandis que les omnivores voire folivores (comme le babouin hamadryas) consomment plus de glucides complexes et notamment de fibres (cellulose). Les glucides simples ne nécessitent pas de lignées eubactériennes pour être digérés étant donné qu'ils sont digérés par les enzymes de l'intestin grêle, sécrétées en partie par le pancréas.

NB : L'étude de McKenzie (2014), porte sur 10 binturongs captifs et non sauvages ce qui peut grandement impacter le microbiote intestinal.

Aucun lien de cause à effet n'a été mis en évidence : le microbiote est-il peu varié car ils consomment beaucoup de glucides simples ou consomment-ils beaucoup de glucides simples car le microbiote peu varié ne leur permet pas de tirer profit d'une autre alimentation ? A l'heure actuelle, de nombreuses études suggèrent que le microbiote est influencé par l'alimentation mais également par la phylogénie de son hôte (McKenney et al. 2014 ; Nelson et al. 2013; Gao et al. 2019).

L'étude de McKenzie (2014) a mis en évidence que les binturongs ne produisent pas d'acides gras à chaîne courte (AGCC) ni de méthane durant leur digestion. Ceci traduit donc une absence de fermentation lors de leur digestion contrairement à d'autres animaux frugivores tels que les Ateles<sup>3</sup>. Ceci est cohérent avec le fait qu'ils possèdent un microbiote peu diversifié dont les bactéries sont surtout du genre *Weissella*. Ces bactéries produisent du lactate à partir des glucides simples ingérés et non pas des AGCC (normalement le lactate n'est qu'un intermédiaire métabolique de la production des AGCC). Il semble ici que ce soit le lactate qui soit utilisé comme source d'énergie plutôt que les AGCC bien que ceux-ci soient plus efficaces (Lambert et al. 2014; McKenzie et al. 2014).

La digestion des glucides complexes du binturong ne semble donc pas très efficace. En effet, le manque de fermentation implique qu'ils ne sont pas capables d'avoir un apport constant

---

<sup>3</sup> Ateles : également nommés singes-araignées il s'agit de primates de la sous-famille des *Atelinae*

d'énergie grâce aux AGCC après un seul repas et qu'ils ont donc besoin d'un apport élevé et constant de glucides simples comme source d'énergie. Mc Kenney (2011) l'a qualifié de « *perplexe* » car cela signifie qu'ils doivent avoir une consommation élevée et constante de fruits pour satisfaire leurs besoins nutritionnels et énergétiques, ce qui n'est pas la stratégie alimentaire la plus facile. Il est également nécessaire de rappeler que les figes ont une teneur assez faible en protéines, lipides et glucides simples, et ont une teneur élevée en fibres et en eau (Mc Kenney 2011; Shanahan 2000). Les binturongs pourraient donc avoir du mal à tirer leur énergie des glucides simples des figes.

Bien que moins efficace pour produire de l'énergie que l'apport en glucides, l'apport en protéines est un des axes sur lequel les frugivores peuvent jouer pour couvrir leur besoins énergétiques.

Deux types de stratégies existent. Certaines espèces comme les atèles ciblent des aliments à forte teneur en protéines dont les teneurs en glucides et en lipides varient fortement. Ainsi, ils couvrent leurs besoins énergétiques avec ces aliments. Une autre stratégie consiste à diminuer le temps de digestion afin d'augmenter la capacité d'ingestion. En effet, un temps de digestion rapide permet une vidange gastrique rapide et d'augmenter la quantité d'aliment consommée sur 24h. Cette dernière stratégie est celle employée par les binturongs qui ont un temps de digestion de 6,5 heures en moyenne, contre 10h pour l'opossum laineux jaune (*Caluromys philander*) : animal de taille similaire, également frugivore et nocturne (Lambert et al. 2014). Cette stratégie a deux avantages :

- Un temps de digestion accéléré permettrait de faciliter l'ingestion de protéines en quantité suffisante pour couvrir les besoins même dans un environnement où les aliments riches en protéines sont limités. En effet, au lieu d'augmenter le pourcentage en protéines de chaque aliment, c'est la quantité totale de protéines ingérées qui augmente.
- La capacité d'ingestion plus importante permet de consommer plus d'aliments et donc de glucides simples et de couvrir les besoins énergétiques.

Cependant, un temps de digestion court s'accompagne de l'incapacité de fermenter qui est un processus long. La digestion de glucides complexes est donc presque impossible. Ce temps de digestion raccourci peut par ailleurs être un désavantage en cas d'indisponibilité des ressources alimentaires et causer une situation de « *crises énergétiques* ». En effet, les binturongs consomment beaucoup d'aliments mais ne peuvent pas extraire correctement toute l'énergie

disponible dans ces aliments (notamment l'énergie des glucides complexes). En cas de carence en aliments disponibles ils ne pourront pas couvrir leur besoin énergétique.

Le binturong a deux armes pour lutter contre ces potentielles « *crises énergétiques* » :

- Les figues. Comme nous le verrons dans le paragraphe suivant : I.B.3, les figuiers sont des arbres qui produisent un grand nombre de fruits tout au long de l'année.
- Un métabolisme diminué associé à un besoin énergétique plus faible. D'après McKenney (2011) et Lambert et al. (2014), les binturongs ont un métabolisme diminué et des adaptations hypométaboliques (en opposition aux animaux carnivores). Lambert a émis l'hypothèse que les binturongs réduisent leur circulation périphérique et ont un dépôt de graisse sous-cutanée relativement important et que cela leur permet de maintenir leur cœur à la même température alors que leurs extrémités sont plus fraîches. Cette adaptation pourrait se traduire par une diminution de leurs besoins énergétiques. Cette hypothèse a été renforcée par l'observation de McNab (1989; 1995) : le résultat de ses études démontre que les binturongs ont un métabolisme basal faible surtout si l'on considère leur masse corporelle.

NB : Il est important de prendre en compte le fait que les études menées sur la physiologie digestive du binturong ont été effectuées sur des binturongs en captivité. Or, il a été montré que la captivité (et donc un régime alimentaire différent) pouvait avoir un effet sur le microbiote et sur la fermentation digestive des animaux (Waite, Eason, Taylor (2014), Gao et al. (2019) et Nelson et al. (2013)).

### **3. Comportement alimentaire**

Même s'ils appartiennent à l'ordre des carnivores, les binturongs ont un régime omnivore et consomment majoritairement des fruits même s'il leur arrive de manger de petites proies (Nakabayashi, Ahmad, Kohshima 2016b). Leur régime alimentaire est basé presque exclusivement sur la consommation de figues (Nakabayashi, Ahmad 2018; Nakabayashi, Ahmad, Kohshima 2016a). Ils ont même été caractérisés comme hypocarnivores, ingérant un régime de fruits riches en glucides et quelques proies vertébrées (Shrestha et al. 2011).

Le comportement alimentaire des binturongs dans la nature a été observé depuis 1990 (Lambert 1990). Dans cette étude, un chercheur a pour la première fois observé des binturongs mangeant des figues. D'autres études ont été menées, et même si à chaque fois les binturongs n'étaient que 1, 2 ou 3 individus (Lambert 1990; Krishna et al. 2013; Nakabayashi, Ahmad, Kohshima 2016b; 2016a; Nakabayashi, Ahmad 2018; Nakabayashi 2020; Shanahan et al. 2001), tous se

nourrissaient presque exclusivement de figues sauvages et surtout d'espèces hémi-épiphytes<sup>4</sup> (sur sept espèces de figues consommées cinq étaient hémi-épiphytes (Nakabayashi, Ahmad, Kohshima 2016b)). Ces espèces hémi-épiphytes poussent pour la plupart sur des arbres de grandes tailles qui sont situés à l'intérieur des forêts. Néanmoins d'autres espèces de figuiers sont également considérées comme des espèces pionnières et se développent donc en lisière de forêt. La répartition de figuiers est donc assez variée, aussi bien à l'intérieur des forêts qu'à leur périphérie. Leur répartition pourrait donc expliquer l'absence de sélectivité du binturong vis-à-vis de la périphérie ou de l'intérieur de la forêt (partie I.A.2.a) (Nakabayashi, Hamid Ahmad, Kohshima 2017).

Il semble également que le binturong soit plus sélectif vis-à-vis des fruits consommés que les autres Viverridés (civette palmiste hermaphrodite, civette palmiste à trois bandes). Ils choisissent plus volontiers les figues que les autres fruits. Ces différences (sélectivité alimentaire et répartition géographique) pourraient permettre à ces espèces de cohabiter avec le binturong dans un espace aussi restreint que celui de Bornéo (Nakabayashi, Hamid Ahmad, Kohshima 2017).

Les figues sont décrites comme une nourriture d'appoint pour la plupart des frugivores (Shanahan 2000; Shanahan et al. 2001). En effet, leur teneur en protéines, lipides et glucides est faible comparée aux autres fruits alors que leur teneur en fibres et en eau est assez élevée (Shanahan 2000; Mc Kenney 2011).

Cependant ces données sont discutées. Certaines espèces de figues à Hong Kong contiennent des pourcentages élevés de glucides (jusqu'à 17,5% de matière sèche) (KO, Corlett, XU 1998) et les figues de l'espèce *Ficus exasperata* contiennent par exemple jusqu'à 21,1% de protéines (exprimé en pourcentage de matière sèche) ce qui est conséquent par rapport à d'autres fruits (Kalina 1988). Il est également considéré que les animaux capables de fermentation caecale ou intestinale pourraient être capables d'obtenir presque 50% d'énergie supplémentaire à travers cette fermentation ce qui pourrait expliquer que de nombreux frugivores s'en nourrissent malgré tout (Conklin, Wrangham 1994).

Par conséquent, il est surprenant que les binturongs mangent presque exclusivement cet aliment qui semble peu intéressant d'un point de vue nutritif (à quelques exceptions près) et dont ils ne peuvent tirer profit au maximum puisque leur digestion n'inclut que très peu de fermentation intestinale

---

<sup>4</sup> Plante hémi-épiphyte : plante qui pousse en se servant d'une autre plante comme support lors d'une partie de son cycle

Un élément d'explication peut être que les figues de figuiers monoïques<sup>5</sup> sont présentes toute l'année et que les figuiers ont des récoltes exceptionnellement importantes pour un seul arbre (Harrison et al. 2003). C'est pourquoi les figues ont été décrites comme des " ressources clés " dans les forêts tropicales, pouvant alimenter les frugivores (y compris les binturongs) pendant les périodes de pénurie et de faible disponibilité en autres fruits. Ainsi, le rendement en fruits par arbre pourrait être suffisant pour satisfaire leurs besoins nutritionnels.

De plus, le temps d'alimentation du binturong est relativement long : 92,3 +/- 41,2 minutes par visite contre 39,88 à 40,2 minutes par visite pour les autres frugivores (Nakabayashi, Ahmad, Kohshima 2016a). Ces longues visites dans les zones d'alimentation seraient avantageuses dans des environnements limités en nombre d'arbres fruitiers, et pourraient compenser leurs désavantages morphologiques et physiologiques pour la frugivorie. Les binturongs mangent principalement la nuit (entre 19 et 22h) contrairement à la plupart des frugivores (même s'ils sont parfois aperçus en train de se nourrir le jour : Lambert 1990). Ceci permet de longues visites et aussi d'éviter la compétition. Ainsi, les civettes palmistes hermaphrodites, les civettes palmistes à trois bandes et les binturongs recherchent les fruits plus lentement que tous les autres animaux observés par Nakabayashi, Ahmad et Kohshima (2016b). La lenteur de la recherche de fruits peut s'expliquer par le fait qu'ils s'appuient sur leur olfaction pour la détection des fruits ce qui nécessite une vitesse de déplacement lente.

Cependant, les figuiers sont présents en faible densité dans les forêts pluviales de Bornéo (Harrison 2005; Harrison et al. 2003). On peut trouver des figues toute l'année et chaque figuier porte beaucoup de fruits mais il n'y a pas beaucoup de figuiers (et plus particulièrement de figuiers hémi-épiphytes). Par conséquent, il peut être plus efficace pour les binturongs de mémoriser la localisation des arbres fruitiers que de les rechercher de manière aléatoire. Cette hypothèse est renforcée par Nakabayashi, Ahmad et Kohshima (2016a) et Nakabayashi (2015) qui ont observé une femelle binturong (suivie grâce à un collier émetteur) se nourrissant continuellement sur les mêmes arbres et utilisant le même figuier jusqu'à 6 mois après la première observation.

La recherche lente de fruits se traduit également par une faible dépense énergétique par unité de temps. Ainsi, cela pourrait contribuer au fait que les binturongs ont une dépense énergétique plus faible que la plupart des autres mammifères, ce qui pourrait leur permettre de couvrir leurs besoins énergétiques plus facilement (Mcnab 1989; 1995). Ainsi le métabolisme basal du binturong est de 0,079 cm<sup>3</sup>O<sub>2</sub>/g.h contre 0,207 à 0,274 cm<sup>3</sup>O<sub>2</sub>/g.h pour la civette palmiste

---

<sup>5</sup> Plante monoïque : plante dont les fleurs mâles et femelles sont distinctes mais réunies sur le même pied

hermaphrodite ou contre  $0,126 \text{ cm}^3\text{O}_2/\text{g.h}$  pour l'ours. Les courtes distances entre les sites de repos et les sites d'alimentation, et la longue durée qu'ils passent dans chaque parcelle d'alimentation suggèrent également que les binturongs réduisent leur dépense énergétique lorsqu'ils se nourrissent (Nakabayashi, Ahmad 2018).

Ainsi, le comportement alimentaire du binturong est fortement lié à la répartition et à la disponibilité des figes dans son environnement.

Etant donné le faible taux de détection de binturongs (1,38% au maximum : Debruille et al. 2020), les observations précédentes sont effectuées sur des petits groupes et des courtes périodes ce qui conduit à interpréter ces observations avec précaution. L'étude d'A. Debruille (2020) a par ailleurs montré que le fait de mettre les caméras dans la canopée augmentait le taux de détection (bien qu'une comparaison statistique du taux de détection entre différentes études soit impossible) (Debruille et al. 2020). Il est également possible que le fait de mettre les caméras au pied des arbres fruitiers augmentent le taux de détection des binturongs (Semiadi et al. 2016). En effet, les binturongs seraient plus présents autour des lieux attractifs (zones riches en arbres fruitiers) que dans des lieux choisis de manière aléatoire. Ces dernières études pourraient à l'avenir permettre de meilleures observations des binturongs sauvages et une meilleure connaissance de leur comportement alimentaire naturel.

## **C. Santé**

### **1. Maladies connues**

Comme de nombreux carnivores, le binturong et d'autres membres de la famille des Viverridés sont sensibles à la maladie de Carré (Chandra et al. 2000; Hur et al. 1999). Quatre binturongs non vaccinés ont ainsi montré des signes cliniques compatibles avec cette maladie : anorexie, léthargie, diarrhée hémorragique, écoulements naso-oculaires et mort en 2 semaines. Aucun de ces binturongs n'était vacciné contre la maladie de Carré. L'histologie des poumons et des coussinets a confirmé l'hypothèse de la maladie Carré.

La toxoplasmose pourrait également être une maladie qui circule dans la population des binturongs. En effet, des anticorps contre *Toxoplasma gondii* ont été retrouvés chez des binturongs notamment dans une étude de 2013 (Oronan et al. 2013) ainsi que des anticorps contre *Chlamydomphila felis*. Néanmoins le portage de ces maladies ne signifie pas nécessairement son expression clinique. Les binturongs peuvent être porteurs sains.

Les binturongs peuvent également être porteur d'un parasite pulmonaire zoonotique : *Paragonimus sp* (Dutt, Gupta 1978) ainsi que de *Tetrapetalonema sp*.

Il est également possible que le binturong soit sensible à la parvovirose comme de nombreux Viverridés.

D'autres cas cliniques démontrent une multitude de maladies possibles comme chez les autres espèces de carnivores. On retrouve notamment des cas d'influenza (H1N1), de SARS-COV-2, de hernie discale, de nécrose infectieuse du myocarde, microlithiases pulmonaires, dépôts sévères d'hydroxyapatite, carcinome pancréatique, adénocarcinome rénal ou de carcinome hépatocellulaire (Bush et al. 1976; Takehana et al. 2021; Childs-Sanford et al. 2005; Douay et al. 2012; Klaphake et al. 2005; Hollamby et al. 2004; Spriggs, Arble, Myers 2007; Ramsay 2015)

## **2. Anesthésie du binturong**

A l'heure actuelle, deux types de protocoles ont été publiés :

- Ketamine + médetomidine + butorphanol (testé sur des individus captifs) (Moresco, Larsen 2003).
- Ketamine + xylazine (testé sur des individus sauvages) (Grassman Jr et al. 2006).

En 2003, une étude montre l'efficacité du premier protocole a deux doses différentes (Moresco, Larsen 2003) :

- HK: Ketamine (8mg/kg IM) + medetomidine (0,02 mg/kg IM) + butorphanol (0,2 mg/kg IM) en une injection.
- LK: Ketamine (2mg/kg IM) + medetomidine (0,04 mg/kg IM) + butorphanol (0,2 mg/kg IM) en une injection.

Les deux protocoles sont efficaces et l'impact cardio-vasculaire et métabolique semble similaire. Néanmoins les deuxièmes doses semblent préférables en captivité du fait du temps de réveil qui est plus court (11,6 +/- 9 min contre 42,7 +/- 33min) malgré un temps d'induction plus long (10+/-4 min contre 7 +/- 3min).

Le protocole testé en 2006 (Grassman Jr et al. 2006): ketamine (19,7 +/- 4 mg/kg) + xylazine (1,3 +/- 0,4 mg/kg) montre un temps d'induction (7,3 +/- 2,9 min) et un temps de réveil (36,8 +/- 28,7 min) plus similaire au protocole HK de Moresco, Larsen (2003).

### **3. Médecine préventive**

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe santé, les binturongs sont sensibles à la maladie de Carré. Les vaccins vivants atténués ayant causés des encéphalites post-vaccinales chez le binturong, il est recommandé par Denver (2003) de les vacciner contre cette maladie avec un vaccin inactivé comme le Purevax Ferret Distemper vaccine® de Merial™, un vaccin inactivé à protéine recombinante. A ce jour, un rappel annuel est recommandé. La primovaccination est la même que chez le chien, c'est-à-dire :

- Chez l'adulte non vacciné : 2 injections à 3-4 semaines d'intervalles puis rappel annuel
- Chez le jeune : 3 injections à 3-4 semaines d'intervalles à partir de 8 semaines (soit à 8, 12 et 16 semaines) puis un rappel annuel

Il peut être intéressant de vacciner contre la rage, la leptospirose, la parvovirose ou la panleucopénie féline selon les risques d'expositions : population de chats sauvages dans les environs, région non indemne de rage, leptospirose endémique etc.

Un examen de routine annuel est recommandé avec prise de sang, collecte d'urine, coprologie etc.

Les Viverridés sont infectés par les mêmes parasites que les carnivores domestiques. Les jeunes binturongs sont particulièrement sensibles aux nématodes, aux cestodes et à la gale. L'Ivomec®, le Strongid® et le Panacur® ne présentent pas de contre-indication à l'utilisation chez les binturongs à l'heure actuelle.

La médecine du binturong et notamment la médecine préventive du binturong reste néanmoins un domaine peu exploré et beaucoup de protocoles sont mis en place de manière empirique.

## **D. Conservation du binturong : pourquoi, comment ?**

### **1. Rôle dans l'écosystème**

Les binturongs, par leur régime alimentaire jouent un rôle important dans leur écosystème. En effet, la frugivorie et la grande taille de cette espèce permettent une dispersion des graines des fruits consommés et contribuent à la régénération de l'écosystème dans lequel ils évoluent.

Une étude de Colon et Campos-Arceiz en 2013, mesure l'impact de la digestion du binturong sur la germination des graines des différents fruits : papaye (*Carica papaya*), longan (*Dimocarpus longan*) et chiku (*Manikara zapota*). La plupart des graines (90,4 %) étaient rapidement digérées et retrouvées intactes moins de neuf heures après l'ingestion. Toutes les graines digérées germaient plus vite, ce qui leur confère un avantage en termes de survie par rapport aux graines non digérées (Colon, Campos-Arceiz 2013).

Shanahan (2000) montre également que les graines de figes (*Ficus sp.*) germent toujours après une digestion par les binturongs. On peut ainsi estimer que le binturong va disperser des graines qui seront viables et compétitrices jusqu'à 600m autour de l'arbre fruitier initial (Grassman, Tewes, Silvy 2005).

Le binturong est ainsi considéré comme une espèce clef de voute dont la conservation permet également la conservation des forêts.

## **2. Vulnérabilité et programmes de conservation**

La population des binturongs est estimée en déclin, avec une perte de plus de 30% de sa population au cours des 18 dernières années (*The IUCN Red List of Threatened Species* 2016). Ceci serait principalement dû à la destruction de son habitat avec une augmentation de la déforestation en Asie du Sud-Est au cours des dernières années notamment afin de produire de l'huile de palme. Ils sont également menacés par la chasse et le braconnage ainsi que par le trafic d'animaux vivants. Les binturongs (et les civettes palmistes hermaphrodites) sont notamment utilisés pour produire du café « kopi luwak », un café issu de la digestion de graines de café par ces animaux. Ainsi, des binturongs sont prélevés dans leur milieu naturel par des éleveurs afin de produire ce café. De plus, le peu de connaissances sur cette espèce fait que l'on ne peut pas estimer leur population actuelle. Le binturong est classé vulnérable par l'IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) et est inscrit à l'Annexe III de la CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora). Les mesures de protection du binturong dans les pays d'Asie (comme celles indiquées dans le tableau 2) ne sont pas homogènes et sont rarement appliquées (*The IUCN Red List of Threatened Species* 2016).

Le binturong bénéficie de la protection de son habitat sur quelques zones protégées dans son aire de répartition, cependant peu d'actions de conservation sont ciblées sur cette espèce. ABCconservation, une organisation non gouvernementale, fondée en 2014, par P. Kayser, soigneuse à la Ménagerie, le Zoo du Jardin des Plantes, Muséum national d'Histoire naturelle

(MNHN), Paris, est dédiée à la protection et à la conservation *in-situ* du binturong, à la sensibilisation du public sur les menaces qui pèsent sur cette espèce ainsi qu'à la recherche pour développer nos connaissances sur le binturong.

Région ou Pays	Loi	Mesures réglementaires	Date de mise en application
International	Red list IUCN	Statut « vulnérable »	2008
International	CITES	Annexe III : commerce possible avec un permis d'exportation spécifique	1983
Bunei	aucune	aucune	-
Cambodge	NC	NC	NC
Chine	Red list	Statut « en danger d'extinction »	NC
Indonésie	Régulation gouvernementale n° 7/1999	Chasse et commerce entièrement interdits	1999
Laos	NC	NC	NC
Malaisie	NC	Protégé	NC
Sabah (Bornéo, Malaisie)	Paragraphe 2 de l'acte de conservation de la faune sauvage de Sabah	Chasse et possession autorisée après délivrance d'une licence par le département de la faune sauvage de Sabah	1997
Sarawak (Bornéo, Malaisie)	Ordonnance de protection de la faune sauvage	NC	1998
Thaïlande	NC	NC	NC
Vietnam	Vietnam red list	Statut « vulnérable »	2000
	Décret 32 IB	Toute exploitation (chasse, domestication, ...) de l'espèce est interdite	2006

**Tableau 2 : Mesures législatives mises en place dans le monde concernant la protection et la conservation du binturong (Debrulle 2016)**

La création de l'EEP du binturong date de 2016. Il est coordonné par le docteur vétérinaire A. Bourgeois, à la Ménagerie, le Zoo du Jardin des Plantes, MNHN. Début 2022, la population de l'EEP comptait 197 binturongs dans 74 institutions zoologiques. L'enjeu principal de l'EAZA est de conserver la diversité génétique de la population du programme d'élevage. L'origine de plusieurs fondateurs de la population de l'EEP étant inconnue, la taxonomie étant discutée et l'existence de certaines sous espèces incertaines étant déjà mixées dans les lignées, il a été décidé en plan de gestion à long terme de l'EAZA (Long Term Management Plan) d'établir une sous-population d'origine connue pour permettre de remplir un rôle de population de réserve pour la population sauvage.

Suivant la stratégie du « One Plan Approach », les liens entre les différents acteurs de la conservation autour du binturong se resserrent : ABCConservation, l'EEP de l'EAZA, les parcs zoologiques, certains chercheurs (notamment du MNHN) (Bourgeois et al. 2020).

La conservation des binturongs peut être *ex-situ* ou *in-situ*. Les principaux acteurs de ces deux types de conservation sont fortement liés. Les agents de la conservation du binturong sont : l'EAZA Ex-situ Programme (anciennement appelé EEP ) ; les parcs zoologiques ; l'ONG (Organisation Non Gouvernementale) ABConservation et les chercheurs du Museum d'Histoire Naturelle (Bourgeois et al. 2020).

## **E. L'animal en parc zoologique, recommandations actuelles**

### **1. Gestion des effectifs**

Au 12 novembre 2021, il y avait 193 binturongs vivants dans les parcs zoologiques recensés dans la base de données Zims©<sup>6</sup> et suivis par l'EEP. En moyenne un parc zoologique détient 2,4 binturongs avec un maximum de 13 binturongs détenus par le zoo de Singapour. Sur ces 193 binturongs, 188 sont nés en captivité.

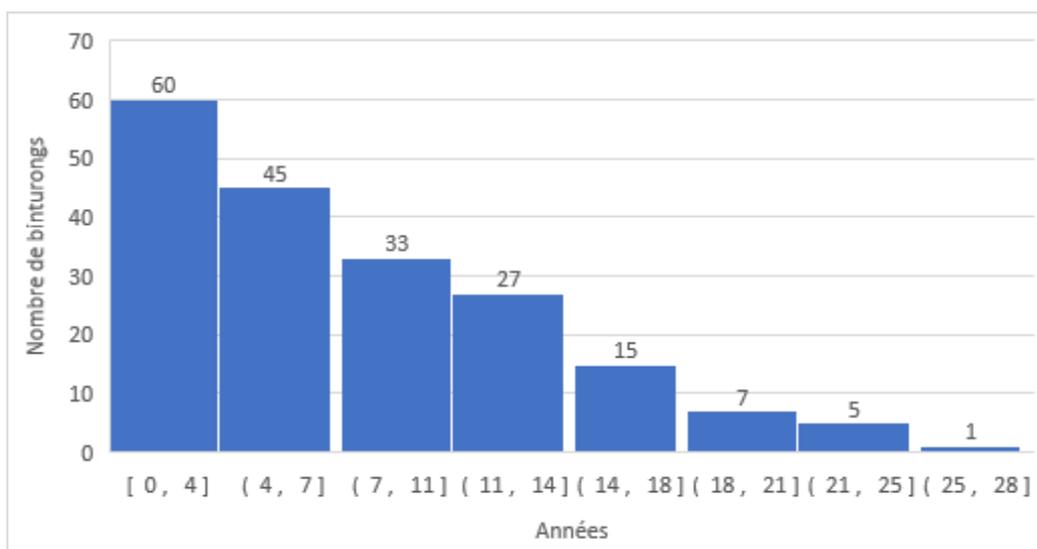
Concernant le sex-ratio<sup>7</sup> il est de 1,076 avec 99 mâles pour 98 femelles (les 2 binturongs restants sont des jeunes binturongs de sexe encore indéterminés).

La répartition de l'âge des binturongs suit une fonction décroissante, comme on peut le voir sur le graphique 1, avec un grand nombre de jeunes individus et peu d'individus âgés. Cela est notamment dû au succès reproducteur des zoos qui a augmenté au cours des dernières années. L'âge moyen d'un binturong vivant en zoo est de 7,7 ans.

---

<sup>6</sup> Zims© : Zoological Information Management System : logiciel mis à disposition par l'ONG Species360 permettant la collecte de nombreuses données par les parcs zoologiques (naissances, morts, arbre généalogique ...)

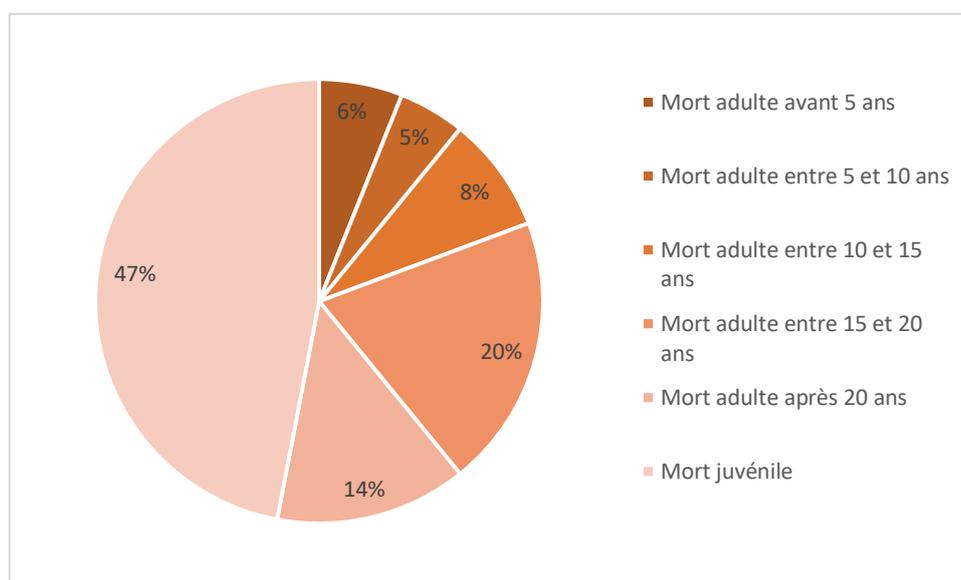
<sup>7</sup> Sex-ratio ou rapport de masculinité : nombre de mâles/nombres de femelles



**Graphique 1 : Répartition de l'âge des binturongs captifs vivants (Zims©, 2021)**

Etant donné l'évolution importante des pratiques d'élevage en parc zoologique, j'ai décidé de me concentrer sur les 15 dernières années pour établir les données relatives à la mortalité et à la reproduction des parcs zoologiques de la base de données Zims© et suivis par l'EEP.

Les données relatives à la mortalité ont été calculées sur 168 binturongs morts dans 53 parcs zoologiques différents pour le graphique 2.



**Graphique 2 : Répartition de l'âge de la mort des binturongs en parc zoologique sur les quinze dernières années (Zims©, 2021)**

Sur le graphique 2, on constate une forte mortalité juvénile<sup>8</sup> qui impacte négativement la longévité moyenne des binturongs en captivité. Pour déterminer l'âge moyen de la mort des binturongs en captivité, j'ai donc décidé de ne prendre en compte que les binturongs morts après l'âge d'1 an. Le tableau 3 a donc été établi sur les données de 88 binturongs morts dans 46 parcs zoologiques.

Sexe	Age moyen de la mort (années)
Femelle	16,3
Male	14,6
Tous	15,4

**Tableau 3 : Longévité des binturongs selon le sexe (Zims©, 2021)**

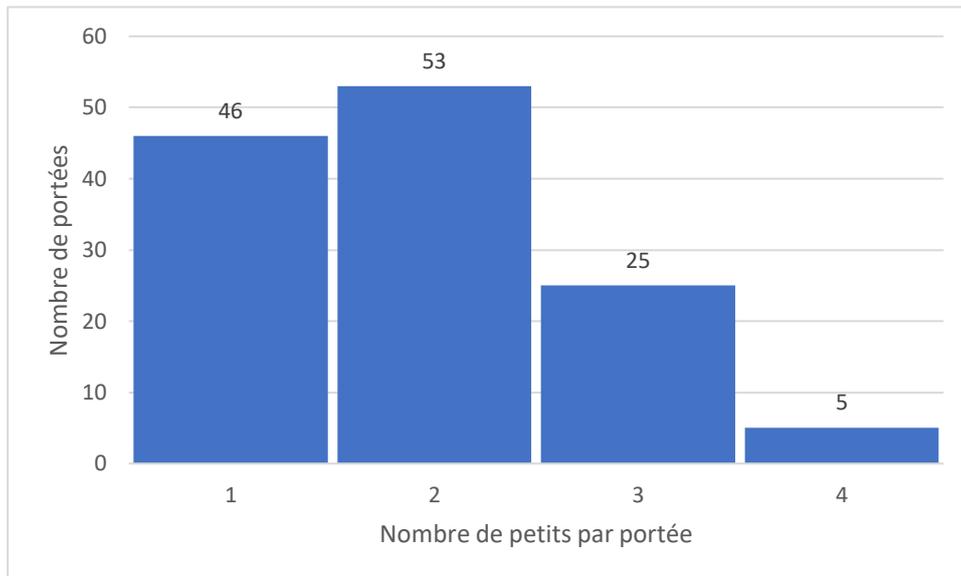
	Nombre d'individus	Longévité moyenne (en années)	Nombre de mâles	Longévité moyenne des mâles (en années)	Nombre de femelles	Longévité moyenne des femelles (en années)
Binturong	400	16.4	210	17.9	180	14.8

**Tableau 4 : Longévité des binturongs selon le sexe (Che-Castaldo et al. 2019)**

Les résultats diffèrent pour les deux tableaux (3 et 4) car les bases de données utilisées ne sont pas les mêmes et les données du tableau 3 ont été calculées sur les 15 dernières années uniquement contrairement au tableau 4 dont on ne connaît pas la méthode d'échantillonnage. Ceci explique des résultats différents. On retrouve néanmoins une longévité moyenne relativement proche variant entre 15 et 17 ans. On constate également sur le graphique 2 que 34% des binturongs adultes morts en captivité décèdent meurent après l'âge de 15 ans.

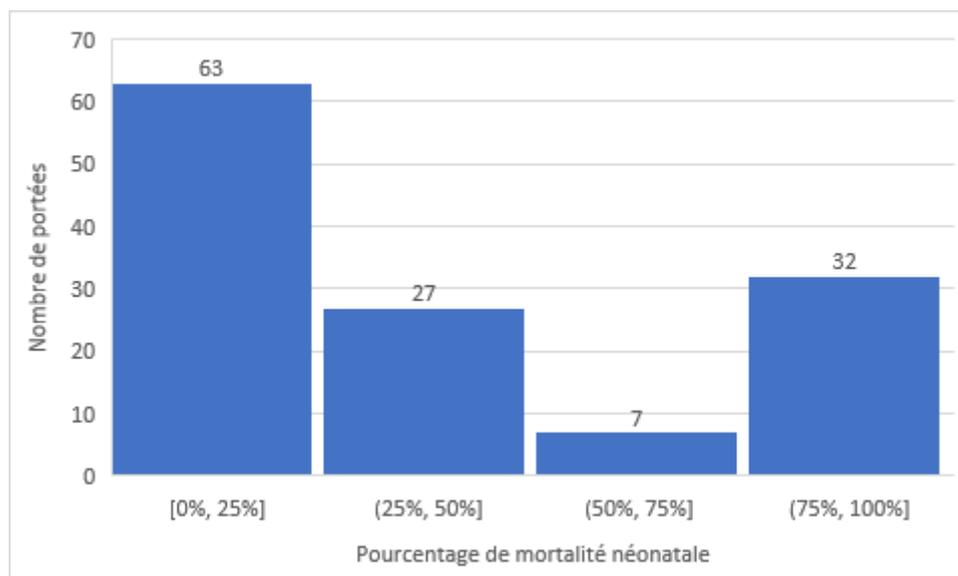
Les données relatives à la reproduction ont été calculées sur 129 portées nées dans 27 parcs zoologiques différents grâce au logiciel Zims©.

<sup>8</sup> Mortalité juvénile : mortalité définie ici comme le nombre d'individus morts avant l'âge d'un an sur le nombre total d'individus



**Graphique 3 : Taille de portées de binturongs nés en captivité (Zims©, 2021)**

Comme on peut le voir sur le graphique 3, les portées de binturongs varient d'un à quatre petits maximums avec de très rares portées à quatre petits (5 pour 129). La taille moyenne d'une portée est de 1,9 petits.



**Graphique 4 : Mortalité néonatale des binturongs nés en captivité (Zims©, 2021)**

NB : La mortalité néonatale est celle enregistrée comme telle par les parcs zoologiques dans Zims©. Elle est donc différente de la mortalité juvénile calculée manuellement à partir de notre base de données

Sur le graphique 4, on constate que, pour une portée moyenne, la plupart du temps, soit les petits survivent tous soit ils meurent tous. La mortalité néonatale est en moyenne de 38%. En moyenne 1,2 petits survivent.

Ces données (mortalité néonatale et longévité) permettront de mettre en exergue des problématiques plus spécifiques de certains parcs zoologiques. Il sera alors intéressant de se pencher sur une éventuelle influence de l'alimentation des parcs zoologiques s'éloignant des normes en termes de mortalité néonatale et de longévité.

## **2. Modalités d'entretien**

### ***a) Logement***

Les éléments importants dans la création d'un habitat pour le binturong sont le fait qu'il est arboricole, qu'il se déplace en moyenne de 688m par jour (Grassman, Tewes, Silvy 2005) et qu'il évolue souvent seul ou en petit groupe.

Ainsi l'AZA (Association of Zoos and Aquarium) recommande un espace en trois dimensions avec des structures permettant de grimper sur une hauteur d'au moins 2,4 à 3 mètres ainsi que des branches suffisamment solides pour que les binturongs puissent s'allonger dessus. Elle préconise également une superficie de 42m<sup>2</sup> minimum pour un groupe de deux animaux. La superficie doit être augmentée de 25% pour chaque animal supplémentaire. Il est conseillé d'avoir une loge individuelle pour la femelle afin qu'elle puisse s'isoler du mâle si nécessaire (notamment durant la gestation). Il n'est pas conseillé de séparer le couple lors de la gestation (ABRA 2010; Wemmer, Murtaugh 1981; AZA 2010).

Les sites de repos, d'alimentation, de prise de boisson devraient tous être localisés en hauteur mais néanmoins suffisamment accessibles pour que les soigneurs puissent les nettoyer facilement : les binturongs pratiquant le marquage urinaire et ils peuvent déposer leur fèces et de la nourriture en hauteur.

La litière doit être en matériaux naturels (paille, foin, branchages, bamboux, feuillages ...), un mélange de substrats est possible.

Contrairement à une croyance commune, le binturong n'a jamais été observé en train de nager ou de pêcher, il n'est donc pas nécessaire de mettre une bassine dans leur enclos.

Il peut être intéressant de réarranger fréquemment le matériel mobile (gamelles ...) pour stimuler l'animal.

Les binturongs sont décrits comme des fugeurs et sont particulièrement intelligents quand il s'agit de réussir à ouvrir leur cage (AZA 2010), il est donc prudent de mettre des cadenas sur les entrées. Par ailleurs, par leurs aptitudes de grimpeurs, l'enclos devra être suffisamment réfléchi afin d'éviter toute échappée.

### *b) Différences de comportement*

En comparant les résultats des études de Krishna et al (2013) et Arivazhagan (2000), il est possible de mettre en évidence une différence entre la répartition du temps d'activités des binturongs sauvages et des binturongs captifs. En effet, à l'état sauvage, les binturongs passent 50,8% de leur temps à se reposer contre 63,7% en captivité et 35,8% à se nourrir contre 6,1% en captivité. Cependant, il est difficile de comparer les deux études étant donné que les binturongs n'étaient observés que la nuit pour les binturongs sauvages, et 24h/24 en captivité et qu'elles portaient sur de petits effectifs. Néanmoins il paraît cohérent que les binturongs soient moins actifs et passent moins de temps à chercher leur nourriture à l'état captif. Ceci pourrait également promouvoir l'obésité ce qui est décrit comme un problème pour de nombreuses Viverridés captifs en zoo (AZA 2010).

Cette différence de comportement pourrait donc rendre nécessaire le fait d'adapter l'alimentation des binturongs captifs par rapport à leur alimentation naturelle pour prévenir le risque d'obésité.

### *c) Alimentation : estimation des besoins*

Jusqu'à récemment, les besoins des binturongs étaient calculés à partir des besoins de carnivores dont la nutrition est bien connue comme le chien (*Canis lupus familiaris*), le chat (*Felis catus*), le renard polaire (*Alopex lagopus*) ou l'hermine (*Mustela erminea*). On retrouve une table de ces besoins dans les recommandations de l'AZA en 2010 (Tableau 5).

Nutrient	More Omnivorous <sup>1</sup>	More Carnivorous <sup>2</sup>
	Binturong	Owston's Palm Civet and Genet
Protein (%)	17.5-26.0 <sup>1a</sup>	19.7-32.5
Fat (%)	5-8.5	9.0-30 <sup>2a</sup>
Linoleic Acid (%)	1.0-1.3	0.5-0.55
Vitamin A (IU/g)	0.5-5.9	2.44-10
Vitamin D (IU/g)	0.5-0.55	0.25-1.0
Vitamin E (mg/kg)	27-50	27-120
Thiamin (mg/kg)	1.0-2.25	1.0-5.6 <sup>2b</sup>
Riboflavin (mg/kg)	1.6-10.5	1.6-4.25
Pantothenic acid (mg/kg)	7.4-15.0	5.0-8.0
Niacin (mg/kg)	11.4-20.0	9.6-60
Pyridoxine (mg/kg)	1.0-1.8	1.6-4.0
Folacin (mg/kg)	0.18-0.5	0.2-1.3
Biotin (mg/kg)	0.1-0.12	0.07-0.12
Vitamin B <sub>12</sub> (mg/kg)	0.022-0.035	0.02-0.035
Calcium (%)	0.3-1.2 <sup>1b</sup>	0.29-1.0 <sup>2c</sup>
Phosphorus (%)	0.3-1.0 <sup>1b</sup>	0.26-0.8 <sup>2c</sup>
Potassium (%)	0.4-0.6	0.4-0.6
Sodium (%)	0.04-0.3	0.05-0.4
Magnesium (%)	0.04-0.06	0.03-0.08
Iron (mg/kg)	30-90	80-114
Zinc (mg/kg)	50-120	50-94
Copper (mg/kg)	6.0-12.4	5.0-8.8
Iodine (mg/kg)	0.9-1.54	0.35-2.2
Selenium (mg/kg)	0.1-0.35	0.1-0.4

<sup>1</sup>Dog NRC (2006), Dog AAFCO (1999) (All numbers are based on requirement set for maintenance); Mink NRC (1982); Fox NRC (1982) (for mink and fox NRC protein is range of growth and maintenance, vitamins are for growth, and minerals for growth and maintenance).

<sup>1a</sup> Authors of this chapter are not comfortable recommending a 10% protein for maintenance as the Dog NRC 2006 suggests.

<sup>1b</sup> Authors of this chapter would caution feeding diets with 0.3% calcium and/or phosphorus as the Dog NRC 2006 suggests.

<sup>2</sup> Cat NRC (2006), Legrand-Defretin & Munday (1993), Cat AAFCO (1994); Maslanka & Crissey, 1999; Mink NRC (1982); Fox NRC (1982) (for mink and fox NRC protein is range of growth and maintenance, vitamins are for growth, and minerals for growth and maintenance).

<sup>2a</sup> Lewington (2002) indicated that lactation demand on female mink (*Mustela*) may require up to 45.7% CP on a dry matter basis (based on a calculated 83% protein digestibility).

<sup>2b</sup> Blomqvist (2001) has indicated that wolverines (*Gulo gulo*) may have a higher requirement for thiamin than other mustelids.

<sup>2c</sup> Authors of this chapter would caution feeding diets with 0.29% calcium and 0.26% phosphorus as the Cat NRC 2006 suggests.

**Tableau 5 : Intervalles recommandés de différents nutriments pour l'alimentation des binturongs (en pourcentage de matière sèche) (AZA 2010)**

Les auteurs s'intéressaient essentiellement aux pourcentages et aux quantités de protéines, de matières grasses, de calcium, de phosphore et de vitamine E.

On remarque notamment que les pourcentages de protéines et de matières grasses recommandés par l'AAFCO (Association of American Feed Control Officials) pour les binturongs étaient très proches de ceux recommandés pour un chien adulte (pour la valeur basse de l'intervalle) et pour un chat adulte (pour la valeur haute de l'intervalle). Néanmoins, ces intervalles sont à

appliquer avec précaution étant donné que les intervalles sont extrapolés de recommandations pour des carnivores et non pour des frugivores.

Une étude récente de du Dr F. Cabana (non publiée) a fourni de nouveaux intervalles de référence en superposant les recommandations de l’AZA (2010) à la composition nutritionnelle d’aliments fréquemment consommés par les binturongs sauvages (*Artocarpus nitidus*, *Artocarpus sericarpus*, *Baccaurea reticulata*, *Ficus sp.*, *Gnetum gnemon*) (tableau 6).

Nutrients	AZA Nutrient recommendations (AZA, 2010)	Wild diets (binturong)	Proposed nutrient ranges (binturong)
Ash (%)	-	4.9 - 9.2	-
Calcium (%)	0.3 - 1.2	0.7 - 0.8	NC
Crude Fat (%)	5 - 8.5	8.4 - 12.1	5 - 12
Crude protein (%)	17.5 - 26	14.6 - 19.7	15 - 20
Phosphorus (%)	0.3 - 1	0.5 - 0.6	NC
Vit E (mg/kg)	27 - 50	29.9 – 45	NC

\*NC = no change

**Tableau 6 : Intervalles recommandés de différents nutriments calculés selon les constituants analytiques de différents aliments présents dans le régime alimentaire du binturong à l’état sauvage (F. Cabana non publié)**

On remarque notamment que la recommandation en pourcentage de matières grasses est augmentée, tandis que celle en pourcentage de protéines est diminuée. Les recommandations en pourcentage de calcium et phosphore sont les mêmes que celles de l’AZA.

Afin de valider ces nouvelles recommandations, le Dr F. Cabana a effectué un changement alimentaire sur les 11 binturongs du zoo de Singapour. Le pourcentage de viande et de légumes a été diminué et le pourcentage de fruits augmenté (fruits faiblement sucrés : pomme, orange, goyave etc). La quantité totale d’aliment a été augmentée afin de maintenir le même niveau d’énergie apportée par la ration (le pourcentage de matières premières d’origine animale, souvent énergétiques, ayant été diminué).

La plupart des binturongs (81%) ont alors pris du poids. Cependant les poids des différents binturongs restent très variés (de 10,65kg à 20,5kg pour les mâles et de 12,1kg à 22,6kg pour les femelles) ce qui pourrait être expliqué par une différence de sous-espèces selon les individus. Il est difficile de savoir si la prise de poids des binturongs est bénéfique ou non étant donné qu’il n’y a pas eu de commentaires sur l’état corporel (embonpoint, maigre etc) avant ou

après le changement alimentaire. Les fèces n'ont pas changé d'aspect après le changement alimentaire.

Ces nouvelles recommandations pourraient être plus proches de l'alimentation naturelle du binturong. Cependant nous manquons de données pour analyser les effets d'une diminution de, l'apport en protéines et en particulier sur la digestibilité des rations. C'est pourquoi l'analyse des données collectées fera apparaître les intervalles de référence de l'AZA et du Dr F. Cabana.

## **F. Conclusion**

Nous avons vu dans les paragraphes précédents que les binturongs sont des animaux méconnus du grand public et que nos connaissances à leur sujet sont limitées. De plus les observations des chercheurs sont parfois contradictoires étant donné les petits effectifs observés à l'état sauvage et le faible taux de détection des binturongs, il est donc difficile de tirer des conclusions rigoureuses quant à leur mode de vie, leur taxonomie ou encore leur alimentation.

Néanmoins, un point sur lequel s'accordent les scientifiques est que le binturong est un animal vulnérable qu'il faut protéger sous peine de le voir disparaître dans quelques années. Ainsi, il est nécessaire de s'intéresser plus en détail à leurs conditions d'élevage en parc zoologique et notamment à leur alimentation qui est un facteur important de bonne santé et de bien-être.

Les binturongs présentent une dissonance entre leur morpho-physiologie contraignante et leur régime alimentaire. Leur alimentation en parc zoologique représente ainsi un véritable défi du fait du peu de connaissances provenant du milieu naturel (qualitatif, quantitatif, comportemental) et de la difficulté d'approvisionnement en Europe des aliments consommés à l'état sauvage.

La partie suivante constituera donc à un état des lieux des rations distribuées en parc zoologique et l'éventuel impact qu'un déséquilibre nutritionnel peut avoir sur la santé des binturongs.

## **II. ETAT DES LIEUX DES RATIONS DISTRIBUEES AUX BINTURONGS EN CAPTIVITE**

Le but de l'étude était initialement de pouvoir comparer le rationnement des binturongs pratiqué en zoo avec les apports du régime alimentaire naturel. Au départ, cette étude était sensée inclure une partie *in-situ* avec notamment des analyses de fèces de binturong sauvage sur l'île de Palawan. Celle-ci était sensée donner un aperçu du régime alimentaire naturel des binturongs et également de sa composition chimique. Ces fèces devaient être obtenues fraîches grâce à un suivi des binturongs à la suite de la mise en place de colliers émetteurs par l'ONG ABConservation. Celles-ci devaient ensuite être comparées aux fèces obtenues dans différents parcs zoologiques de l'EAZA.

En raison de la crise sanitaire liée à la pandémie du Covid-19, les objectifs de l'étude ont dû être revus. Ainsi, l'étude constitue aujourd'hui principalement un recueil de données sur l'alimentation des binturongs en zoo avec une analyse des rations. Les données transmises par les parcs zoologiques les plus détaillées permettront un calcul des compositions des rations et seront comparées aux apports recommandés par l'AZA et par le Dr Francis Cabana. Ceci permettra également l'analyse détaillée d'une ration d'un parc zoologique dont les binturongs présentent des anomalies comportementales et de fournir des recommandations globales.

### **A. Méthode d'acquisition des données**

Afin d'avoir une image la plus précise et la plus large possible de l'alimentation des binturongs en captivité les critères d'inclusion initiaux sont relativement larges. Les parcs zoologiques sélectionnés initialement sont donc :

- Les zoos appartenant au programme d'élevage européen (EAZA) et possédant encore des binturongs au moment du recueil des données (ayant eu lieu de septembre 2020 à février 2022).
- Les parcs zoologiques ayant répondu à la prise de contact par courrier électronique.

Dans un second temps, d'autres parcs zoologiques (ou zoos) ont dû être mis de côté :

- Les zoos où l'alimentation varie de manière importante selon les saisons. Par exemple, un des zoos donne deux repas par jour en hiver et un seul en été. Les quantités d'aliments varient également beaucoup entre l'hiver et l'été. Il est alors très difficile de comparer

un zoo procédant de cette manière avec d'autres zoos donnant la même alimentation toute l'année.

- Les zoos ne pesant pas ou n'ayant pas communiqué le poids des différents grands types d'aliments : viandes, croquettes, légumes et fruits. Par exemple, lorsque la fiche d'alimentation propose un volume de distribution, ou une autre fiche parle de « grand bol » de fruits. L'étude s'intéressant notamment à comparer les différentes quantités et pourcentages de ces grands types d'aliments, les zoos ne pouvant pas nous donner ces informations ont été exclus de l'étude.

Au total, 43 parcs zoologiques de 13 pays différents suivis par le programme d'élevage européen ont pu être inclus dans l'étude avec un total de 111 binturongs. Ces zoos seront anonymisés dans les paragraphes suivants avec une annotation Zn : avec n allant de 1 à 43.

NB : Le total de 111 binturongs a été calculé le 12 novembre 2021, il y a eu des naissances dans certains zoos depuis cette date mais celles-ci n'ont pas été prises en compte. Les binturongs de sexe indéterminé sont souvent de très jeunes binturongs pas encore sexés.

Une fois les fiches d'alimentation acquises, des questions supplémentaires ont été posées aux zoos afin d'apporter plus de précisions sur les rations et également sur l'alimentation en général.

Il s'agit des questions suivantes :

- En combien de fois l'alimentation est-elle distribuée sur 24h ?
- Y a-t-il une variation de l'alimentation en fonction du stade physiologique (femelle gestante, en lactation, animal en croissance etc) ?
- Y a-t-il une mise en place d'un enrichissement alimentaire ? Si oui, de quel type ?
- Y a-t-il des restes alimentaires ? Si oui, en quelle quantité et quels aliments ?
- Avez-vous remarqué des maladies pouvant être liées à l'alimentation ?
- Les binturongs sont-ils pesés régulièrement et si oui, quel est leur poids ?
- Les aliments sont-ils découpés ? Si oui quelle est la taille subjective des morceaux ?
- Lorsque les fruits et légumes n'étaient pas définis précisément il a été demandé aux zoos quels fruits et légumes en particulier étaient distribués. Cette démarche n'a rencontré que peu de succès. En effet, la majorité des zoos change de fruits et légumes au cours de l'année en essayant notamment de respecter les saisons ou bien car ils dépendent de l'arrivée des supermarchés.

Ayant accès au logiciel Zims © il a également été possible d'extraire de nombreuses données relatives aux binturongs dans les parcs zoologiques avec notamment la mortalité néonatale et la longévité de certains zoos. Cependant, il manquait les données des zoos Z1, Z3 et Z42. Seuls 15 zoos ont eu des portées sur les 15 dernières années et seuls 18 zoos ont eu des binturongs adultes décédés sur les 15 dernières années.

Le but de ce recueil de données est donc de regarder si certains zoos avaient une longévité significativement plus basse ou une mortalité néonatale significativement plus haute et d'essayer de mettre en lumière une éventuelle cause alimentaire (carence en légumes, en protéines, etc).

## **B. Entrée des données et approximations**

Une fois les fiches d'alimentation obtenues, celles-ci ont été rentrées manuellement dans un tableur Excel ©. Une entrée automatisée des fiches dans le tableur était impossible étant donné la grande variété de type de support de fiches d'alimentation : document word, pdf, excel, jpg ou encore parfois une simple réponse écrite par courrier électronique.

Il a été important d'essayer de standardiser au maximum la manière de rentrer les données dans le tableur Excel © afin de pouvoir analyser les données par la suite. Quelques règles ont donc été mises en place :

- Parfois certains aliments ne sont pas donnés tous les jours : le poids distribué de l'aliment a été ramené en poids moyen donné par jour. Par exemple si un zoo donne 50g de bœuf pour un binturong 3 fois par semaine il a été estimé que le binturong recevait  $\frac{50 \times 3}{7}$  grammes par jours soit environ 21,4g de bœuf par jour.
- Lorsque l'aliment était exprimé en unités, par exemple une souris ou une pomme, le poids moyen de l'aliment a été cherché dans la littérature (Annexe 1) afin d'exprimer l'aliment en grammes.
- Lorsque l'aliment est donné à un groupe de binturongs il a été estimé que chaque animal mangeait la même quantité sauf si une précision était apportée sur la fiche d'alimentation. Ainsi 6 kg de fruits par jour pour 4 binturongs donne 1500g de fruits par binturong par jour.
- Il y avait parfois une liste d'aliments définis : par exemple 500g de légumes de catégorie X (avec la catégorie X = patate douce ou courge ou carotte), distribués 3 fois par

semaine pour un binturong. Il a alors été estimé que le binturong recevait  $\frac{\text{poids (en g)} \times \text{nombre de jours par semaine}}{7 \times \text{nombre d'aliments dans la catégorie}}$  g de chaque aliment de la catégorie X en moyenne par jour soit ici  $\frac{500g \times 3}{7 \times 3}$  g ; soit 71,4g par jour de carotte, 71,4g par jour de patate douce et 71,4g par jour de courge.

- Concernant les compléments alimentaires donnés, les quantités de ceux-ci étaient souvent exprimées en nombre de cuillère à café ou en « aliments soupoudrés de complément ». Il a été estimé qu'une cuillère à café équivaut à 5g de complément et qu'il fallait une cuillère à café pour soupoudrer les aliments.

Une fois les données acquises et rentrées dans un tableur, il a été pertinent de différencier les zoos selon le niveau de précision de leur fiche d'alimentation. Cela a notamment permis le calcul d'une partie de la composition chimique des rations des parcs zoologiques ayant apportés le plus de précisions. Il a donc été défini 3 catégories de précision :

- A : zoos dont les données sont les plus précises. Chaque aliment est pesé et est défini de manière précise : par exemple les fruits sont définis en poids ou en unité comme : « 50g de pommes et 25g de poires ou 2 pommes et 1 banane ».
- B : zoos dont les grandes catégories d'aliments sont pesées et définies mais les aliments exacts ne sont pas connus : par exemple, le zoo Z30 donne 6kg de fruits pour leur 4 binturongs mais les types de fruits (pomme, poire, mangue etc) varient selon les saisons et par conséquent, il est impossible de connaître la quantité de chaque aliment distribué précisément.
- C : zoos ayant été mis de côté (partie II.A).

Pour les zoos de catégorie A, la composition de la ration en nutriments est basée sur la composition de chaque aliment. Celle-ci a été trouvée dans la littérature (Annexe 2) et sur le site internet de Ciquial (ANSES 2020). La composition de chaque aliment a donc été transcrite dans un tableur Excel © de la manière figurant sur le tableau 7.

% MS	Energie (kcal/g)
% MG (en MB)	% Ca (en MB)
% PB (en MB)	% P (en MB)
% fibres (en MB)	Vit E (mg/100g)
% cendres (en MB)	

**Tableau 7 : Tableau montrant l'expression de la composition chimique retenue pour les matières premières**

Cela a ensuite permis de calculer la composition de la ration en multipliant la composition de chaque aliment par la quantité (en grammes) dudit aliment.

La composition de chaque aliment étant donnée en pourcentage de matière brute, la composition initiale de la ration était également en pourcentage de matière brute (MB). Néanmoins, les intervalles de référence de l'AZA et du Dr Francis Cabana étant exprimés en pourcentage de matière sèche (MS), il a semblé pertinent de s'intéresser plutôt au pourcentage de matière sèche de chaque composant chimiques (PB, MG, fibres, cendres, ENA, Ca et P). Les pourcentages de ces composants chimiques ont donc été ramenés aux pourcentages en matière sèche.

## **C. Analyses des données**

A la suite de ce recueil de données alimentaires, plusieurs analyses ont pu être effectuées. La plupart ont été effectuées sur Excel© sans analyses statistiques associées. Les graphiques sont alors essentiellement construits pour permettre une analyse descriptive des données mais les conclusions prononcées ne sont que des hypothèses.

Le choix de ne pas réaliser d'analyses statistiques sur la partie alimentation a principalement été motivé par toutes les règles mentionnées dans la partie II.B qui mènent à des approximations importantes des rations alimentaires.

Néanmoins, des tests statistiques dit d'Anderson-Darling ont été réalisés sur toutes les variables afin de déterminer si celles-ci suivaient une loi normale ou non.

Les moyennes sont donc exprimées comme « moyenne +/- écart type » pour les variables suivant une loi normale et seulement comme « moyenne » pour celles ne suivant pas une loi normale car aucun écart-type n'a pu être calculé pour ces variables.

## **D. Résultats**

### **1. Sur tous les zoos**

Sur 73 parcs zoologiques démarchés, 56 ont fourni leur ration pour binturongs. Parmi ces 56 zoos, 13 d'entre eux ont été classés en catégorie C et ont été exclus de l'étude. Il y a donc un taux de réponse de 77% et un taux de réponse exploitable de 59%. Un total de 43 zoos a donc pu être étudié. Huit d'entre eux n'ont pas répondu aux questions supplémentaires posées.

On peut estimer que le taux de réponse est plutôt satisfaisant et un nombre conséquent de zoos ont répondu ce qui permet de proposer une analyse correcte

Il est également nécessaire de préciser que certains parcs zoologiques donnent différentes rations selon les individus : jeunes/adultes (noté J pour les jeunes et A pour les adultes), mâle/femelle (noté M pour les mâles et F pour les femelles) ou même entre individus (par exemple AF pour une femelle adulte, AM pour un mâle adulte ou encore MF pour les mâles et les femelles ne recevant pas de ration spécifique). Ceci implique donc que l'on analyse un nombre plus important de rations que de parcs zoologiques. En effet, neuf parcs zoologiques donnent des rations différentes selon les individus, allant jusqu'à trois rations différentes distribuées pour le zoo Z24. Nous analyserons donc les différentes rations distribuées (53 rations différentes) dans les futurs graphiques et non pas directement les différents zoos.

Les matières premières majoritaires étudiées sont ici :

- Les sources de protéines animales : viande rouge, viande blanche, poisson, œuf, proies, insectes et croquettes pour animaux domestiques.
- Les légumes : légumes racines comme la carotte ou la patate douce mais également des légumes verts feuillus comme le céleri, l'endive ou encore des légumes plus sucrés comme le poivron ou la tomate.
- Les fruits : exotiques comme l'ananas, la papaye, la mangue etc ou plus communs comme les pommes, les poires ou les bananes.
- Les croquettes pour animaux exotiques de parcs zoologiques : croquettes pour omnivore, pour primates ou pour folivores.
- Les compléments alimentaires souvent sous forme de poudre ou d'huile pour apporter des compléments en vitamines ou en minéraux.
- La catégorie « autres » regroupe les ingrédients qui ne pouvaient être classés dans les catégories précédentes comme du yaourt, du riz, des pâtes ou des graines de lin. Cette catégorie est assez vaste mais n'est que peu utilisée dans les rations ou alors à titre anecdotique.

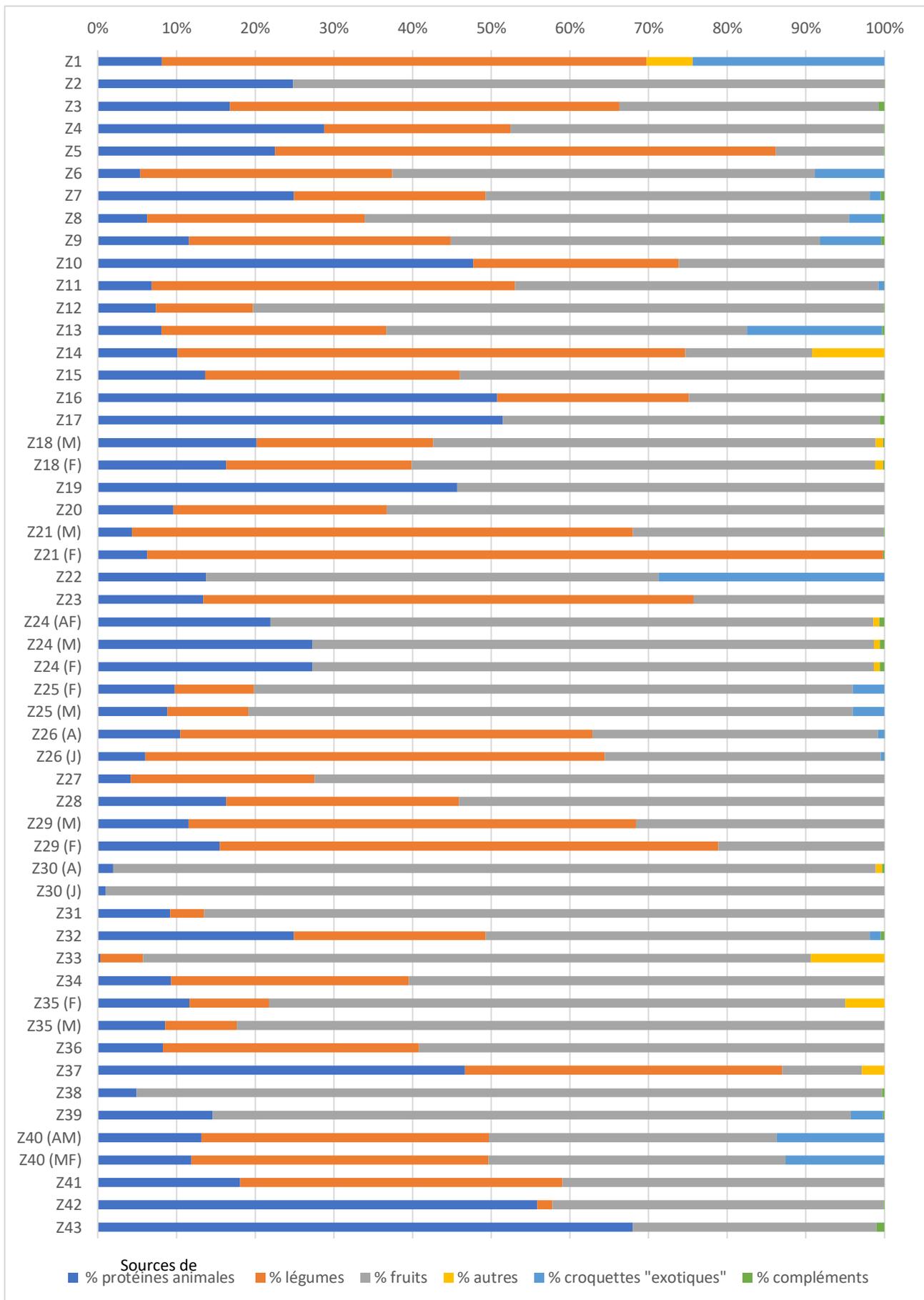
Nous pouvons donc construire un premier graphique montrant la répartition en pourcentage des différentes matières premières dans les rations comme le montre le graphique 5.

On constate sur ce graphique que les rations sont majoritairement composées de fruits et/ou de légumes avec un apport variable en protéines. On remarque également que les compléments représentent toujours un pourcentage négligeable de la ration. Les aliments « autres » sont

également toujours inférieurs à 10% de la ration et seront donc négligés dans les analyses futures. Les croquettes exotiques sont également distribuées en faible proportion (inférieures à 10% de la ration) à l'exception de cinq rations (avec un maximum de 29% pour la ration de Z22).

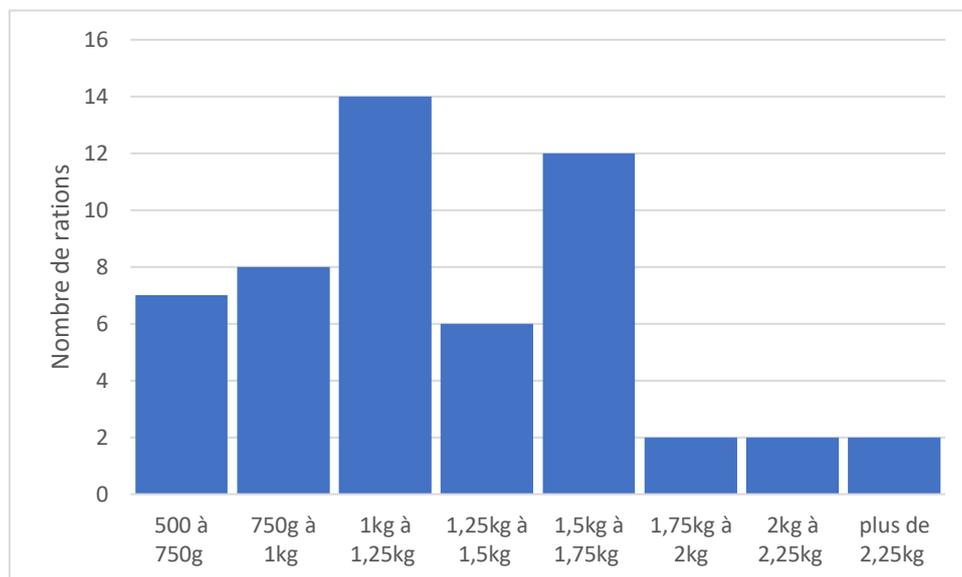
On se concentrera donc dans les graphiques suivants sur les matières premières distribuées en plus grande proportion : les légumes, les fruits et les sources de protéines animales afin de connaître la tendance actuelle de pratique d'alimentation par les parcs zoologiques.

On pourra également retrouver en annexe (Annexe 3) un graphique montrant la quantité de chaque matière première dans chaque ration.



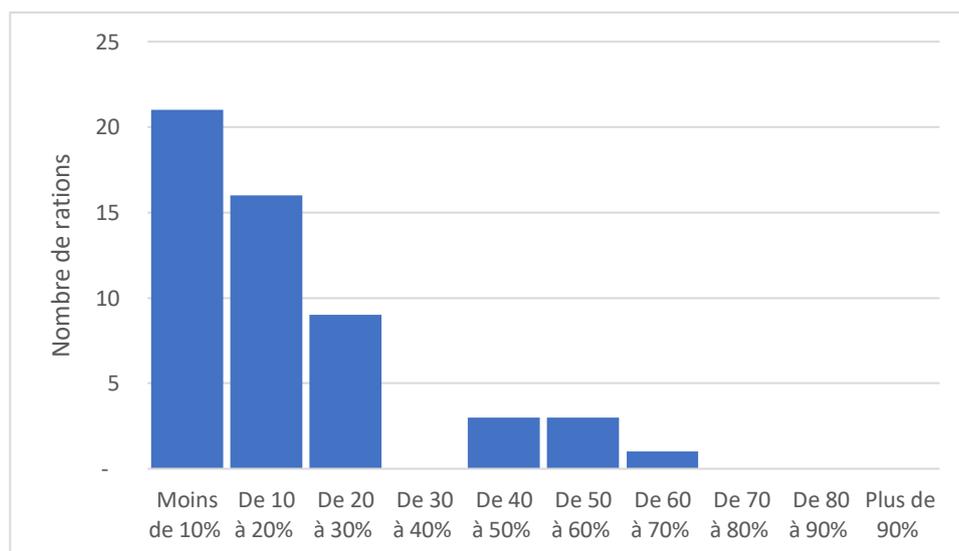
**Graphique 5 : Graphique montrant la composition des différentes rations en pourcentage de matières premières**

On s'intéresse d'abord à la quantité totale distribuée dans les différentes rations. Sur le graphique 6, on constate que la plupart des zoos distribuent des rations de 1 à 1,75kg (32 rations sur 53 font 1 à 1,75kg soit 68%). En moyenne, la quantité d'aliment distribuée par animal est de 1263 +/- 464g par jour.

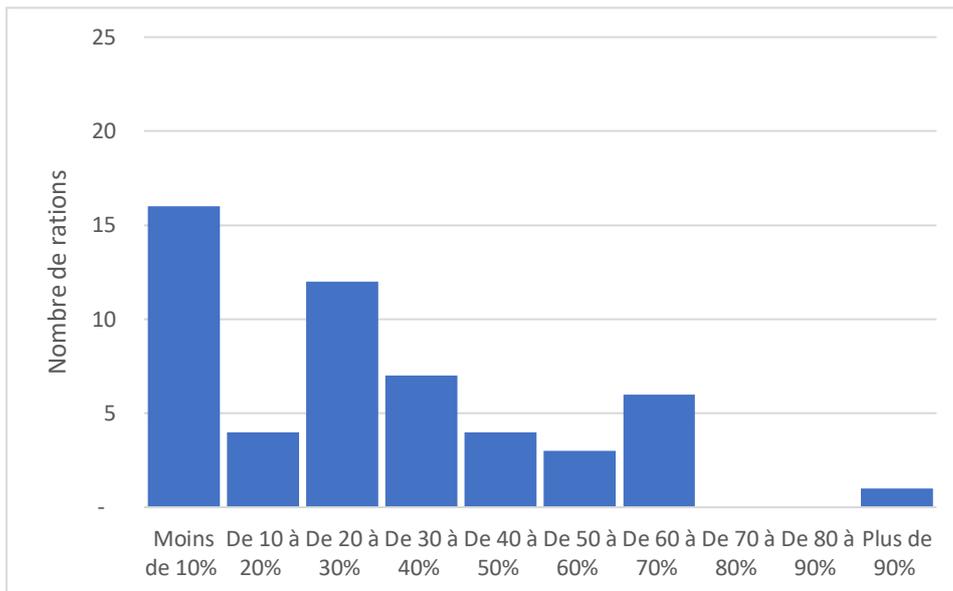


**Graphique 6 : Graphique montrant le nombre de rations en fonction de la quantité totale d'aliments qu'elles contiennent**

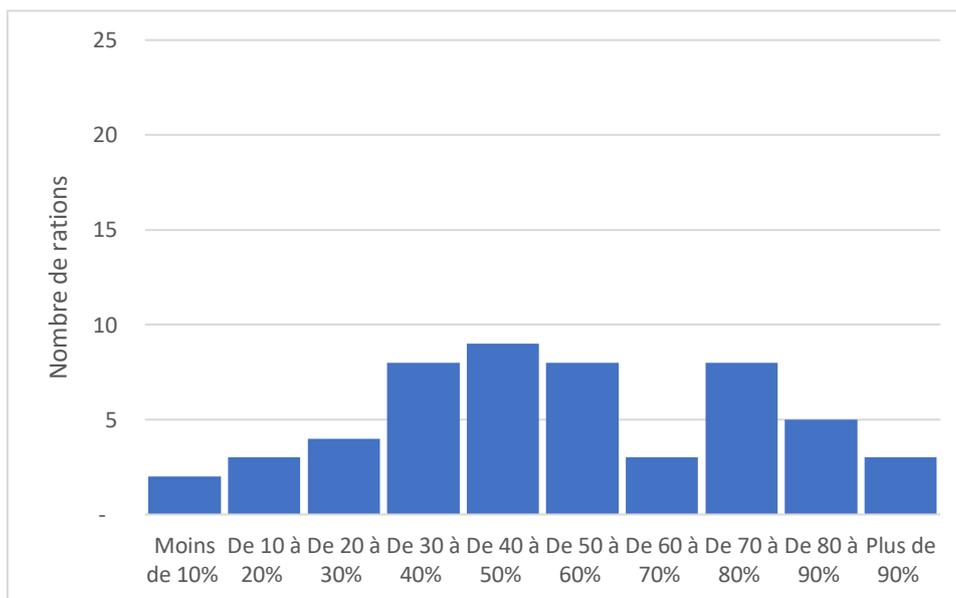
On peut également étudier les tendances de pratiques alimentaires en termes de pourcentage des trois grandes matières premières (sources de protéines animales, légumes, fruits) sur les graphiques 7, 8 et 9.



**Graphique 7 : Graphique montrant le nombre de rations en fonction de leur pourcentage de sources de protéines animales**



**Graphique 8 : Graphique montrant le nombre de rations en fonction de leur pourcentage en légumes**



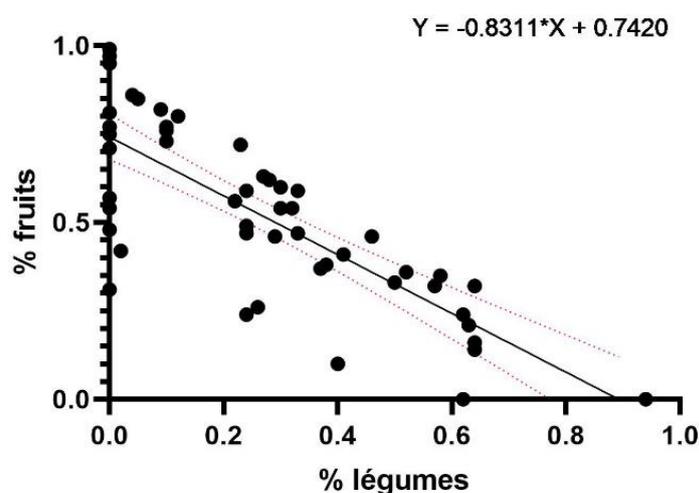
**Graphique 9 : Graphique montrant le nombre de rations en fonction de leur pourcentage en fruits**

On constate notamment sur ces graphiques que la plupart des zoos distribuent peu de sources de protéines animales. Le pourcentage de sources de protéines animales moyen d'une ration est de 18%. La médiane est 12%. Celui-ci est indépendant du pourcentage de légumes ou de fruits (Annexe 4).

Le pourcentage de légumes dans les rations est variable et en moyenne de 27%. Le pourcentage de fruits est plus important avec une moyenne de 52 +/- 25%. Excepté pour la ration du zoo Z1, toutes les rations contiennent des fruits.

De manière générale, on constate une grande variabilité des pourcentages de matières premières parmi les rations pratiquées.

On constate également une corrélation négative (test de Pearson réalisé sur Graphpadprism ©) entre le pourcentage de légumes et le pourcentage de fruits dans les rations sur le graphique 10. Celle-ci est significative avec une p value inférieure à 0,0001. Il est donc possible que les zoos les pensent équivalents bien que l'on dénote une préférence marquée pour les fruits.



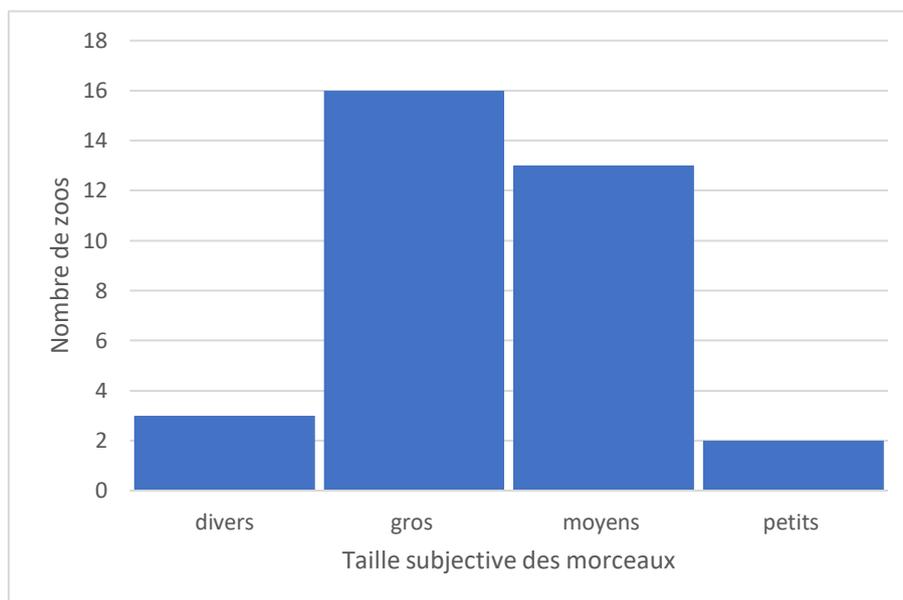
**Graphique 10 : Graphique montrant la corrélation négative entre le pourcentage de légumes et le pourcentage de fruits dans les rations**

On peut donc supposer que la composition d'une ration type est axée principalement sur les légumes ou sur les fruits, avec un apport plutôt modéré en sources de protéines animales et de manière plus anecdotique des aliments « autres » ou des croquettes. Le pourcentage de fruits moyen étant plus élevé que celui en légumes on peut penser que les rations pratiquées en zoo sont plutôt centrées sur un pourcentage élevé en fruits et plus faible en légumes. Celles-ci sont donc assez similaires à celles recommandées par l'AZA (2010) ou le Dr Francis Cabana (non publié).

On peut également s'intéresser au nombre moyen de repas par jour des binturongs en captivité. Celui-ci est de deux repas par jour. La moyenne a été établie sur 41 zoos (deux zoos n'ayant pas communiqué le nombre de distributions alimentaires pratiquées).

Concernant les questions supplémentaires, 35 zoos y ont répondu soit 81% des zoos ayant été analysés.

Celles-ci ont permis de préciser les préférences des zoos en taille de coupe des fruits et légumes, les restes alimentaires et les problèmes de santé ou comportementaux.

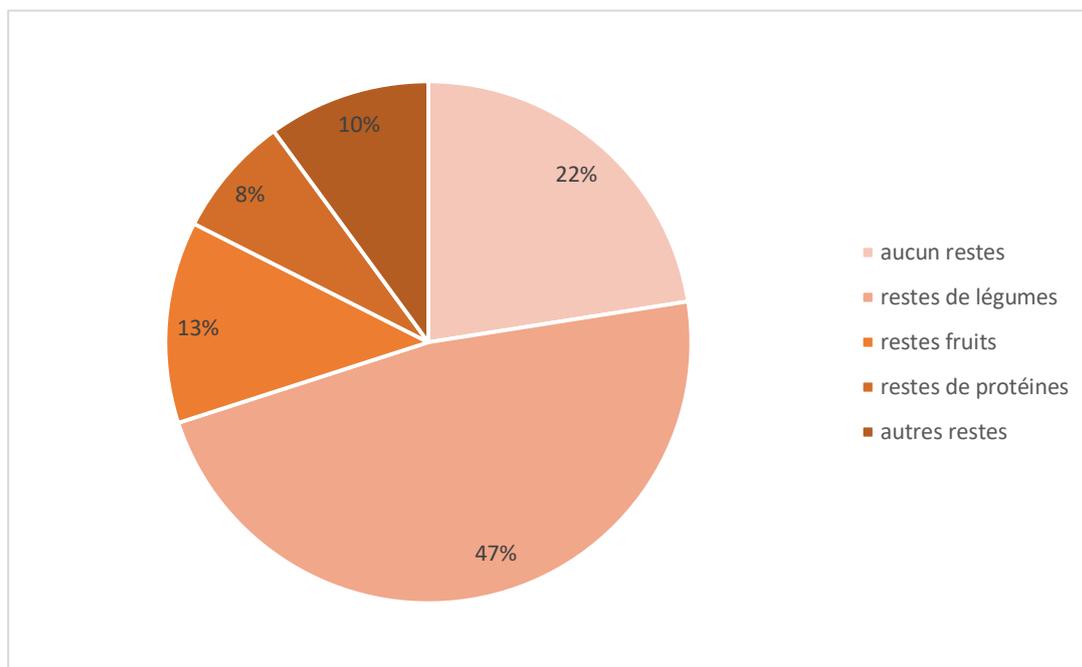


**Graphique 11 : Graphique montrant les tendances en taille de coupe des fruits et légumes dans les zoos**

Sur le graphique 11, on constate que les zoos ont tendance à couper les fruits et légumes en gros ou moyens morceaux. Classiquement, une pomme est laissée entière ou coupée en deux (gros morceaux) ou un peu plus rarement coupée en quatre (moyens morceaux) mais elle est très rarement coupée en plus petit. Le fait de laisser les aliments entiers ou coupés en gros morceaux semble augmenter le temps passé par les binturongs à s'alimenter et réduire les comportements indésirables selon le Dr Francis Cabana (non publié) et l'expérience de différents zoos.

Concernant les restes alimentaires, la plupart des zoos semblent confrontés à cette problématique et seul 22% des zoos ont déclaré ne pas avoir de restes alimentaires comme on peut le voir sur le graphique 12. On constate également que la grande majorité des restes alimentaires est représentée par des légumes : 47%. Ceci peut s'expliquer par un manque d'appétence pour les légumes qui sont souvent moins sucrés et plus durs que les fruits. Les sources de protéines animales sont souvent considérées comme appétentes par les zoos. Seuls trois zoos ont parfois des restes de sources de protéines animales qui sont des hamsters, des rats particulièrement grands, de la viande de cheval ou parfois des œufs.

Cependant il est à noter qu'il n'est pas nécessairement négatif d'avoir des restes alimentaires car l'absence de restes alimentaires peut également traduire un manque d'apport en nourriture.



**Graphique 12 : Diagramme montrant la répartition des restes alimentaires par matières premières majoritaires**

Concernant les problèmes de santé ou comportementaux décrits par les zoos lors de cette collecte de données, ils sont anecdotiques avec seulement quatre maladies décrites comme pouvant être liées à l'alimentation et seulement huit zoos ayant rencontrés des problèmes.

Les quatre maladies décrites sont :

- Des problèmes dentaires : dents cariées et gingivite, rencontrés sur des binturongs ayant été récemment transférés de zoos (non connus) ayant une grande quantité de fruits hautement sucrés (banane mûre, raisin, etc) distribuée. Ces problèmes ont été résolus par un traitement adapté (extraction dentaire) et le fait que les binturongs aient été transférés dans des zoos distribuant moins de fruits hautement sucrés.
- De la diarrhée rencontrée lors de consommation de salade, raisin rouge ou d'une forte augmentation en sources de protéines animales dans la ration.
- Une allergie se manifestant par des problèmes cutanés, dont l'origine est inconnue.
- Des comportements de coprophagie décrits chez les jeunes individus du zoo Z26 et chez des jeunes du zoo Z11 nés au zoo Z26.

Lors d'une première collecte de données en 2015, Aude Bourgeois et le Dr Cabana ont observé sept maladies dans quatre zoos : de l'arthrose, une cataracte, des problèmes dentaires, des

problèmes rénaux, une boiterie et un manque d'appétit. Tous ces troubles ne sont pas nécessairement liées à l'alimentation.

Un autre zoo rapporte également deux symptômes rencontrés il y a 20 ans sur un binturong dont la ration ne contenait pas de sources de protéines animales : une déformation de la colonne vertébrale et un amaigrissement important. Le deuxième symptôme a disparu à la suite du changement alimentaire (ajout de sources de protéines animales) mais le premier a persisté.

Il semble donc que des déséquilibres alimentaires puissent causer des symptômes et maladies différentes mais les pratiques alimentaires actuelles semblent suffisamment maîtrisées pour que ceux-ci demeurent anecdotiques. Une analyse plus détaillée de la composition chimique des rations pourrait permettre de mettre en avant les déséquilibres menant à de telles maladies.

## **2. Sur les zoos de catégorie A**

Au total, neuf zoos ont un niveau de précision qui leur permet de rentrer dans la catégorie A.

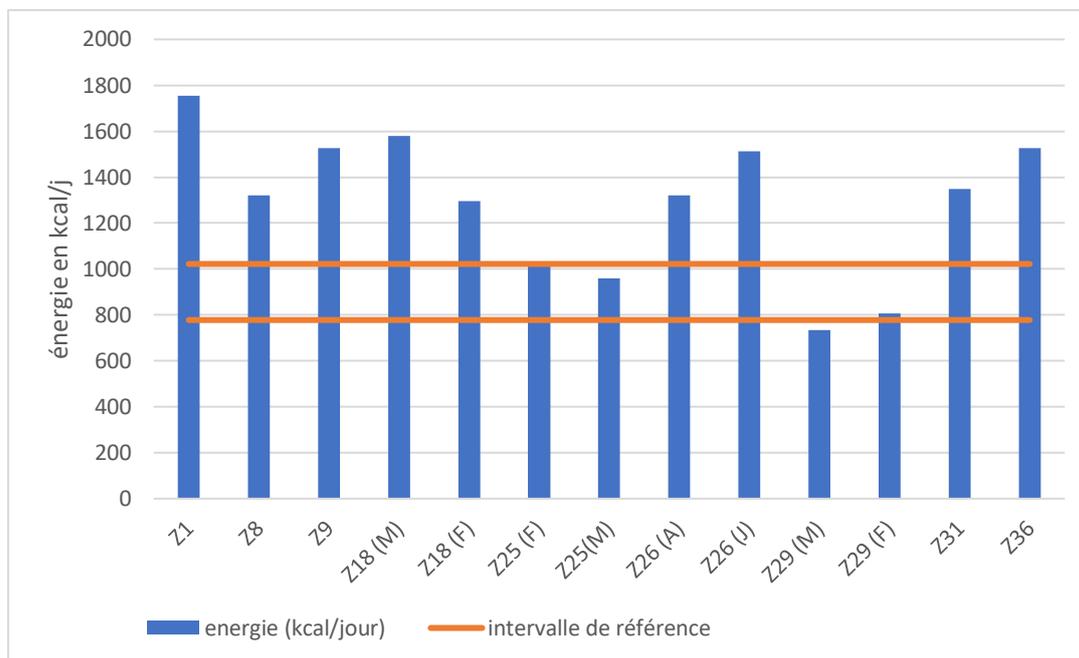
Tout d'abord, la composition nutritionnelle calculée du zoo Z9 a été comparée à sa composition nutritionnelle calculée par le logiciel Zootrition© (composition fournie par le zoo) afin de vérifier si la méthode de calcul utilisée mentionnée dans la partie II.B ne présentait pas d'aberrations.

Un test de Student pour données appariées a été réalisé grâce au logiciel Graphpadprism© avec une p-value = 0,3. On peut conclure que les deux compositions nutritionnelles calculée ici et calculée par Zootrition pour le zoo Z9 ne sont pas significativement différentes. La méthode de calcul utilisée semble donc fiable.

Il a ensuite été convenu d'analyser le pourcentage de matières grasses, de protéines brutes, de fibres et de cendres en pourcentage de matière sèche. L'extractif non azoté (ENA), qui correspond à une approximation du taux de glucides assimilables, a été calculé selon la formule :  $ENA = MS - MG - PB - \text{fibres} - \text{cendres}$  puis a été calculé en pourcentage de matière sèche. La teneur de vitamine E en mg/kg, le pourcentage de calcium et de phosphore (en matière brute) ainsi que le ratio phospho-calcique ont également été calculés. Pour finir, l'apport énergétique de la ration et la densité énergétique ont été calculés, exprimé respectivement en kcal/jour et en kcal/g

L'intervalle énergétique recommandé est celui donné par le calculateur métabolique de Zootrition© : 778 à 878 kcal/jour pour un mâle et 873 à 1022 kcal/jour pour une femelle. Il a

été décidé de prendre la valeur la plus basse et la valeur la plus haute de ces intervalles pour obtenir un intervalle de référence étendu et mixte : [778 ; 1022] kcal/j.

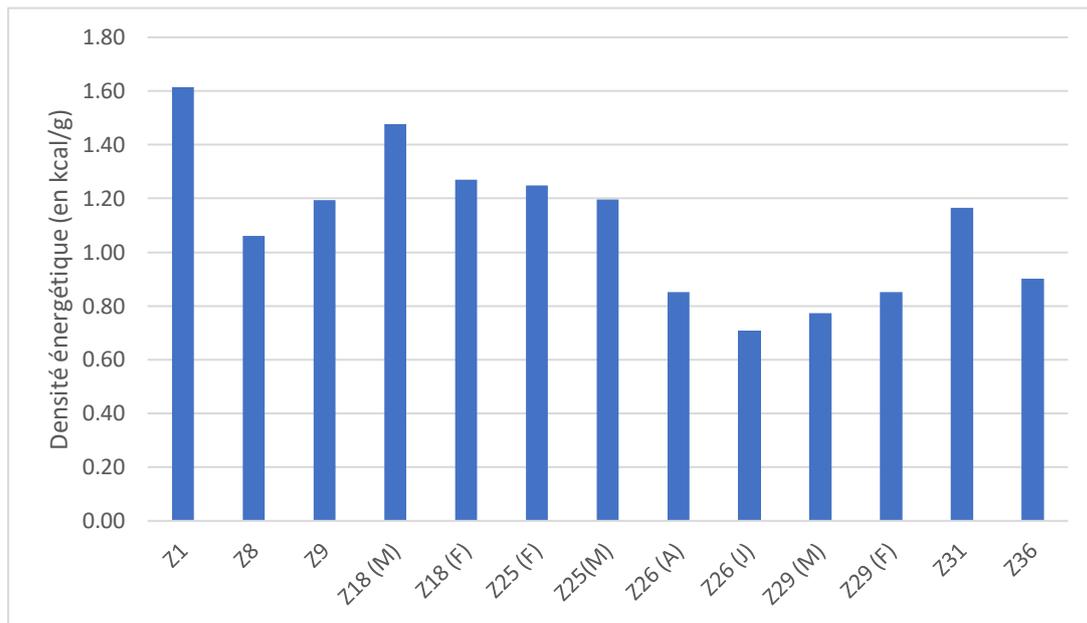


**Graphique 13 : Graphique montrant l'énergie apportée par les rations de chaque parc zoologique**

On constate sur le graphique 13, une grande variabilité de la valeur énergétique des rations des zoos, certaines rations varient du simple au double en termes d'énergie avec par exemple la ration pour le binturong mâle du zoo Z29 qui reçoit 733 kcal/individu/j et la ration des binturongs du zoo Z1 apporte 1754 kcal/individu/j. L'énergie moyenne d'une ration est donc de 1284 +/- 316 kcal par jour.

On constate également qu'hormis pour les zoos Z29 et Z25 les rations apportent plus d'énergie que la valeur haute de l'intervalle de référence. On peut émettre plusieurs hypothèses :

- L'apport énergétique recommandé par le logiciel Zootrition© est sous-estimé.
- La plupart des zoos surestiment les besoins énergétiques de leurs animaux.
- Les valeurs ne correspondent pas aux valeurs réelles. En effet, les restes n'étant pas pesés par les zoos il est possible que les animaux ne mangent pas l'intégralité de leur ration et que l'apport énergétique calculé manuellement soit surestimé par rapport à l'apport énergétique réel. Sur les neuf zoos analysés dans le graphique 13, huit ont répondu aux questions supplémentaires et quatre ont déclarés avoir des restes (Z29, Z18, Z8 et Z9). La présence de restes ne semble pas corrélée à l'apport énergétique de la ration.



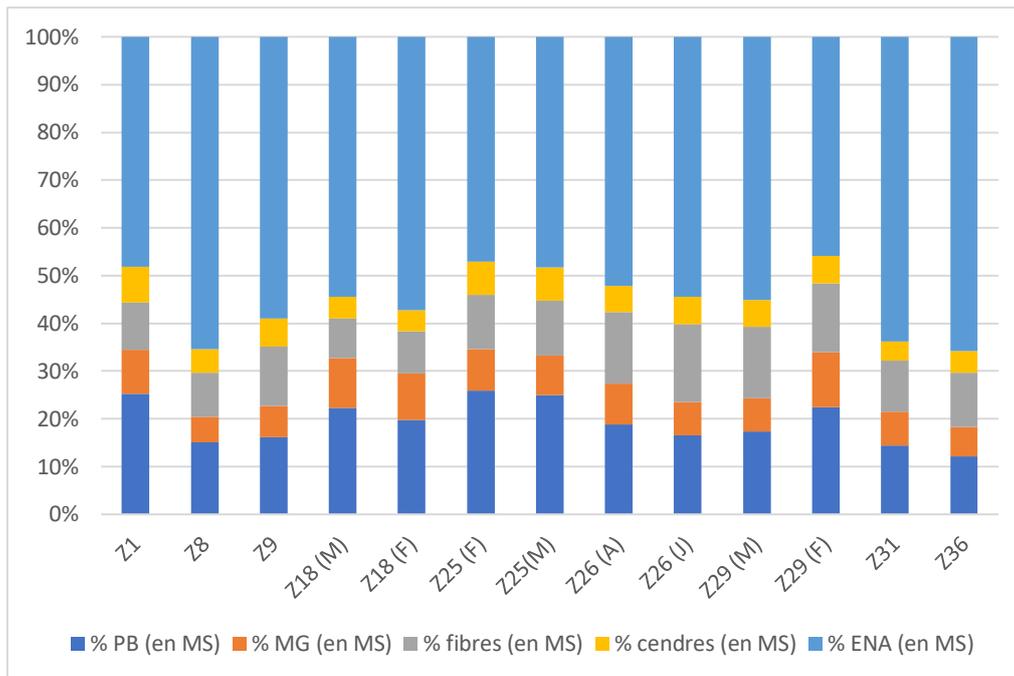
**Graphique 14 : Graphique montrant la densité énergétique des rations des zoos**

Sur le graphique 14, on constate que la densité énergétique est assez variable et que pour 3 zoos : F, G et I la densité énergétique est faible avec moins d'un kcal/g (soit moins de 1000 kcal/kg). La densité énergétique peut varier de 0,7 kcal/g pour les jeunes individus du zoo Z26 à 1,6 kcal/g pour les binturongs du zoo Z1. En moyenne elle est de 1,1 +/- 0,3 kcal/g. On peut se demander si celle-ci est corrélée à des éléments de la ration (légumes, fruits etc)

La densité énergétique d'une ration est dépendante du pourcentage en matière sèche de la ration (Annexe 4). En effet, plus la ration contient un pourcentage de matière sèche élevée, moins elle contient d'eau, plus elle est dense en énergie.

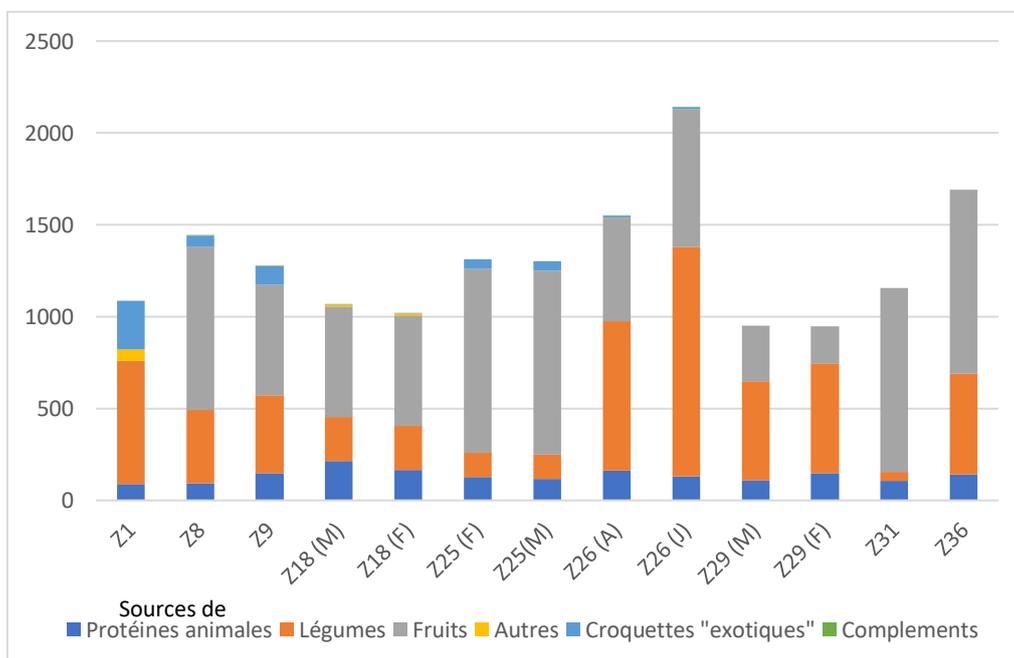
Le pourcentage de matière sèche des rations oscille entre 13 et 36% et semble fortement variable. Le pourcentage moyen de matière sèche est de 21%. Ce pourcentage semble indépendant des matières premières distribuées (Annexe 4).

On retrouve sur le graphique 15, les pourcentages en protéines brutes, matières grasses, fibres et cendres de chaque zoo. On constate qu'il y a une certaine homogénéité de ces pourcentages dans chaque zoo avec notamment une majorité de la ration composée de glucides cytoplasmiques (ENA) (entre 47 et 66% avec une moyenne de 55 +/- 7 %), puis un pourcentage élevé en protéines brutes (entre 12 et 26% avec une moyenne de 19 +/- 5%), un pourcentage moyen en fibres (entre 8 et 16% avec une moyenne de 12 +/- 3%), un pourcentage plus faible en matière grasse (entre 5 et 12% avec une moyenne de 8 +/- 2%) et en cendres (entre 4 et 7,5% avec une moyenne de 6 +/- 1,1%). Ces tendances sont les même pour chaque zoo excepté pour les jeunes individus du zoo Z26 où le pourcentage le plus élevé après l'ENA est celui des fibres.



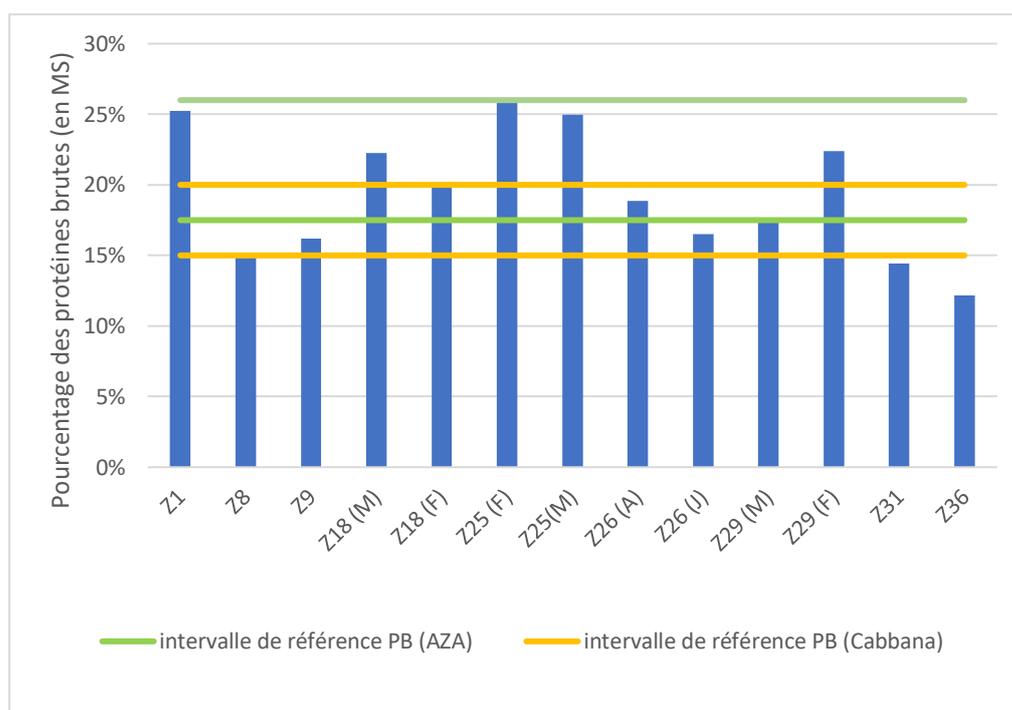
**Graphique 15 : Graphique montrant la composition chimique de chaque ration exprimée en pourcentage de matière sèche**

Le graphique 16 permet également de visualiser plus précisément la quantité en matières premières de chacun des zoos de catégorie A.



**Graphique 16 : Graphique montrant la quantité de chaque matière première pour les zoos de catégorie A**

Le graphique 17 montre le pourcentage en protéines brutes de chaque ration (exprimé en pourcentage de matière sèche). On retrouve également les deux intervalles de référence pour le pourcentage en protéines de la ration : celui de l'AZA et celui de Francis Cabana. On constate que tous les zoos exceptés Z31 et Z36 ont un pourcentage de protéines situé entre celui le plus haut (AZA : 26%) et celui le plus bas (Francis Cabana : 15%). Le zoo Z31 est néanmoins très proche de l'intervalle recommandé du Dr Francis Cabana avec 14,4% de protéines contrairement au zoo Z36 (12,1%). Néanmoins, lorsque l'on regarde la ration distribuée par le zoo Z36 sur le graphique 16 on constate que celle-ci ne semble pas manquer de protéines animales et que la quantité d'aliments n'est pas faible.



**Graphique 17 : Graphique montrant la composition en protéines brutes (en pourcentage de matière sèche) de chaque ration**

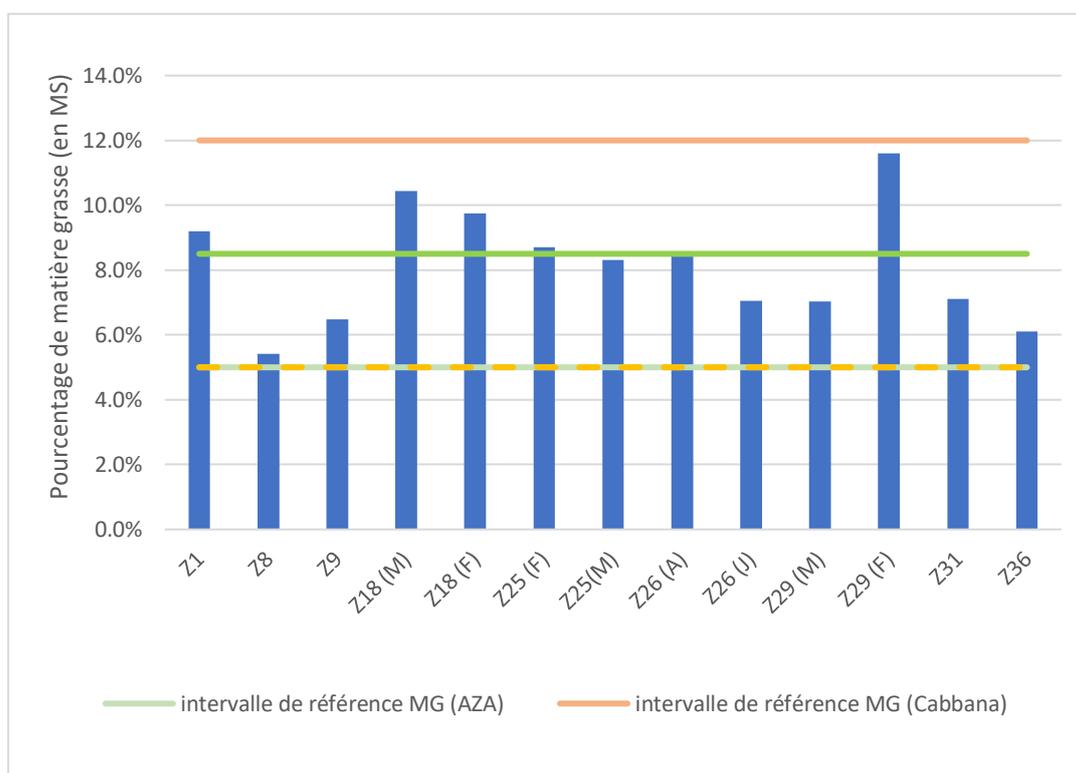
Le zoo Z36 n'ayant pas répondu aux questions supplémentaires on ne peut pas savoir si ce manque de protéines brutes dans la ration se traduit par des maladies ou par un manque d'état des binturongs. Pour remédier à ce déséquilibre, il est possible d'augmenter l'apport en protéines animales (contenant souvent beaucoup de protéines brutes). Deux solutions peuvent être proposées :

- Distribuer plus de sources de protéines animales de type croquettes pour animaux domestiques : par exemple les croquettes pour furet Chudley's© contiennent 36% de protéines.
- Distribuer plus de proies : souris, poussins etc, la protéine animale la plus protéinée étant les sauterelles.

Concernant les pourcentages de matière grasse (en pourcentage de matière sèche) de chaque ration visible sur le graphique 18, toutes les rations sont situées dans l'intervalle de référence du Dr Francis Cabana (non publié) : [5-12] % de matière grasse (en pourcentage de matière sèche). Cinq rations excèdent la valeur haute de l'intervalle de référence de l'AZA : celle du zoo Z1, celles du zoo Z18, la ration de la femelle du zoo Z25 et la ration de la femelle du zoo Z29.

Le zoo Z29 rapporte que leur femelle semble en léger surpoids. Ceci pourrait être dû à une composition particulièrement riche en matières grasses de la ration ou à une ration très énergétique. Les graphiques 13 et 14 ne montrent pas une densité énergétique ou un apport énergétique particulièrement élevée pour cette ration. Il semble donc que la première hypothèse soit la plus probable.

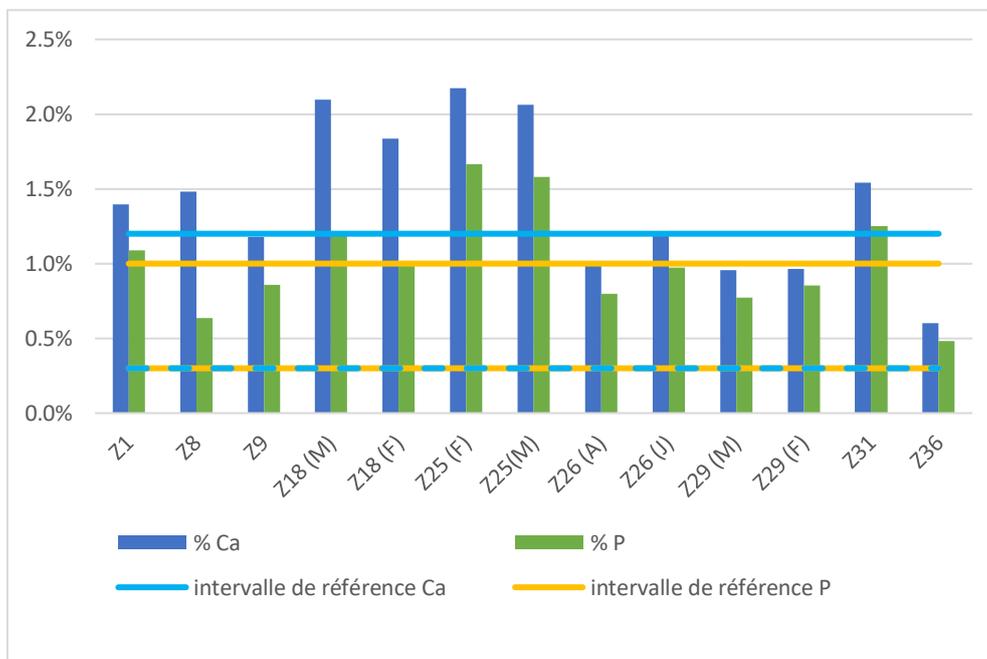
Celle-ci reçoit en effet un pigeon par semaine qui est la source de protéines animales la plus grasse (45% de matière grasse en pourcentage de matière sèche) de celles répertoriées dans notre base de données. Il pourrait donc être intéressant de remplacer cette protéine animale par une autre source moins grasse. On peut notamment penser à la viande rouge ou encore à de la truite.



**Graphique 18 : Graphique montrant la composition en matière grasse (en pourcentage de matière sèche) des rations**

Lorsque l'on s'intéresse aux minéraux de la ration, il est intéressant de comparer les valeurs des différentes rations aux intervalles recommandés : [0,3-1]% (en pourcentage de matière sèche) pour le phosphore et [0,3-1,2]% (en pourcentage de matière sèche) pour le calcium. On constate sur le graphique 19, que les pourcentages de calcium et les pourcentages de phosphore des rations sont soit dans l'intervalle recommandé soit supérieur à la valeur haute de l'intervalle (54% des rations dans l'intervalle pour le phosphore et 46% des rations dans l'intervalle pour le calcium). En moyenne le pourcentage de calcium est de 1,42 +/- 0,50% et le pourcentage de phosphore est de 1,01 +/- 0,34%. Le pourcentage de calcium est quant à lui toujours plus élevé que le pourcentage de phosphore (les ratios Ca/P sont donc tous supérieurs à 1).

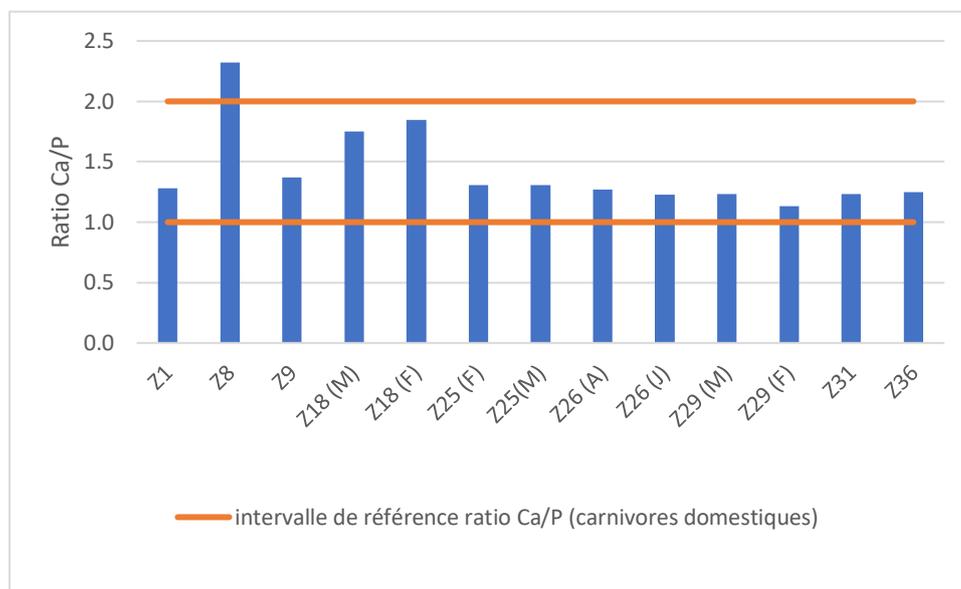
Il peut être intéressant de se poser la question de l'impact de pourcentage de calcium et de phosphore plus important que ceux de l'intervalle recommandé notamment sur le système rénal. Cependant, les problèmes rénaux surviennent plutôt lors d'un déséquilibre du ratio Ca/P.



**Graphique 19 : Graphique montrant les pourcentages en calcium et phosphore (en matière sèche) des rations**

NB : Les pourcentages de calcium et de phosphore ont également été calculés en pourcentage de matière sèche.

Lorsque l'on étudie plus en détail le calcium et le phosphore, il est plus pertinent de s'intéresser au ratio Ca/P qu'au pourcentage isolé de chacun de ces minéraux. L'intervalle recommandé actuellement est celui recommandé pour les carnivores domestiques et est donc : [1-2].



**Graphique 20 : Graphique montrant le ratio Ca/P calculé pour chaque ration**

Le graphique 20 montre le ratio Ca/P calculé pour chaque ration. On constate qu'à l'exception de la ration du zoo Z8 toutes les rations ont un ratio Ca/P situé dans l'intervalle recommandé.

Le ratio élevé de Ca/P de Z8 peut s'expliquer par la présence d'un complément minéral utilisé (ici le Carnivore Supplement de Mazuri™) qui apporte du calcium mais pas de phosphore. Ce complément est également utilisé par le zoo Z18. Il est fortement possible que la dose journalière distribuée par Z8 de ce complément soit surestimée (estimée à 5g par jour par animal). Si le complément est donné à raison de 3 grammes par jour et non de 5 grammes, le ratio Ca/P est alors inférieur à 2.

L'impact des compléments minéraux (et particulièrement de celui de Mazuri™ : 31g de calcium et 0g de phosphore pour 100g ; et le Carmix™ : 15g de calcium et 0,16g de phosphore pour 100g) est très important sur le ratio Ca/P. On estimera donc que le ratio Ca/P n'est pas analysable.

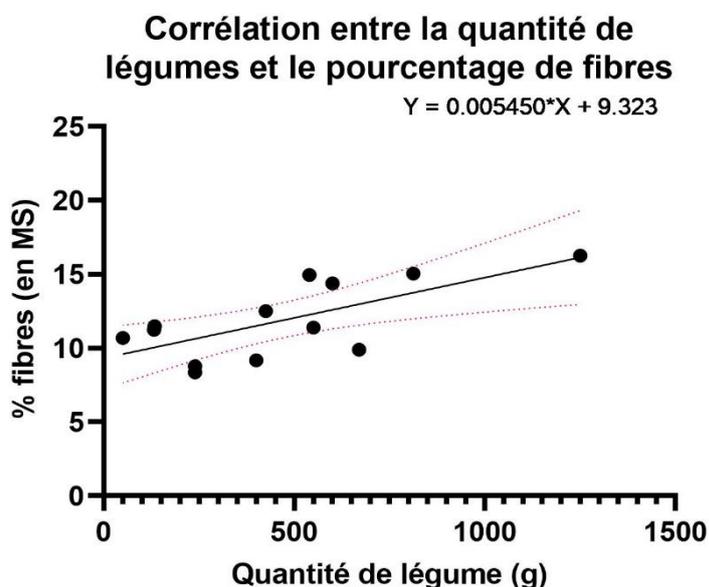
De la même manière, chaque complément minéral (SF50™, Carmix™ ou Mazuri™) est fortement dosé en vitamine E (supérieur à 1650 mg/100g et jusqu'à 14850 mg/100g pour Mazuri™). Ainsi, même une variation d'un gramme journalier de complément dans la ration impacte fortement la teneur en vitamine E totale de la ration. La teneur en vitamine E d'une ration n'est donc pas analysable.

Après avoir étudié la composition chimique des rations, il peut être intéressant de se poser la question de l'impact des aliments distribués et notamment de la quantité de chaque matière première sur cette composition et sur la valeur énergétique des rations.

Une matrice de corrélation a donc été calculée à partir du logiciel Graphpadprism© (Annexe 4) avec un test de Pearson afin de savoir si des liens de corrélation pouvaient être établis entre la composition chimique et les matières premières.

On s'intéresse aux corrélations dont les p-values sont significatives :

- Le pourcentage de légume et le pourcentage de fruits sont fortement corrélés comme nous l'avons vu précédemment.
- La quantité de légumes est corrélée positivement au pourcentage de fibres (exprimé en pourcentage de matière sèche) (p-value= 0,0267) comme le montre le graphique 21.



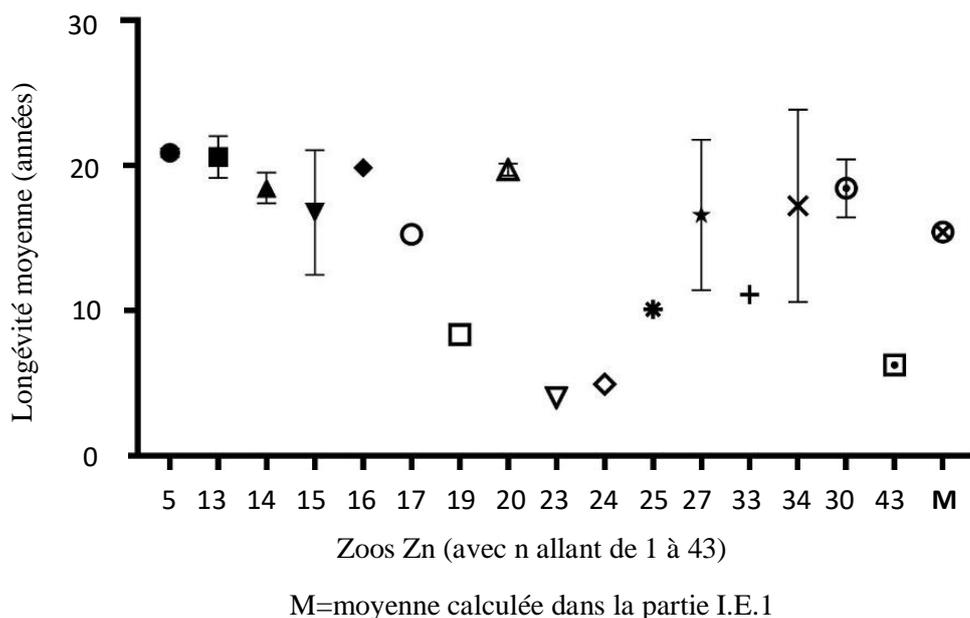
**Graphique 21 : Graphique montrant la corrélation positive entre la quantité de légumes et le pourcentage en fibre dans les rations**

Il est intéressant de souligner que certaines corrélations attendues n'ont pas pu être mises en évidence comme une corrélation entre le pourcentage de protéines brutes (en MS) et la quantité de sources de protéines animales ou entre le pourcentage de matières grasses (en MS) et la quantité de sources de protéines animales.

Les résultats précédents peuvent également nous permettre de comparer les compositions chimiques des rations entre elles, notamment lorsqu'un zoo rencontre une maladie ou un trouble du comportement alimentaire.

## E. Troubles observés dans les parcs zoologiques et lien avec l'alimentation

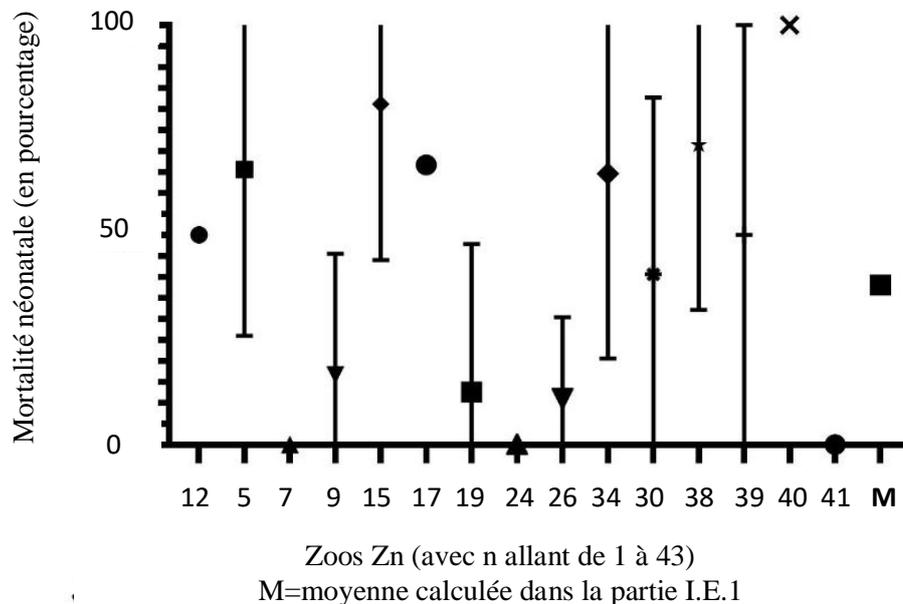
Tout d'abord, il a été intéressant de déterminer quels zoos présentaient un problème de longévité ou de mortalité néonatale. Pour se faire, des tests de Student ont été réalisés pour déterminer quels zoos ont une longévité significativement plus basse que la longévité moyenne calculée dans la partie I.E.1 : 15,4 ans (noté M sur le graphique 22).



**Graphique 22 : Graphique montrant l'âge moyen de la mort des binturongs adultes dans les parcs zoologiques (inclus dans l'étude alimentaire)**

On constate sur le graphique 22 qu'aucun parc zoologique n'a une longévité significativement différente de la moyenne. Cette absence de différence significative peut notamment être expliquée par le faible nombre de données pour la majorité des parcs zoologiques. Z23, Z24 et Z40 n'ont par exemple qu'un seul binturong décédé lors des 15 dernières années. Ce manque de données ne permet donc pas de conclure sur des différences significatives de longévité parmi les parcs zoologiques inclus dans l'étude alimentaire.

Des tests de Student ont également été effectués afin de déterminer quels parcs zoologiques ont une mortalité néonatale significativement supérieure à celle calculée dans la partie I.E.1 : 38% (M sur le graphique 23). Le graphique 23 fait donc figurer la mortalité néonatale des parcs zoologiques par rapport à la moyenne. La mortalité néonatale est définie comme le nombre de petits déclarés morts sur le nombre de petits total d'une portée.



**Graphique 23 : Graphique montrant la mortalité néonatale moyenne des parcs zoologiques (inclus dans l'étude alimentaire)**

Les parcs zoologiques Z15 et Z5 ont respectivement des mortalités néonatales de 81% et 65% qui sont toutes deux significativement plus haute que le pourcentage de mortalité néonatale moyen de 38%. Le manque de données ne nous permet pas de conclure à une différence significative par rapport à la moyenne pour certains parcs zoologiques. Par exemple, pour le zoo Z40 : le pourcentage de mortalité néonatale ne se base que sur une seule portée est née avec un pourcentage de mortalité néonatale de 100%.

Cependant comme il s'agit de zoos de niveau de précision B, nous ne pouvons pas estimer avec suffisamment de précision l'apport en nutriments pour formuler une hypothèse de déséquilibre à ce niveau.

Par ailleurs, la mortalité néonatale est, selon l'expérience de nombreux parcs zoologiques, plutôt liée à des problèmes de zootechnie (environnement ...) qu'à des problèmes de gestion de l'alimentation des parents.

Ainsi, seule la ration des jeunes individus présentant un comportement de coprophagie du zoo Z26 a été analysée car celle-ci est de niveau de précision A et sa composition nutritionnelle a donc pu être détaillée et comparée aux autres zoos de catégorie A. De plus, un problème de coprophagie peut être lié à des carences alimentaires comme le montre les études de Barnes (1962) ; Beynen (2020) et Graczyk, Cranfield (2003).

Valeurs de la ration	Zoo Z26 (J)	Moyenne calculée sur tous les zoos	Moyenne calculée sur les zoos A	Intervalle conseillé (AZA)	Intervalle conseillé (Cabana)
Sources de protéines animales (g)	130	197	/	/	/
Légumes (g)	<b>1250</b>	349	/	/	/
Fruits (g)	750	678	/	/	/
Quantité totale (g)	2140	1263	/	/	/
Protéines animales (%)	6	18	/	/	/
Légumes (%)	58	27	/	/	/
Fruits (%)	35	52	/	/	/
Energie (kcal/j)	1514	/	1284	/	/
Densité énergétique (kcal/g)	<b>0,71</b>	/	1,02	/	/
% MS	<b>13</b>	/	21	/	/
% ENA	54	/	55	/	/
% PB	17	/	19	[17,5-26]	[15-20]
% MG	7	/	8	[5-8,5]	[5-12]
% fibres	<b>16</b>	/	12	/	/
% cendres	6	/	6	/	/
% Ca	1,2	/	1,4	[0,3-1,2]	[0,3-1,2]
% P	1	/	1	[0,3-1]	[0,3-1]
ratio Ca/P	1,2	/	1,4	[1-2]	[1-2]

Légende :  
**Valeur anormale**

**Tableau 8 : Tableau montrant les valeurs de la ration des jeunes du zoo Z26 ainsi que les intervalles de référence pour les composants chimiques et les valeurs moyennes des matières premières et des composants chimiques des autres zoos**

NB : Les valeurs sont considérées comme anormales dans le tableau 8 (surlignées en rouge) lorsqu'elles font parties des extrêmes que l'on peut visualiser sur les différents graphiques comparant la ration des jeunes du zoo Z26 aux autres zoos (Annexe 5). Ces valeurs anormales ont été établies de manière visuelle mais n'ont pas pu être démontrées statistiquement.

On peut proposer une hypothèse pouvant expliquer le problème de coprophagie du zoo Z26 selon les données figurant sur le tableau 8.

On constate que la ration des jeunes individus du zoo Z26 contient une grande quantité de légumes. Ceci se traduit par un pourcentage de légumes dans la ration important bien que celui-ci soit comparable à plusieurs autres rations de parcs zoologiques (Annexe 5).

La quantité de légumes dans la ration explique le pourcentage en fibres plus élevé que les autres zoos de catégorie A. De plus, la ration des jeunes de Z26 contient beaucoup d'eau avec un pourcentage en matière sèche plus bas que tous les zoos de catégorie A.

Ainsi, une grande partie de la ration est composée de fibres et d'eau ce qui peut expliquer que la densité énergétique soit également la plus basse des zoos de catégorie A. Une densité énergétique trop faible de la ration pourrait expliquer que les individus (particulièrement les jeunes en croissance) ne puissent pas satisfaire leur besoin énergétique (plus élevé que les adultes). Cette densité énergétique faible ainsi que la faible digestibilité des légumes (riches en fibres) par les binturongs (partie I.B.2) impliquent que les centres de la satiété des individus soient peu stimulés et qu'ils aient faim en permanence. Cela pourrait expliquer l'acquisition d'un trouble du comportement comme la coprophagie.

De plus, nous avons vu que les légumes étaient les types d'aliments les plus présents dans les restes mentionnés par les zoos. Par conséquent, il est possible qu'il y ait également un problème d'appétence de la ration bien que celui n'ait pas été objectivé par la présence de restes.

Une des solutions pour résoudre ce comportement pourrait donc être de diminuer le pourcentage de légumes et d'augmenter celui des autres matières premières : notamment fruits et sources de protéines animales, voir croquettes exotiques pour augmenter la densité énergétique de la ration.

L'analyse détaillée d'une ration d'individus rencontrant un trouble du comportement alimentaire est également intéressante pour permettre de formuler des recommandations.

## **F. Recommandations concernant la ration à pratiquer**

Très peu de parcs zoologiques rapportent des problèmes de santé, la ration moyenne actuelle des parcs zoologiques semble donc plutôt bien équilibrée. Il est donc intéressant de la définir ci-dessous dans le tableau 9 :

<b>Variabes</b>	<b>Quantité moyenne (en g)</b>	<b>Pourcentage moyen (en %)</b>	<b>Valeur moyenne</b>
Quantité totale d'aliments	1262	/	/
Sources de protéines animales	197	18%	/
Légumes	349	27%	/
Fruits	678	52%	/
Croquettes exotiques	30	3%	/
Compléments alimentaires	2	0,2%	/
Autres aliments	7	1%	/
Energie	/	/	1284 kcal/j
Densité énergétique	/	/	1,1 kcal/g
Matière sèche	/	21%	/
Extractif non azoté	/	55%	/
Protéines brutes	/	19%	/
Matière grasse	/	8%	/
Fibres	/	12%	/
Cendres	/	6%	/
Calcium	/	1,4%	/
Phosphore	/	1,0%	/

**Tableau 9 : Tableau montrant la composition chimique et la composition en quantités de matières premières d'une ration moyenne pour un adulte binturong**

Il est également important de retenir que cette ration type est à adapter au poids, à l'âge, au statut physiologique et sanitaire des individus.

Il est aussi pertinent de mentionner quelques recommandations afin d'éviter les maladies mentionnées précédemment et des problèmes de poids (surpoids ou amaigrissement) :

- Faire attention à ne pas donner une trop grande quantité de légumes. En effet, on a pu montrer que la quantité de légumes et le pourcentage de fibres de la ration sont corrélés positivement. Une grande quantité de légumes augmentera donc nécessairement le pourcentage de fibres de la ration. Or, comme nous avons pu le voir dans la partie I.B.2, il semblerait que le binturong digère mal les fibres contrairement à d'autres espèces ayant un microbiote plus adapté. Ainsi, augmenter la quantité de légumes reviendrait à augmenter le pourcentage de la ration non assimilable par les binturongs et donc pourrait

induire des déficits énergétiques. Il est néanmoins important de conserver une diversité alimentaire pour apporter tous les éléments nécessaires (dont les oligoéléments et vitamines non étudiés dans cette thèse) et il peut donc être intéressant de conserver les légumes dans cette optique.

- Utiliser les fruits avec un fort taux de sucres avec précaution. Les fruits tels que la banane mûre, la pomme ou le raisin sont les plus sucrés (entre 15,6 et 12,3/100g de sucres). Cela est confirmé dans la littérature sur le site internet Ciqual par exemple (ANSES 2020). Des fruits moins sucrés comme les papayes, les oranges ou encore les fruits rouges (entre 7,4 et 8,1 g/100g de sucres) sont à privilégier. En effet, trois zoos ont mentionné des problèmes dentaires présents lors d'excès de sucre.
- Il est également nécessaire de faire attention à ce que des sources de protéines animales soient toujours présentes dans la ration pour éviter des problèmes de santé comme celui rencontré 20 ans auparavant par le zoo Z10 (binturong arrivé au zoo cachectique et avec le rachis déformé). Mais, un excès est susceptible de causer de la diarrhée comme la rapporte le zoo Z30. On essaiera donc de privilégier les sources de protéines animales les moins grasses comme des croquettes pour chien, de la truite ou de la viande de cheval (10 à 17% de MG en pourcentage de MS) plutôt que des viandes grasses comme du pigeon, du hareng ou des œufs de caille (45 à 41% de MG en pourcentage de MS).
- De plus, il semble intéressant de peser les compléments pour connaître plus précisément l'apport en minéraux de la ration. Les compléments alimentaires sont riches en minéraux mais souvent bien plus riches en calcium qu'en phosphore (ratio Ca/P de 94 pour le Carmix™ ou seulement du calcium pour le complément de Mazuri™). Il est donc nécessaire de les distribuer avec précaution afin de ne pas trop augmenter le ratio Ca/P.

Ces recommandations sont néanmoins à adapter à chaque individu et un suivi de l'état corporel et du poids de chaque individu peuvent être des outils permettant une meilleure adaptation de la ration.

## G. Discussion

Cette étude nous permet de dégager plusieurs éléments d'intérêt.

L'état des lieux des rations distribuées aux binturongs en parc zoologique de l'EEP montre qu'un rationnement « standard » peut être défini. Celui-ci est distribué en deux repas par jour et représentant en moyenne 1262 g/j. La ration est majoritairement composée de fruits (52 % en moyenne) et d'un peu moins de légumes (27% en moyenne). Celle-ci comporte également un apport modéré en sources de protéines animales (18% en moyenne). Les autres ingrédients de type « autres », croquettes exotiques ou compléments alimentaires sont peu distribués et toujours en faible pourcentage (inférieurs à 5%).

La ration « standard » déterminée dans cet état des lieux est donc assez similaire à celles recommandées par l'AZA (2010) ou par le Dr Francis Cabana (2020).

Concernant la composition nutritionnelle des rations, on constate que la ration « standard » est assez humide (seulement 20% de matière sèche en moyenne) contient majoritairement des glucides (55% d'ENA en moyenne), des protéines brutes (19% en moyenne), des fibres (12% en moyenne), des matières grasses (8% en moyenne) et enfin des matières minérales (6% de cendres en moyenne). Cela se rapproche de la composition conseillée par l'AZA et le Dr Francis Cabana. On remarque également qu'il y a une grande variabilité de la densité énergétique des rations mais l'apport en énergie est globalement supérieur à l'intervalle recommandé (1284 kcal/j en moyenne).

De plus, l'analyse détaillée de la composition nutritionnelle de neuf rations a permis de souligner certains points d'intérêts :

- La quantité de légumes est corrélée au pourcentage de fibres dans la ration, or ces fibres ne sont pas assimilables par le binturong comme nous l'avons montré dans l'étude bibliographique. Cela pourrait donc conduire à un déséquilibre alimentaire et à des problèmes comportementaux associés comme chez les jeunes individus du zoo Z26. De plus, les questions supplémentaires posées nous ont également permis de mettre en avant le fait que les restes alimentaires étaient essentiellement composés de légumes (47%). Ce qui tend à montrer que ceux-ci sont peu appétents.
- Par ailleurs, nous avons pu constater que les compléments alimentaires ont un impact important sur le ratio Ca/P des rations et sur l'apport en vitamine E du fait de leur composition. Le pesage précis de ses compléments pourrait donc être intéressant pour évaluer de manière plus précise le ratio Ca/P et le taux en vitamine E des rations.

De plus, les questions supplémentaires adressées aux différents parcs zoologiques nous ont permis de déterminer que les fruits et légumes étaient coupés majoritairement en gros morceaux. Comme dit précédemment, ceci pourrait permettre d'augmenter le temps passé par les binturongs à s'alimenter et de réduire les comportements indésirables.

Malgré tout, il est nécessaire de prendre les analyses et recommandations précédentes avec précaution. En effet, l'analyse des feuilles d'alimentation est sujette à plusieurs biais.

Tout d'abord, toutes les règles explicitées dans la partie II.B amènent à des approximations vis-à-vis des aliments réellement distribués. De plus, il est possible qu'il existe une différence entre la quantité consommée et la quantité distribuée (notamment selon le type des aliments comme le montre le graphique 12 faisant figurer les différents restes possibles d'aliments).

Un autre présupposé important et possiblement biaisant est le fait que l'on suppose que les binturongs sont toujours dans le même parc zoologique et que la ration alimentaire distribuée par le zoo est toujours la même au cours du temps. Or, c'est rarement le cas les rations distribuées évoluent en termes de quantité et diversité des ingrédients. Par exemple, le zoo Z30 a changé 32 fois entre 2007 et 2022 avec parfois des adaptations au statut physiologique des animaux. De plus, il y a souvent des mouvements d'animaux entre les parcs zoologiques, les jeunes nés dans un parc zoologique sont souvent envoyés dans d'autres parcs pour assurer une diversité génétique et limiter la consanguinité.

Ainsi, la longévité calculée selon les parcs zoologiques est également biaisée car un animal peut mourir dans un parc zoologique après avoir passé la quasi-totalité de sa vie dans un autre parc.

De plus, le nombre de données reste assez faible, notamment pour les parcs zoologiques de catégorie A. Ceci empêche une analyse statistique plus poussée des données et notamment la construction d'un intervalle de fluctuation qui aurait pu être intéressant pour objectiver les variations de la ration du zoo Z26 par rapport aux autres rations de catégorie A.

Il pourrait donc être intéressant de réaliser une étude à plus grande échelle et sur des rations définies plus précisément par les parcs zoologiques afin de réaliser une analyse statistique de la composition en matières premières et de la composition chimique des rations.

### **III. ETUDE DE TERRAIN A LA MENAGERIE, LE ZOO DU JARDIN DES PLANTES (PARIS)**

Deux expériences *ex-situ* ont pu être réalisées sur l'alimentation des binturongs en captivité. Ces deux expériences ont été réalisées à la Ménagerie du Jardin des Plantes sur un groupe de 4 binturongs (1 couple et 2 jeunes). La première consiste à une comparaison des fruits théoriquement distribués, réellement distribués et réellement consommés ainsi qu'à une analyse des préférences alimentaires du groupe de binturong. La deuxième est une analyse du comportement alimentaire des binturongs et notamment du temps et de la fréquence d'alimentation.

#### **A. Niveau d'ingestion réel et préférences alimentaires**

##### **1. Matériels et méthodes**

Une première étape de mon stage réalisé au parc zoologique de la Ménagerie du Jardin des Plantes (Paris) a été de réaliser une étude du niveau d'ingestion réel des binturongs afin de pouvoir comparer la différence entre la théorie d'une fiche d'alimentation et l'alimentation réelle des binturongs en captivité.

La fiche d'alimentation est celle fournie par la ménagerie du jardin des plantes (Annexe 6). Il est décrit que 6kg de fruits sont donnés par jour pour 4 binturongs (2 adultes : 1 mâle et 1 femelle et 2 jeunes : 1 mâle et 1 femelle). Une source de protéines animales est également donnée 3 fois par semaine : poussins ou souris (2 par adulte et 1 par jeune en théorie). Les fruits sont donnés dans des gamelles le soir (à l'exception de bananes données le matin) et les gamelles sont retirées avec les restes alimentaires le matin. Les enrichissements (bananes données le matin) et les sources de protéines animales sont consommés immédiatement et dans leur entièreté par les binturongs.

Durant trois semaines, j'ai pesé avec une balance les fruits donnés par les soigneurs le soir et les restes alimentaires récupérés (peaux et noyaux pesées à part mais comptant dans les restes totaux) le matin.

La différence entre les restes alimentaires totaux et les fruits distribués permet de mesurer le niveau d'ingestion réel des fruits. Cette différence a été faite sur 17 intervalles de 24h.

Il a également été intéressant de comparer les fruits distribués avec les fruits théoriquement distribués ainsi que les fruits consommés et les fruits théoriquement distribués sur ces 17 intervalles.

Les sources de protéines animales étaient systématiquement consommées intégralement (lors du stage et toute l'année d'après les soigneurs). Il a donc été uniquement nécessaire de comparer les protéines données au protéines théoriquement distribuées de la fiche alimentaire.

Des tests de Student ont été réalisés afin de voir si les différences mesurées entre les fruits consommés et la théorie ou entre les fruits donnés et la théorie étaient significative.

Il a également été intéressant de s'interroger sur les préférences alimentaires en regardant les principaux fruits restants selon les fruits distribuées pour établir les préférences alimentaires du groupe de binturongs. Pour cela un fichier Excel © a été créé en comptant le nombre de fois où le fruit a été présenté et le nombre de fois où il était présent dans les restes. Le nombre de fois où le fruit a été mangé est défini comme la différence entre les fois où il est donné et les fois où il est présent dans les restes. La préférence alimentaire, elle, est définie comme :  $\sum \text{"fois où le fruit est mangé"} \times \frac{\sum \text{"fois où le fruit est mangé"}}{\sum \text{"fois où le fruit est donné"}}$ . Cette préférence varie donc de 8 à 0 avec : 8 pour un fruit aimé par les binturongs et 0 pour un fruit peu apprécié. Ces calculs ont été réalisés sur 8 distributions et 8 récupérations de restes associées.

## 2. Résultats

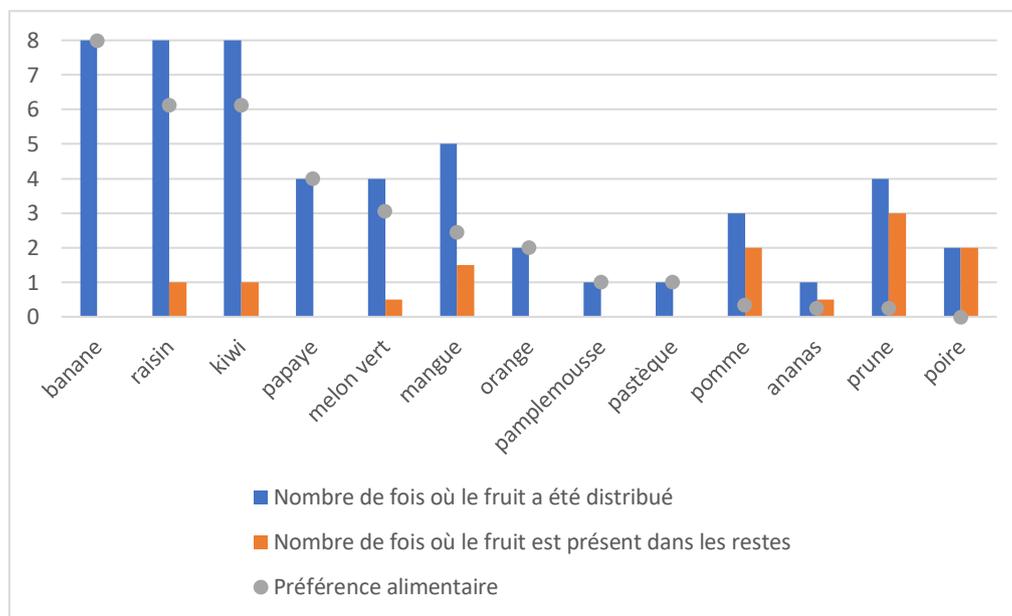
L'étude montre que :

- Il n'y a pas de différence significative entre les fruits donnés et les 6kg théoriquement donnés. En moyenne 5,722 kg donnés contre 6 kg théoriquement (p-value=0,1808).
- Il y a une différence significative entre les fruits consommés et les 6 kg théoriquement consommés. En moyenne 4,609 kg consommés contre 6 kg théoriquement (p-value < 0,0001).
- Pour les sources de protéines animales : en théorie il y a 101g de protéines données en moyenne par jour (poussins et souris confondus : calcul réalisé comme expliqué en 3.b). En moyenne 91g de protéines sont données par jour, ce qui n'est pas significativement différent des 101g théoriques (p-value =0,74).

Ainsi, on constate une différence significative entre les fruits théoriquement distribués (feuille d'alimentation) et les fruits réellement consommés. Ceci remet donc également en question la

précédente analyse des rations (partie II.D) comme cela a été évoqué dans la partie II.F. Ces premiers résultats sont donc à manipuler avec précaution.

Concernant les préférences alimentaires du groupe de binturong pour les différents fruits, on peut les visualiser sur le graphique 24 (les fruits sont classés par ordre de préférence, de ceux les plus consommés au moins consommés).



**Graphique 24 : Préférences alimentaires du groupe de binturongs de la Ménagerie du Jardin des Plantes**

On remarque que les binturongs ont une préférence plus importante pour les fruits relativement mous et assez sucrés comme la banane, le raisin ou le kiwi qui sont distribués fréquemment. A l’opposé, on remarque que la prune (prunes peu mures), la pomme et la poire sont des fruits assez peu appréciés par les binturongs car ils sont durs et moins sucrés. L’ananas étant n’ayant été distribué qu’une seule fois il est difficile de juger s’il est vraiment peu apprécié ou non.

### **3. Discussion**

L’étude précédente montre qu’il y a une différence significative entre le poids de fruits distribués en théorie et le poids de fruits consommés mais pas entre le poids de fruits distribués en théorie et le poids de fruits distribués réellement. On peut donc penser que les soigneurs suivent de manière fiable la fiche d’alimentation. Néanmoins, on constate que les binturongs ne mangent pas toute la ration qui leur est distribuée et qu’il y a des restes comestibles mais également d’éléments non comestibles (peaux et noyaux). Ce résultat nous conforte donc dans le fait que les analyses conduites précédemment sur les fiches d’alimentation (partie II) doivent

être manipulés avec précaution étant donné qu'il y a des chances que l'alimentation consommée des binturongs en captivité soit différente de l'alimentation distribuée et théorique.

On peut également se poser la question de l'impact que ces restes peuvent avoir sur le pourcentage de nutriments réellement consommés qui pourraient être différents des pourcentages calculés dans l'étude précédente.

Cette étude nous a permis de caractériser brièvement les préférences alimentaires d'un groupe de binturongs ce qui peut être utile pour limiter les restes alimentaires. Néanmoins, étant donné que les fruits préférés des binturongs sont relativement sucrés il ne paraît pas forcément judicieux de se contenter de distribuer uniquement ces aliments aux binturongs.

Il est également intéressant de se poser la question des biais de cette expérience.

Concernant la pesée des fruits, il existe plusieurs biais :

- La peau et les noyaux sont comptés dans les restes alimentaires étant donné que la différence entre « vrais » restes (définis comme une quantité d'aliments comestibles non consommés) et peaux/noyaux (non comestibles) étaient difficile à faire. Cela conduit à une surestimation des restes alimentaires.
- Parmi les fruits pesés, une partie des bananes étaient distribuées en tant qu'enrichissement alimentaire (dispersées à l'extérieur des loges) et étaient systématiquement consommées. Leur peau n'étant pas pesées comme des restes alimentaires (le fait de les récupérer étant compliqué), les restes alimentaires totaux étaient donc légèrement sous-estimés.
- Il est possible que des aliments aient été amenés hors des loges (bien que rien de tel n'ait été observé). Ces aliments ne seraient alors pas pesés dans les restes et impliqueraient une sous-estimation de la quantité de restes de la nuit.

Concernant la préférence alimentaire des binturongs, il existe aussi certains biais :

- Les fruits donnés et les fruits restants étaient juste reconnus de manière visuelle.
- Certains fruits comme la pastèque ou la papaye ont été très peu distribués et donc la préférence alimentaire des binturongs pour ces aliments est difficile à évaluer et la manière de calculer cette préférence conduit à une possible sous-estimation de l'appétence des binturongs pour ces fruits.

Il semble nécessaire de reconduire l'expérience sur une plus grande durée et sur plus d'individus notamment afin de caractériser plus précisément les préférences alimentaires des binturongs.

## **B. Etude du comportement alimentaire**

### **1. Matériels et méthodes**

La deuxième étape de mon stage réalisé à la Ménagerie, le zoo du Jardin des Plantes (Paris) a porté sur le comportement alimentaire des binturongs et notamment sur la mesure du temps d'alimentation ainsi que la fréquence d'alimentation selon les individus.

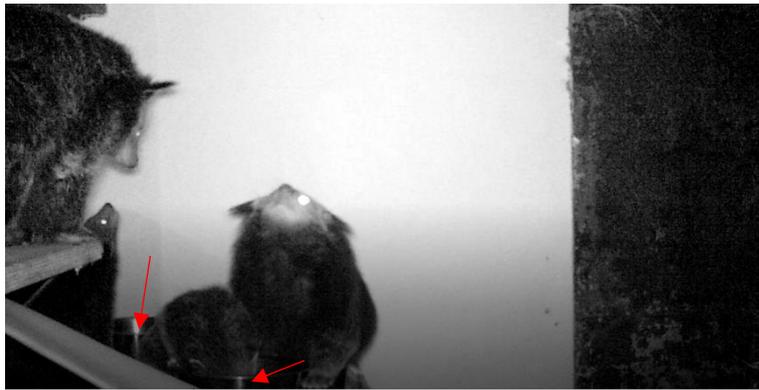
La distribution d'aliments étant effectuée à 17h et les restes alimentaires retirés à 9h, les binturongs se nourrissent exclusivement entre ces horaires. Les aliments sont distribués dans les loges (à l'exception des enrichissements (bananes) distribués le matin et des protéines). Tous les binturongs ont accès en permanence à deux loges distinctes et ils doivent passer par l'extérieur pour passer d'une loge à l'autre étant donné que la trappe permettant la communication entre les deux loges reste fermée la nuit (Annexe 7).

Plusieurs plateformes sont accessibles par les binturongs dans chaque loge avec également une cabane dans chacune et des ponts reliant les différentes plateformes.

Afin d'observer le comportement alimentaire des binturongs il a donc été nécessaire d'installer des caméras. Une caméra de la marque Tp-link™ du modèle Tapo C200® a donc été installée sur la grille à l'extérieure de la loge 1 et une caméra de la marque Moultrie™ du modèle M-1100i® a été installée de la même manière pour la loge 2. Celles-ci ont été programmées pour se déclencher lors du passage des binturongs, pour les filmer durant 1 minute et pour espacer deux déclenchements de 10 secondes. Néanmoins de nombreux clips n'ont été tournés que sur 30 secondes espacés de 30 secondes à la suite d'un problème de manipulation. Ceux-ci ont quand même été exploités.

Les caméras ont été installées du 12 mai au soir au 26 mai au matin pour un total de 14 nuits. Cependant, à la suite de certains problèmes de batterie ou de cadrage seules les données de 8 nuits ont été conservées (nuits du 12-13, 13-14, 14-15, 16-17, 19-20, 23-24, 24-25 et 25-26). La caméra de la loge 1 a également été changée pour une caméra de la même marque et modèle que celle de la loge 2, le 23 mai durant la journée car celle-ci n'a plus fonctionné à partir du 20 mai.

Les gamelles contenant la ration des binturongs étaient disposées devant les caméras. On peut voir sur la figure 7 un exemple d'images capturées par les caméras dans les loges 1 et 2.



Exemple d'image capturée par la caméra de la loge 1 (les gamelles sont indiquées par des flèches rouges)



Exemple d'image capturée par la caméra de la loge 2 (les gamelles sont indiquées par des flèches rouges)

**Figure 7 : Images capturées par les caméras dans les loges 1 et 2 des binturongs de la Ménagerie du Jardin des Plantes (source : Ménagerie du Jardin des Plantes)**

Le groupe de binturong de la Ménagerie du Jardin des Plantes est composé d'un mâle adulte, d'une femelle adulte et de deux jeunes de moins d'un an (un mâle et une femelle). Les caméras permettaient de faire la distinction entre les deux adultes de manière quasi certaine mais pas entre les deux jeunes. Cela a donc impliqué quelques adaptations de calcul :

- Le temps total d'alimentation par nuit pour un jeune a donc été obtenu en divisant par 2 le temps total d'alimentation par nuit des deux jeunes.
- Le temps moyen d'une prise alimentaire à lui été défini comme le temps passé en continu à s'alimenter dans une gamelle. Le temps moyen d'une prise alimentaire des jeunes a été calculé sur toutes les prises alimentaires incluant un jeune.
- La fréquence d'alimentation a quant a-t-elle été calculée comme étant le nombre de prises alimentaires distinctes de 30 minutes (entre la fin de la  $n^{\text{ième}}$  et le début de la  $n+1^{\text{ième}}$  nuit). Celle-ci n'est donc pas égale au nombre de prises alimentaires totales car

certaines prises alimentaires étaient plus rapprochées dans le temps. Pour les jeunes, la fréquence d'alimentation par nuit d'un jeune a été obtenue en divisant par 2 la fréquence d'alimentation par nuit des deux jeunes.

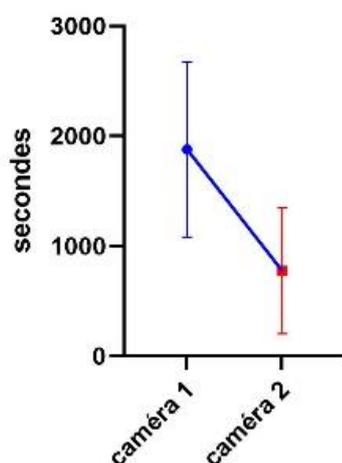
Toutes ces données ont été obtenues par une annotation de chaque vidéo et non à l'aide d'un logiciel d'analyse vidéo.

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées sur le logiciel GraphPadprisme©.

## 2. Résultats

On s'intéresse tout d'abord à la fréquence moyenne d'alimentation par nuit par individu. Celle-ci a été calculée sur les huit nuits, et on constate qu'en moyenne chaque individu s'alimente 3,6 fois distinctes dans la nuit (avec parfois plusieurs prises alimentaires rapprochées). Il n'y a pas de différence significative entre les individus (test ANOVA, p-value = 0,29).

On peut également s'intéresser au temps d'alimentation par le groupe par nuit. Il semble pertinent de se demander si ce temps est significativement différent entre la loge 1 et la loge 2. Sur le graphique 25 on peut constater à la suite d'un test statistique ANOVA qu'il y a une différence significative entre les deux (p=0,02).



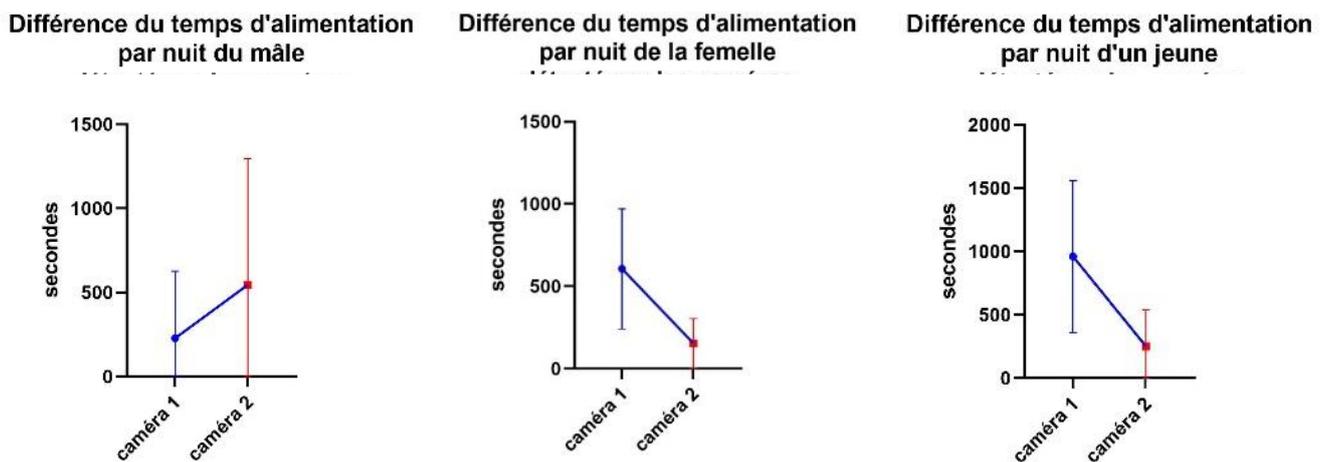
**Graphique 25 : Graphique montrant le temps moyen d'alimentation par le groupe par nuit selon les loges, n=8 nuits**

Cette différence peut être expliquée par une différence comportementale ou par le fait que la caméra de la loge 2 ait été mal positionnée durant l'expérience. Il est d'ailleurs probable que celle-ci ait du mal à détecter les binturongs qui s'alimentaient sur la plateforme la plus éloignée de la caméra. Certaines vidéos de prises alimentaires commençaient ou se terminaient de

manière abrupte. On peut donc penser que le temps total d'alimentation dans la loge 2 est sous-estimé.

Etant donné les doutes sur le positionnement de la caméra de la loge 2 et le fait que cela puisse se traduire au niveau statistique, les analyses de temps d'alimentation ou de prises alimentaires ne seront réalisées que sur les images de la caméra de la loge 1. Les analyses sur la fréquence alimentaire ont été réalisées sur les images des caméras des deux loges étant donné que l'on considère que la caméra de la loge 2 est suffisamment performante pour détecter au moins la prise alimentaire (début, milieu ou fin) même si elle ne semble pas suffisamment performante pour détecter la totalité du temps de prise alimentaire.

On peut également regarder le temps moyen d'alimentation par individu par nuit selon les loges (sur les graphiques : caméra 1 = loge 1 ; caméra 2 = loge 2). Ceux-ci figurent sur le graphique 26.



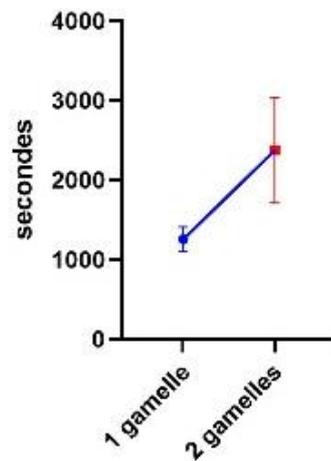
**Graphique 26 : Graphiques montrant la différence du temps moyen d'alimentation par individu par nuit selon les loges, n=8 nuits**

On constate sur ce graphique qu'il y a une différence significative d'utilisation pour l'alimentation des loges pour la femelle dont le temps d'alimentation est significativement plus élevé dans la loge 1 (test ANOVA,  $p=0,0019$ ) et pour les jeunes ( $p$  value  $<0,05$ ). Elle est plutôt inversée chez le mâle qui semble utiliser plus la loge 2 que la loge 1 pour s'alimenter mais cette différence n'est pas significative.

Des observations subjectives réalisées lors du stage peuvent expliquer cela. Les deux jeunes s'alimentent souvent ensemble avec leur mère qui mange en même temps. Les jeunes s'alimentent parfois avec leur père ou restent dans la même loge que leur père mais plus rarement qu'avec leur mère. Les deux adultes quant à eux ne s'alimentent presque jamais

ensemble et la femelle adopte des postures plutôt agressives lorsque le mâle essaye de manger en sa présence.

On souhaite vérifier également si le fait d'avoir une gamelle ou deux gamelles dans le champ de la caméra influence le temps total d'alimentation du groupe par nuit. Ce test ANOVA a été effectué sur les images de la caméra de la loge 1. Pendant cinq nuits il y avait deux gamelles dans le champ de la caméra et pendant trois nuits il n'y en avait qu'une.



**Graphique 27 : Graphique montrant le temps moyen d'alimentation du groupe par nuit selon le nombre de gamelles dans le champ de la caméra de la loge 1**

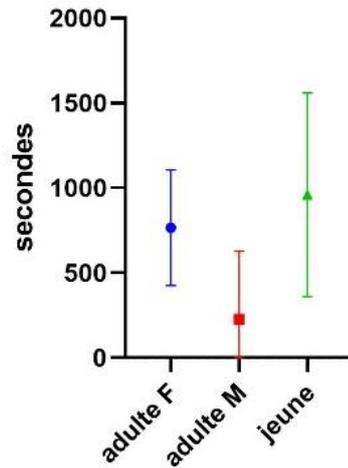
Sur le graphique 27, on constate que le temps moyen d'alimentation du groupe par nuit détecté par la caméra est significativement plus élevé lorsqu'il y a deux gamelles dans le champ de la caméra ( $p=0,03$ ).

Le temps total d'alimentation par individu par nuit est donc calculé sur les images de la caméra de la loge 1, les nuits où deux gamelles sont dans le champ ( $n=5$  nuits) afin d'avoir les conditions les plus uniformes possibles et de pouvoir réellement comparer les individus.

**Légende :**

Adulte F = femelle

Adulte M = mâle



**Graphique 28 : Graphique montrant le temps moyen d'alimentation par nuit selon les individus**

Le test ANOVA présenté sur le graphique 28 ne montre pas de différence significative lorsque l'on compare individu par individu (mâle vs femelle, femelle vs jeune, mâle vs jeune).

Cependant ce test demeure significatif ( $p=0,04$ ). Cela signifie qu'au moins un des temps totaux d'alimentation par nuit d'un individu est significativement différents des deux autres ou du temps d'alimentation moyen par nuit du groupe. Sur le graphique 28, on constate que le mâle a tendance à passer moins de temps à s'alimenter que la femelle ou le jeune « moyen », on peut donc penser que c'est lui qui est significativement différent des deux autres individus.

On peut émettre l'hypothèse que le mâle s'alimente peu dans la loge 1. Cette hypothèse est également soutenue par le graphique 26. Une autre hypothèse est que le mâle s'alimente moins ou plus rapidement que les autres individus.

À la suite des constatations précédentes, le temps moyen d'une prise alimentaire d'un individu par nuit est calculé sur les images de la caméra de la loge 1 sur toutes les nuits (étant donné qu'on considère que le temps d'une prise alimentaire ne peut pas être affecté par le fait qu'il y ait une ou deux gamelles), afin d'être le plus uniforme possible sur les conditions de calcul de ce temps.

Le temps moyen d'une prise alimentaire d'un individu est de 205 secondes soit environ 3,4 minutes. Il n'y a pas de différence significative entre les individus (adulte, femelle ou jeune). Un individu passe donc en moyenne 3,4 minutes à s'alimenter en continu.

### 3. Discussion

On peut donc tirer plusieurs conclusions de cette étude.

Il semble que le temps moyen d'alimentation par nuit du mâle adulte soit inférieur à celui de la femelle et du jeune « moyen ». On constate également que le temps moyen d'alimentation par nuit d'un individu est de 791 secondes soit environ 13 minutes.

Nous avons également pu mettre en évidence que les binturongs avaient une fréquence d'alimentation par nuit de 3,6 fois par nuit et que le temps moyen d'une prise alimentaire est de 3,4 minutes.

Cette expérience comporte également plusieurs limites, notamment le fait que la détection des binturongs par les caméras ne soit pas 100% fiable. En effet, de nombreux clips vidéos (surtout de la caméra de la loge 2) montrent directement le ou les binturongs sur la plateforme sans que l'on voie l'arrivée et le départ du binturong du site. Cela peut nous aider à expliquer la différence entre la loge 1 et la loge 2 pour le graphique 25. De plus, une même prise alimentaire (temps continu d'alimentation) est souvent plus longue qu'une minute comme nous avons pu le démontrer. Cela implique donc qu'une même prise alimentaire est souvent morcelée sur plusieurs clips vidéo. Le temps d'une prise alimentaire a donc été calculé comme : « le temps de prise alimentaire de chaque vidéo à la suite les unes des autres + le temps de pause entre les vidéos (10 à 40 secondes) ». On suppose donc que la prise alimentaire est continue mais cela n'est pas certain. De la même manière, certaines prises alimentaires d'un binturong étaient parfois en partie masquées par un autre binturong qui se mettait au premier plan.

Ces approximations sont un biais probable de l'expérience. Néanmoins, étant donné que ces approximations sont les mêmes pour tous les binturongs on peut penser que les différences entre individus sont fiables pour le graphique 26.

Cependant, étant donné que l'analyse du temps d'alimentation par individu par nuit est obtenue uniquement sur les données de la caméra de la loge 1 (graphique 28), celle-ci peut être biaisée et le temps d'alimentation par nuit est certainement sous-estimé. Notamment car le graphique 26 semble montrer que le binturong mâle s'alimente plus dans la loge 2 que dans la loge 1. Il est donc possible que le temps moyen d'alimentation du binturong mâle par nuit soit sous-estimé et que cela impacte les graphiques 28 et 29 (graphiques basés uniquement sur les données de la caméra de la loge 1).

Il semble donc nécessaire de reconduire l'expérience dans des conditions plus optimales. Il pourrait notamment être intéressant de placer les caméras à l'intérieur et non à l'extérieur des

loges pour essayer d'augmenter le taux de détection mais il faudra dans ce cas faire attention à sécuriser les caméras (les jeunes binturongs étant particulièrement curieux vis-à-vis de ce dispositif). Il semble également pertinent de mieux régler les caméras afin d'uniformiser la durée des vidéos.

Etant donné le faible nombre de nuits permettant l'analyse des données, il semble également nécessaire de reconduire l'expérience sur une plus grande durée afin d'augmenter la fiabilité des analyses. De plus, l'utilisation d'un logiciel d'analyse vidéo permettrait de faciliter et de fiabiliser l'acquisition des données.

## **IV. PERSPECTIVES EN RECHERCHE SUR LA NUTRITION DES BINTURONGS**

Hormis le fait de reconduire les expériences et analyses dans des conditions plus optimales et sur un plus grand nombre de données comme cela a été évoqué dans les parties II.F, III.A.3 et III.B.3, il pourrait être intéressant de conduire d'autres analyses *ex-situ* et *in-situ* pour mieux comprendre l'alimentation des binturongs sauvages et captifs ainsi que les différences entre celles-ci et ce que cela implique.

Par exemple, une expérience d'analyses des fèces des binturongs de divers parcs zoologiques par la méthode de spectrométrie infrarouge (SPIR : Spectrométrie Proche Infra-Rouge en français et NIRS : Near-Infrared Reflectance Spectroscopy en anglais) pourrait permettre d'approcher la composition chimique des rations consommées et également la digestibilité de celles-ci. En effet, une étude de Boval et al. 2004 montre que cette méthode permet d'évaluer les protéines brutes, les fibres (neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF)) et la digestibilité de l'alimentation d'un troupeau de ruminants. Une autre étude montre également la capacité de la méthode SPIR à déterminer la composition d'herbes et de feuilles consommées par des gorilles ((Rothman et al. 2009). Il semblerait néanmoins que cette méthode ait essentiellement été utilisée pour caractériser une alimentation herbivore ((Vance et al. 2016) bien que quelques études aient été conduites sur des carnivores (Kaneko, Lawler 2006). On peut donc se questionner sur la validité de cette méthode vis-à-vis d'un régime frugivore voir omnivore comme celui des binturongs.

De plus, une bonne calibration est indispensable pour l'application de cette méthode et nécessite des fèces venant d'individus de différents âges et sexes mais également au cours de différentes saisons (Kaneko, Lawler 2006).

Cette méthode est donc intéressante car peu coûteuse et donnant accès à de nombreuses informations mais elle pourrait être difficile à mettre en œuvre et il faudrait vérifier sa fiabilité vis-à-vis d'un régime alimentaire frugivore et notamment du régime alimentaire du binturong.

D'autres méthodes telles que la micrographie et la macrographie pourraient être intéressantes *ex-situ* pour caractériser le régime alimentaire naturel du binturong. Celles-ci correspondent respectivement à une observation microscopique et macroscopique des restes alimentaires dans les fèces.

## V. CONCLUSION

Cette thèse a pour objectif de caractériser plus précisément l'alimentation distribuée à l'heure actuelle aux binturongs de parcs zoologiques et d'étudier le comportement alimentaire du groupe de binturongs de la Ménagerie du Jardin des plantes.

Dans un premier temps, il a pu être établi des recommandations vis-à-vis de l'alimentation distribuée par les parcs zoologiques ainsi qu'une ration « type » qui semble équilibrée qui contient 52% de fruits, 27% de légumes, 18% de sources de protéines animales ainsi que des compléments alimentaires pour une quantité totale de 1262 grammes. De manière plus spécifique, l'analyse de l'alimentation d'un groupe de binturongs ayant un problème de santé a pu être effectuée et a permis la formulation de recommandations spécifiques.

Dans un deuxième temps, l'étude plus approfondie du groupe de binturongs a permis de montrer qu'il existait une différence entre la nourriture distribuée théoriquement et la nourriture réellement consommée. Celle-ci a également permis la mise en évidence de certaines préférences alimentaires du groupe de binturongs. Une brève étude du comportement alimentaire des binturongs a également permis de mesurer le temps d'alimentation par nuit des individus et du groupe ainsi que la fréquence d'alimentation et le temps d'une prise alimentaire.

Cependant, il a pu être mis en évidence de nombreuses limites et approximations en raison de la diversité des fiches d'alimentation d'une part et du faible temps d'observation d'autre part. Il serait donc pertinent de reconduire ces études avec un plus grand nombre de participants (parcs zoologiques et binturongs) pour obtenir des résultats statistiquement exploitables. Néanmoins, bien qu'approximatives ces deux études constituent un premier point de départ sur l'étude de l'alimentation des binturongs en captivité. D'autres techniques peuvent également être utilisées pour approfondir le sujet de l'alimentation des binturongs en captivité et à l'état sauvage.

S'il semble indispensable de poursuivre les études *in-situ* et *ex-situ* pour caractériser au mieux l'alimentation du binturong, on peut se demander s'il est pertinent de vouloir rapprocher l'alimentation de binturongs nés et élevés en captivité de celle des binturongs sauvages.

En effet, les binturongs captifs sont soumis à moins de contraintes que leurs homologues sauvages et ceux-ci sont donc plus sujets à l'obésité comme beaucoup d'animaux captifs (Goodchild, Schwitzer 2008). L'absence de stress vis-à-vis des ressources alimentaires, le fait d'être dans des espaces plus confinés mais également le fait que les aliments distribués sont

différents de ceux retrouvés dans le milieu naturel pourraient expliquer cela. Certains parcs zoologiques ont également fait remonter des problèmes de surpoids chez certains binturongs.

De plus, la captivité a également un effet sur le microbiote intestinale comme le montre les études de Waite, Eason, Taylor (2014), de Gao et al. (2019) et de Nelson et al. (2013). Les microbiotes d'animaux captifs seraient moins diversifiés que ceux d'animaux sauvages. L'étude de Waite, Eason et Taylor (2014) ont également montré que le fait d'effectuer une transfaunation<sup>9</sup> avant la réintroduction de kakapos (*Strigops habroptila*) captifs permet un meilleur taux de survie. Le microbiote intestinal et son adéquation avec son environnement semble donc être un facteur de survie et de santé.

Il semble donc indispensable de continuer les recherches *in-situ* mais également *ex-situ* afin d'établir la meilleure alimentation possible pour les binturongs en captivité, fusse-t-elle proche de leur alimentation naturelle ou plus éloignée.

---

<sup>9</sup> Transfaunation : transplantation de microbiote fécal via l'administration de selles d'un individu à un autre individu

## **BIBLIOGRAPHIE**

ABRA, L., 2010. Notes on the development and behaviour of two Binturong *Arctictis binturong* litters born at Taronga Zoo, Sydney: TARONGA ZOO: DEVELOPMENT AND BEHAVIOUR OF TWO BINTURONG LITTERS. *International zoo yearbook*. 2010. Vol. 44, n° 1, pp. 238-245. DOI 10.1111/j.1748-1090.2009.00102.x.

ACORDA, Jezie, LAJARA, Eoin, SALES, Shirley Faye et LASTICA-TERNURA, Emilia, 2021. Veterinary Medicine. *Philippine Journal of Veterinary Medicine*. 1 décembre 2021. Vol. 58, pp. 144-159.

ANSES, 2013. Informations Nutritionnelles - Fruits rouges. [en ligne]. 2013. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <http://informationsnutritionnelles.fr/fruits-rouges>

ANSES, 2020. Ciqual Table de composition nutritionnelle des aliments. [en ligne]. 2020. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://ciqual.anses.fr/#/cms/mentions-legales/node/22>

AVCALC LLC, 2022. Online Food Calculator. Food Volume to Weight Conversions. [en ligne]. 2022. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.aqua-calc.com/calculate/food-volume-to-weight>

Avocados From Mexico | Avocado Nutrition, Recipes, & Cooking Tips, 2019. *Avocados From Mexico* [en ligne]. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://avocadosfrommexico.com/>

BARNES, R. H., 1962. Nutritional implications of coprophagy. *Nutrition Reviews*. octobre 1962. Vol. 20, pp. 289-291. DOI 10.1111/j.1753-4887.1962.tb04498.x.

BEYNEN, Anton, 2020. Beynen AC, 2020. Diet and canine coprophagy. . 3 juillet 2020.

BIRD, D. M. et HO, S.K., 1976. Nutritive values of whole-animal diets for captive birds of prey. . 1976. Vol. 10, n° 2.

BLAINVILLE, M. H. M. Ducrotay de, 1841. *Ostéographie ou description iconographique comparée du squelette et du système dentaire des cinq classes d'animaux vertébrés récents et fossiles: pour servir de base à la zoologie et à la géologie. Mammifères. Carnassiers: Vespertilio, Talpa, Sorex, Erinaceus, Phoca, Ursus, Subursus*. Bertrand.

BOURGEOIS, Aude, KAYSER, Pauline, DEBRUILLE, Agathe et VERON, Geraldine, 2020. Binturong *Arctictis binturong* conservation: the relationship between the zoo community and ABCConservation for an integrated conservation programme in Palawan, Philippines. *International Zoo Yearbook*. 4 novembre 2020. Vol. 54, pp. 120-130. DOI 10.1111/izy.12280.

BOVAL, M, COATES, D. B, LECOMTE, P, DECRUYENAERE, V et ARCHIMÈDE, H, 2004. Faecal near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to assess chemical composition, in vivo digestibility and intake of tropical grass by Creole cattle. *Animal Feed Science and Technology*. 3 mai 2004. Vol. 114, n° 1, pp. 19-29. DOI 10.1016/j.anifeedsci.2003.12.009.

BUSH, Mitchell, JAMES JR, Everette, MONTALI, Richard J. et STITIK, Frederick P., 1976. Pulmonary Alveolar Microlithiasis in a Binturong (*Arctictis binturong*): A Case Report. *Veterinary Radiology*. 1976. Vol. 17, n° 4, pp. 157-160. DOI 10.1111/j.1740-8261.1976.tb00567.x.

Cambridge Natural History - Mammalia, 2012. [en ligne]. [Consulté le 16 mars 2022]. Disponible à l'adresse : [https://www.gutenberg.org/files/39887/39887-h/39887-h.htm#NtA\\_269](https://www.gutenberg.org/files/39887/39887-h/39887-h.htm#NtA_269)

CHANDRA, Sundeep, GINN, Pamela, TERRELL, Scott, FERGUSON, Bruce, ADJIRI-AWERE, Alfred, DENNIS, Pam et HOMER, Bruce, 2000. Canine Distemper Virus Infection in Binturongs (*Arctictis binturong*). *Journal of veterinary diagnostic investigation : official publication of the American Association of Veterinary Laboratory Diagnosticians, Inc.* 1 février 2000. Vol. 12, pp. 88-91. DOI 10.1177/104063870001200120.

CHE-CASTALDO, Judy P., BYRNE, Amy, PERISIN, Kaitlyn et FAUST, Lisa J., 2019. Sex-specific median life expectancies from ex situ populations for 330 animal species. *Scientific data*. 2019. Vol. 6, n° 1, pp. 190019-190019. DOI 10.1038/sdata.2019.19.

CHILDS-SANFORD, Sara E., PETERS, Rachel M., MORRISEY, James K. et ALCARAZ, Ana, 2005. SARCOMATOID RENAL CELL CARCINOMA IN A BINTURONG (*ARCTICTIS BINTURONG*). *Journal of zoo and wildlife medicine*. 2005. Vol. 36, n° 2, pp. 308-312. DOI 10.1638/02-096.1.

CHUDLEYS, 2022. Ferret. *Chudleys Dog Food* [en ligne]. 2022. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://chudleys.com/products/ferret>

CHUTIPONG, Wanlop, STEINMETZ, Robert, SAVINI, Tommaso et GALE, George A, 2015. Sleeping site selection in two Asian viverrids: effects of predation risk, resource access and habitat characteristics. *RAFFLES BULLETIN OF ZOOLOGY*. 2015. pp. 13.

COLON, Christina P. et CAMPOS-ARCEIZ, Ahimsa, 2013. The Impact of Gut Passage by Binturongs (*Arctictis binturong*) on Seed Germination. *Raffles Bulletin of Zoology*. 2013. N° 61, pp. 417-421.

CONKLIN, Nancy Lou et WRANGHAM, Richard W., 1994. The value of figs to a hind-gut fermenting frugivore: a nutritional analysis. *Biochemical Systematics and Ecology*. 1994. Vol. 22, n° 2, pp. 137.

COSSON, L., GRASSMAN, L. L., ZUBAID, A., VELLAYAN, S., TILLIER, A. et VERON, G., 2007. Genetic diversity of captive binturongs (*Arctictis binturong*, Viverridae, Carnivora): implications for conservation. *Journal of zoology (1987)*. Received 4 April 2006; accepted 30 May 2006. 2007. Vol. 271, n° 4, pp. 386-395. DOI 10.1111/j.1469-7998.2006.00209.x.

CRAPO, Christine, MORESCO, Anneke, HURLEY, S, HANNER, T et KADZERE, Charles, 2002. Anatomical measurements of the digestive tract and nutrient digestibility in the Asian Bear Cat (*Arctictis binturong*). In : . 1 janvier 2002.

DEBRUILLE, Agathe Béatrice Charlotte, 2016. *Mesure de l'activité corticosurrénalienne et du comportement chez une espèce de viverridé en captivité, le binturong, Arctictis binturong*. ENVA.

DEBRUILLE, Agathe, KAYSER, Pauline, VERON, Geraldine, VERGNIOL, Murielle et PERRIGON, Melissa, 2020. Improving the detection rate of binturongs (*Arctictis binturong*) in Palawan Island, Philippines, through the use of arboreal camera-trapping. *Mammalia*. 29 juin 2020. Vol. 84, pp. 563-567. DOI 10.1515/mammalia-2019-0113.

Desert locust, 2022. *Wikipedia* [en ligne]. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Desert\\_locust&oldid=1086795140](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Desert_locust&oldid=1086795140)

DOUAY, Guillaume, ORDONNEAU, dorothée, ALBARIC, Olivier et LEMBERGER, Karin, 2012. Hepatocarcinoma in two binturongs (*Arctictis binturong*). In : . 1 octobre 2012.

DUTT, S et GUPTA, P.P., 1978. Paragonimiasis in a bear cat (*Articus binturong*). *Annals of tropical medicine and parasitology*. 1 septembre 1978. Vol. 72, pp. 391-3. DOI 10.1080/00034983.1978.11719335.

Encyclopedia of Life, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://eol.org/traitbank>

GAO, H., CHI, X., QIN, W., WANG, L., SONG, P., CAI, Z., ZHANG, J. et ZHANG, T., 2019. Comparison of the gut microbiota composition between the wild and captive Tibetan wild ass (*Equus kiang*). *Journal of Applied Microbiology*. 2019. Vol. 126, n° 6, pp. 1869-1878. DOI 10.1111/jam.14240.

GAUBERT, Philippe et CORDEIRO-ESTRELA, Pedro, 2006. Phylogenetic systematics and tempo of evolution of the Viverrinae (Mammalia, Carnivora, Viverridae) within feliformians: Implications for faunal exchanges between Asia and Africa. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 1 novembre 2006. Vol. 41, n° 2, pp. 266-278. DOI 10.1016/j.ympev.2006.05.034.

GAUBERT, Philippe, TRANIER, Michel, DELMAS, Anne-Sophie, COLYN, Marc et VERON, Geraldine, 2004. First molecular evidence for reassessing phylogenetic affinities between genetids (*Genetta*) and the enigmatic genet-like taxa *Osbornictis*, *Poiana* and *Prionodon* (Carnivora, Viverridae). *Zoologica Scripta*. 24 février 2004. Vol. 33, pp. 117-129. DOI 10.1111/j.1463-6409.2004.00140.x.

GOODCHILD, Sarah et SCHWITZER, Christoph, 2008. The problem of obesity in captive lemurs. *International Zoo News*. 1 janvier 2008. Vol. 55.

GOVERNMENT OF CANADA, Fisheries and Oceans Canada, 2016. Capelin. [en ligne]. 19 décembre 2016. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.dfo-mpo.gc.ca/species-especes/profiles-profil/capelin-capelan-eng.html>

GRACZYK, T. K. et CRANFIELD, M. R., 2003. Coprophagy and intestinal parasites: implications to human-habituated mountain gorillas (*Gorilla gorilla beringei*) of the Virunga Mountains and Bwindi Impenetrable Forest. *Primate Conservation*. 8 avril 2003. Vol. 1, n° 9, pp. 58-64.

GRASSMAN JR, Lon I., JANECKA, Jan E., AUSTIN, Sean C., TEWES, Michael E. et SILVY, Nova J., 2006. Chemical immobilization of free-ranging dhole (*Cuon alpinus*), binturong (*Arctictis binturong*), and yellow-throated marten (*Martes flavigula*) in Thailand. *European journal of wildlife research*. 2006. Vol. 52, n° 4, pp. 297-300. DOI 10.1007/s10344-006-0040-8.

GRASSMAN, Lon I., TEWES, Michael E. et SILVY, Nova J., 2005. Ranging, habitat use and activity patterns of binturong *Arctictis binturong* and yellow-throated marten *Martes flavigula* in north-central Thailand. *Wildlife biology*. 2005. Vol. 11, n° 1, pp. 49-57. DOI 10.2981/0909-6396(2005)11[49:RHUAAP]2.0.CO;2.

HARRISON, Rhett D., 2005. Figs and the Diversity of Tropical Rainforests. *BioScience*. 1 décembre 2005. Vol. 55, n° 12, pp. 1053-1064. DOI 10.1641/0006-3568(2005)055[1053:FATDOT]2.0.CO;2.

HARRISON, Rhett, HAMID, ABANG, KENTA, Tanaka, LAFRANKIE, James, LEE, HUA-SEN, NAGAMASU, Hidetoshi, NAKASHIZUKA, Tohru et PALMIOTTO, Peter, 2003. The diversity of hemi-epiphytic figs (*Ficus* ; *Moraceae*) in a Bornean lowland rain forest. *Biological Journal of the Linnean Society*. 1 avril 2003. Vol. 78, pp. 439-455. DOI 10.1046/j.0024-4066.2002.00205.x.

HILL'S PET NUTRITION MANUFACTURING, 2018. HILL'S SCIENCE PLAN Aliment pour Chien Adulte Medium Light au Poulet. [en ligne]. 2018. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.hillsvet.fr/products/dog-food/sp-canine-science-plan-adult-light-with-chicken-dry>

- HOLLAMBY, S., SIMMONS, H., BELL, T., DUNCAN, A. et STADLER, C., 2004. Myocardial necrosis in a captive binturong (*Arctictis binturong*). *Veterinary record*. 2004. Vol. 154, n° 19, pp. 596-598. DOI 10.1136/vr.154.19.596.
- HUANG, Cheng et LI, Xueyou, 2015. Confirmation of the continued occurrence of Binturong *Arctictis binturong* in China. . 1 janvier 2015.
- HUR, K., BAE, J.-S., CHOI, J.-H., KIM, J.-H., KWON, S.-W., LEE, K.-W. et KIM, D.-Y., 1999. Canine Distemper Virus Infection in Binturongs (*Arctictis binturong*). *Journal of comparative pathology*. 1999. Vol. 121, n° 3, pp. 295-299. DOI 10.1053/jcpa.1999.0322.
- K. GREENE, Lydia, W. WALLEN, Timothy, MORESCO, Anneke et E. GOODWIN, Thomas, 2016. Reproductive endocrine patterns and volatile urinary compounds of *Arctictis binturong*: Discovering why bearcats smell like popcorn | Request PDF. *ResearchGate* [en ligne]. 2016. [Consulté le 16 mars 2022]. DOI 10.1007/s00114-016-1361-4. Disponible à l'adresse : [https://www.researchgate.net/publication/300001771\\_Reproductive\\_endocrine\\_patterns\\_and\\_volatile\\_urinary\\_compounds\\_of\\_Arctictis\\_binturong\\_Discovering\\_why\\_bearcats\\_smell\\_like\\_popcorn](https://www.researchgate.net/publication/300001771_Reproductive_endocrine_patterns_and_volatile_urinary_compounds_of_Arctictis_binturong_Discovering_why_bearcats_smell_like_popcorn)
- KALINA, Jan, 1988. *Ecology and behavior of the black-and-white casqued hornbill (*Bycanistes subcylindricus subquadratus*) in Kibale Forest, Uganda* [en ligne]. Michigan State University. [Consulté le 16 mars 2022]. Disponible à l'adresse : <https://d.lib.msu.edu/etd/20393>
- KANEKO, Hitomi et LAWLER, Ivan Robert, 2006. Can Near Infrared Spectroscopy Be Used to Improve Assessment of Marine Mammal Diets Via Fecal Analysis? *Marine Mammal Science*. 2006. Vol. 22, n° 2, pp. 261-275. DOI 10.1111/j.1748-7692.2006.00030.x.
- KASPER FAUNAFOOD, [sans date]. Primate diet GO 2 Glutenfree | Kiezebrink Focus on Food. [en ligne]. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.kiezebrink.eu/en/primate-diet-go-2-glutenfree>
- KERR, Katherine R., KAPPEN, Kelly L., GARNER, Lindsay M. et SWANSON, Kelly S., 2014. *Commercially Available Avian and Mammalian Whole Prey Diet Items Targeted for Consumption by Managed Exotic and Domestic Pet Felines: Macronutrient, Mineral, and Long-Chain Fatty Acid Composition*. 2014.
- KLAPHAKE, Eric, SHOIEB, Ahmed, RAMSAY, Ed, SCHUMACHER, Juergen et CRAIG, Linden, 2005. RENAL ADENOCARCINOMA, HEPATOCELLULAR CARCINOMA, AND PANCREATIC ISLET CELL CARCINOMA IN A BINTURONG (*ARCTICTIS BINTURONG*). *Journal of zoo and wildlife medicine*. 2005. Vol. 36, n° 1, pp. 127-130. DOI 10.1638/03-084.
- KLEIMAN, Devra G., 1974. Scent Marking in the Binturong, *Arctictis binturong*. *Journal of Mammalogy*. 1974. Vol. 55, n° 1, pp. 224-227. DOI 10.2307/1379278.
- KO, ICE, CORLETT, R. et XU, RUO-JUN, 1998. Sugar composition of wild fruits in Hong Kong, China. *Journal of Tropical Ecology*. 1 mai 1998. Vol. 14, pp. 381-387. DOI 10.1017/S0266467498000297.
- KRISHNA, Murali, KUMAR, Awadhesh, RAY, Parimal et SARMA, Kuladip, 2013. Feeding observations of a Binturong *Arctictis binturong* group in Namdapha National Park, Arunachal Pradesh, India. *Small Carnivore Conservation*. 1 décembre 2013. Vol. 49, pp. 28-30.
- LAM, Wai, HEDGES, Laurie et CLEMENTS, Gopalasamy Reuben, 2014. First record of a clouded leopard preying on a binturong. *Cat News*. 1 janvier 2014. Vol. 60, pp. 16.
- LAMBERT, Frank, 1990. Some notes on fig-eating by arboreal mammals in Malaysia. *Primates*. 1 juillet 1990. Vol. 31, n° 3, pp. 453-458. DOI 10.1007/BF02381118.

LAMBERT, Joanna E., FELLNER, Vivek, MCKENNEY, Erin et HARTSTONE-ROSE, Adam, 2014. Binturong (*Arctictis binturong*) and Kinkajou (*Potos flavus*) Digestive Strategy: Implications for Interpreting Frugivory in Carnivora and Primates. *PLOS ONE* [en ligne]. 2014. Vol. 9, n° 8. Disponible à l'adresse : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4144878/pdf/pone.0105415.pdf>

Mammal Species of the World, 2005. [en ligne]. [Consulté le 16 mars 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.departments.bucknell.edu/biology/resources/msw3/>

MAZURI ZOO FOODS, [sans date]. Datasheet downloads | Mazuri Zoo Foods. [en ligne]. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <http://www.mazurizoofoods.com/downloads/>

MC KENNEY, Erin A., 2011. *The Effects of Phylogeny and Ecology on Microbiota in Captive Primate and Carnivore Species*. Graduate Faculty of North Carolina State University.

MCCLURE, H. Elliot, 1943. *Ecology and Management of the Mourning Dove, Zenaidura macroura (Linn.), in Cass County, Iowa*. 1943.

MCKENNEY, Erin A., ASHWELL, Melissa, LAMBERT, Joanna E. et FELLNER, Vivek, 2014. Fecal microbial diversity and putative function in captive western lowland gorillas (*Gorilla gorilla gorilla*), common chimpanzees (*Pan troglodytes*), Hamadryas baboons (*Papio hamadryas*) and binturongs (*Arctictis binturong*). *Integrative zoology*. 2014. Vol. 9, n° 5, pp. 557-569. DOI 10.1111/1749-4877.12112.

MCNAB, Brian, 1989. Basal Rate of Metabolism, Body Size, and Food Habits in the Order Carnivora. In : . pp. 335-354. ISBN 978-1-4612-8204-4.

MCNAB, Brian, 1995. Energy Expenditure and Conservation in Frugivorous and Mixed-Diet Carnivorans. *Journal of Mammalogy*. 1 février 1995. Vol. 76, pp. 206-222. DOI 10.2307/1382329.

MOHAMED, Elagba H A, 2015. Determination of Nutritive Value of the Edible migratory locust *Locusta migratoria*, Linnaeus, 1758 (Orthoptera: Acrididae). . 2015. Vol. 4, pp. 6.

MORESCO, Anneke et LARSEN, R. Scott, 2003. MEDETOMIDINE–KETAMINE–BUTORPHANOL ANESTHETIC COMBINATIONS IN BINTURONGS (*ARCTICTIS BINTURONG*). *Journal of zoo and wildlife medicine*. 2003. Vol. 34, n° 4, pp. 346-351. DOI 10.1638/03-016.

MYERS, Phil, 2000. Viverridae (civets, genets, linsangs, and relatives). *Animal Diversity Web* [en ligne]. 2000. [Consulté le 16 mars 2022]. Disponible à l'adresse : <https://animaldiversity.org/accounts/Viverridae/>

NAKABAYASHI, Miyabi, 2015. *Feeding ecology of three frugivorous civets in Borneo* [en ligne]. 23 mars 2015. Kyoto University (京都大学). [Consulté le 16 mars 2022]. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.14989/doctor.k18842>

NAKABAYASHI, Miyabi, 2020. List of food plants of four sympatric Paradoxuriane civet species based on eight-year records on Borneo | Request PDF. *ResearchGate* [en ligne]. 2020. [Consulté le 16 mars 2022]. DOI 10.3759/tropics.MS19-13. Disponible à l'adresse : [https://www.researchgate.net/publication/342166841\\_List\\_of\\_food\\_plants\\_of\\_four\\_sympatric\\_Paradoxuriane\\_civet\\_species\\_based\\_on\\_eight-year\\_records\\_on\\_Borneo](https://www.researchgate.net/publication/342166841_List_of_food_plants_of_four_sympatric_Paradoxuriane_civet_species_based_on_eight-year_records_on_Borneo)

NAKABAYASHI, Miyabi et AHMAD, Abdul, 2018. Short-term movements and strong dependence on figs of binturongs (*Arctictis binturong*) in Bornean rainforests. *European Journal of Wildlife Research*. 1 décembre 2018. Vol. 64. DOI 10.1007/s10344-018-1232-8.

NAKABAYASHI, Miyabi, AHMAD, Abdul et KOHSHIMA, Shiro, 2016a. Behavioral feeding strategy of frugivorous civets in a Bornean rainforest. *Journal of Mammalogy*. 4 février 2016. Vol. 97, pp. gyw005. DOI 10.1093/jmammal/gyw005.

NAKABAYASHI, Miyabi, AHMAD, Abdul et KOHSHIMA, Shiro, 2016b. Fruit selection of a binturong (*Arctictis binturong*) by focal animal sampling in Sabah, Malaysian Borneo. *Mammalia*. 14 janvier 2016. Vol. 81. DOI 10.1515/mammalia-2015-0009.

NAKABAYASHI, Miyabi, HAMID AHMAD, Abdul et KOHSHIMA, Shiro, 2017. Horizontal habitat preference of three sympatric Paradoxurinae civet species in a small area in Sabah, Malaysian Borneo. *ResearchGate* [en ligne]. 2017. [Consulté le 16 mars 2022]. DOI 10.1007/s10344-016-1062-5. Disponible à l'adresse : [https://www.researchgate.net/publication/311479643\\_Horizontal\\_habitat\\_preference\\_of\\_three\\_sympatric\\_Paradoxurinae\\_civet\\_species\\_in\\_a\\_small\\_area\\_in\\_Sabah\\_Malaysian\\_Borneo](https://www.researchgate.net/publication/311479643_Horizontal_habitat_preference_of_three_sympatric_Paradoxurinae_civet_species_in_a_small_area_in_Sabah_Malaysian_Borneo)

NELSON, Tiffanie M., ROGERS, Tracey L., CARLINI, Alejandro R. et BROWN, Mark V., 2013. Diet and phylogeny shape the gut microbiota of Antarctic seals: a comparison of wild and captive animals. *Environmental Microbiology*. 2013. Vol. 15, n° 4, pp. 1132-1145. DOI 10.1111/1462-2920.12022.

NIKLAS, Author, 2020. How Much Does an Egg Weigh? (Complete Chart of Various Sizes). *Weight of Stuff* [en ligne]. 6 août 2020. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://weightofstuff.com/how-much-does-an-egg-weigh/>

ORONAN, Rey, LICUAN, Dianne, LICUAN, Daphné et A. LASTICA-TERNURA, Emilia, 2013. DETECTION OF ANTIBODIES AGAINST *Toxoplasma gondii* AND *Chlamydomydia felis* IN MALAYAN CIVETS (*Viverra zangalunga*), PALAWAN BEARCATS (*Arctictis binturong whitei*) and ASIAN PALM CIVETS (*Paradoxurus hermaphroditus*) AT A WILDLIFE FACILITY IN QUEZON CITY, PHILIPPINES. *ResearchGate* [en ligne]. 2013. [Consulté le 16 mars 2022]. Disponible à l'adresse : [https://www.researchgate.net/publication/290649487\\_DETECTION\\_OF\\_ANTIBODIES\\_AGAINST\\_Toxoplasma\\_gondii\\_AND\\_Chlamydomydia\\_felis\\_IN\\_MALAYAN\\_CIVETS\\_Viverra\\_zangalunga\\_PALAWAN\\_BEARCATS\\_Arctictis\\_binturong\\_whitei\\_and\\_ASIAN\\_PALM\\_CIVETS\\_Paradoxurus\\_hermaphrodi](https://www.researchgate.net/publication/290649487_DETECTION_OF_ANTIBODIES_AGAINST_Toxoplasma_gondii_AND_Chlamydomydia_felis_IN_MALAYAN_CIVETS_Viverra_zangalunga_PALAWAN_BEARCATS_Arctictis_binturong_whitei_and_ASIAN_PALM_CIVETS_Paradoxurus_hermaphrodi)

PARK, Sin-Young, BYEON, Dong-Seob, KIM, Gye-Woong et KIM, Hack-Youn, 2021. Carcass and retail meat cuts quality properties of broiler chicken meat based on the slaughter age. *Journal of Animal Science and Technology*. janvier 2021. Vol. 63, n° 1, pp. 180-190. DOI 10.5187/jast.2021.e2.

PATOU, Marie-Lilith, DEBRUYNE, Régis, JENNINGS, Andrew, ZUBAID, Akbar, ROVIE-RYAN, Jeffrine et VERON, Geraldine, 2008. Phylogenetic relationships of the Asian palm civets (Hemigalinae & Paradoxurinae, Viverridae, Carnivora). *Molecular phylogenetics and evolution*. 1 juillet 2008. Vol. 47, pp. 883-92. DOI 10.1016/j.ympev.2008.03.026.

POCOCK, R. I., 1933. The rarer Genera of Oriental Viverridæ. *Proceedings of the Zoological Society of London*. 1933. Vol. 103, n° 4, pp. 969-1035. DOI 10.1111/j.1096-3642.1933.tb01638.x.

RAMSAY, Edward, 2015. Procyonids and Viverids. *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine, Volume 8*. 2015. pp. 491-497. DOI 10.1016/B978-1-4557-7397-8.00049-9.

RICHARD, 2021. How Much Does A Medium Potato Weigh – GrowerExperts.com. [en ligne]. 2021. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.growerexperts.com/how-much-does-a-medium-potato-weigh/>

ROTHMAN, Jessica M., CHAPMAN, Colin A., HANSEN, Julie L., CHERNEY, Debbie J. R. et PELL, Alice N., 2009. Rapid Assessment of the Nutritional Value of Foods Eaten by Mountain Gorillas: Applying Near-Infrared Reflectance Spectroscopy to Primatology. *International Journal of Primatology*. 1 octobre 2009. Vol. 30, n° 5, pp. 729-742. DOI 10.1007/s10764-009-9372-z.

ROYAL CAIN SAS, 2022. Royal Canin - Alimentation sur-mesure pour chiens et ... [en ligne]. 2022. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.royalcanin.com/fr>

SCHLEIF, Molly, 2013. Arctictis binturong (binturong). *Animal Diversity Web* [en ligne]. 2013. [Consulté le 11 octobre 2022]. Disponible à l'adresse : [https://animaldiversity.org/accounts/Arctictis\\_binturong/](https://animaldiversity.org/accounts/Arctictis_binturong/)

SCHOKNECHT, Patricia A., 1984. Growth and teat ownership in a litter of binturongs. *Zoo Biology*. 1984. Vol. 3, n° 3, pp. 273-277. DOI 10.1002/zoo.1430030310.

SEMIADI, Gono, ROSS, Joanna, HEARN, Andrew, HEARN, Andrew, HEYDON, Matthew, SAMEJIMA, Hiromitsu, MATHAI, John, AUGERI, D., FREDRIKSSON, Gabriella, LIM, Norman, RUSTAM, Rustam, MOHAMED, Azlan, BOONRATANA, Ramesh, BRODIE, Jedediah, GIORDANO, Anthony, NAKASHIMA, Yoshihiro, VAN BERKEL, Tim, HON, Jason, LOKEN, Brent et WILTING, Andreas, 2016. Predicted distribution of the binturong *Arctictis binturong* (Mammalia: Carnivora: Viverridae) on Borneo. *The Raffles bulletin of zoology*. 30 mai 2016. Vol. 33, pp. 96-102.

SEYEDEH, Alemeh H. et FERESHTEH, Hasanzadeh, 2021. Impact of high dietary energy on obesity and oxidative stress in domestic pigeons - Hosseinian - 2021 - Veterinary Medicine and Science - Wiley Online Library. [en ligne]. 2021. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/vms3.478>

SHANAHAN, Michael, 2000. *Ficus seed dispersal guilds : ecology, evolution and conservation implications* /.

SHANAHAN, Mike, SO, Samson, GOMPTON, Stephen G. et GORLETT, Richard, 2001. Fig-eating by vertebrate frugivores: a global review. *Biological Reviews*. novembre 2001. Vol. 76, n° 4, pp. 529-572. DOI 10.1017/S1464793101005760.

SHRESTHA, Binu, REED, J., STARKS, Philip, KAUFMAN, Gretchen, GOLDSTONE, Jared, ROELKE, Melody, O'BRIEN, Stephen, KOEPFLI, Klaus, FRANK, Laurence et COURT, Michael, 2011. Evolution of a Major Drug Metabolizing Enzyme Defect in the Domestic Cat and Other Felidae: Phylogenetic Timing and the Role of Hypercarnivory. *PloS one*. 28 mars 2011. Vol. 6, pp. e18046. DOI 10.1371/journal.pone.0018046.

SILVA, GUEDES, MOURAO, VENANCIO et PINHEIRO, 2008. Estimation of rabbit hind leg muscle weight and muscularity by real time ultrasonography. In : *9th World Rabbit Congress*. Italie. 2008.

SOUPERSAGE, [sans date]. Nutrition Comparison: Bean Sprouts Vs Lentils. *Soupersage* [en ligne]. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.soupersage.com/compare-nutrition/bean-sprouts-vs-lentils>

SPECIALITY FEEDS, [sans date]. Omnivore Primate Pellets | Specialty Feeds. [en ligne]. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.specialtyfeeds.com/diets/omnivore-primate-pellets/>

SPRIGGS, Maria, ARBLE, Jason et MYERS, Gwen, 2007. INTERVERTEBRAL DISC EXTRUSION AND SPINAL DECOMPRESSION IN A BINTURONG (ARCTICTIS BINTURONG). *Journal of zoo and wildlife medicine*. 2007. Vol. 38, n° 1, pp. 135-138. DOI 10.1638/2006-0013R1.1.

ST LAURENT, [sans date]. Alimentation et matériel pour animaux sauvages et domestiques. *St Laurent* [en ligne]. [Consulté le 9 septembre 2022 a]. Disponible à l'adresse : <https://www.st-laurent.fr/>

ST LAURENT, [sans date]. Carmix. *St Laurent* [en ligne]. [Consulté le 8 septembre 2022 b]. Disponible à l'adresse : <https://www.st-laurent.fr/fr/supplements/705-supplements.html>

STORY, H. Elizabeth, 1945. The External Genitalia and Perfume Gland in *Arctictis binturong*. *Journal of Mammalogy*. 1945. Vol. 26, n° 1, pp. 64-66. DOI 10.2307/1375032.

STROUD, 2001. The Herring. *FAO* [en ligne]. 2001. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.fao.org/3/x5933e/x5933e01.htm>

TAKEHANA, Kazuya, MORESCO, Anneke, JOHNSON, James G., KASAHARA, Masaaki, KASAHARA, Norio et HAN, Sushan, 2021. Severe Hydroxyapatite Deposition Disease in Binturongs (*Arctictis binturong*). *Veterinary pathology*. 2021. Vol. 58, n° 6, pp. 1147-1151. DOI 10.1177/03009858211020669.

The IUCN Red List of Threatened Species, 2016. *IUCN Red List of Threatened Species* [en ligne]. [Consulté le 16 mars 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.iucnredlist.org/en>

TRADITIONALOVEN.COM, 2021. Convert amounts of Pears, raw natural. [en ligne]. 2021. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.traditionaloven.com/foods/multi-units-converter/pears-raw.html>

VAN VALKENBURGH, Blaire, 1989. Carnivore Dental Adaptations and Diet: A Study of Trophic Diversity within Guilds. In : . pp. 410-436. ISBN 978-1-4612-8204-4.

VANCE, Carrie, TOLLESON, Doug, KINOSHITA, Kodzue, RODRIGUEZ, Jaime et FOLEY, William, 2016. Review: Near infrared spectroscopy in wildlife and biodiversity. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*. 1 février 2016. Vol. 24, pp. 1. DOI 10.1255/jnirs.1199.

VASILETS, Petr, 2000. On Scale Structure and Growth Rate of the Pacific Smelt *Osmerus mordax dentex* (Osmeridae) from the Kamchatka Waters during the First Two Years of Life. *Journal of Ichthyology*. 1 janvier 2000. Vol. 40, pp. 397-401.

VERON, Geraldine, DEBRUILLE, Agathe, KAYSER, Pauline, FERNANDEZ, Desamarie Antonette et BOURGEOIS, Aude, 2020. Genetic diversity and structure of the binturong *Arctictis binturong* (Carnivora: Viverridae) - status of the elusive Palawan binturong and implications for conservation. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 1 janvier 2020. Vol. 188, pp. 302-318. DOI 10.1093/zoolinnean/zlzl100/5588827.

VIOVET, [sans date]. SF-50 (replaces SA37). *VioVet* [en ligne]. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.viovet.co.uk/SF-50-replaces-SA37/c6487/>

WAITE, David W., EASON, Daryl K. et TAYLOR, Michael W., 2014. Influence of Hand Rearing and Bird Age on the Fecal Microbiota of the Critically Endangered Kakapo. *Applied and Environmental Microbiology*. août 2014. Vol. 80, n° 15, pp. 4650-4658. DOI 10.1128/AEM.00975-14.

WATERHOUSE FEEDS, [sans date]. Vitality Primate Nuts RZSS - 20kg bag | Kiezebrink UK. [en ligne]. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : [https://www.kiezebrink.co.uk/index.php?route=product/product&product\\_id=912](https://www.kiezebrink.co.uk/index.php?route=product/product&product_id=912)

WEMMER, C. et MURTAUGH, J., 1981. Copulatory Behavior and Reproduction in the Binturong, *Arctictis binturong*. *Journal of mammalogy*. 1981. Vol. 62, n° 2, pp. 342-352. DOI 10.2307/1380710.

WRITER, Staff, 2015. What Is the Average Weight of an Orange? *Reference.com* [en ligne]. 4 août 2015. [Consulté le 8 septembre 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.reference.com/world-view/average-weight-orange-dc0ec85723e2b74c>

YOULATOS, Dionisios, 2003. Osteological correlates of tail prehensility in carnivorans. *Journal of zoology (1987)*. Accepted 14 August 2002. 2003. Vol. 259, n° 4, pp. 423-430.  
DOI 10.1017/S0952836903003431.

ZAW, Than, HTUN, Saw, THA PO, Saw, LYNAM, Antony, LATT, Kyaw et DUCKWORTH, J.W., 2008. Status and distribution of small carnivores in Myanmar. *Small Carnivore Conservation*. 1 janvier 2008. Vol. 38, pp. 2-28.

## ANNEXES

Annexe 1 :

Aliment	Poids moyen	Source	Aliment	Poids moyen	Source
Hareng	200g	(Stroud 2001)	Poignée de croquettes	50g	Estimation
Eperlan	16g	(Vasilets 2000)	Œuf dur	60g	Z9
Truite	100g	Z18	Œuf cru	60g	Z9
Capelan	42g	(Government of Canada 2016)	Caille	200g	Z9
Rat	326g	(Bird, Ho 1976)	Œuf de caille	9g	(Niklas 2020)
Raton	11g	(Kerr et al. 2014)	Cailleteau	8g	(Kerr et al. 2014)
Souris	26g	(Bird, Ho 1976)	Harenguet	10g	Z18
Pigeon	350g	(Seyedeh, Fereshteh 2021)	Gardon	100g	Z18
Colombe	170g	(McClure 1943)	Patate	200g	(Richard 2021)
Cou de poulet	50g	Z40	Carotte	75g	Z18
Poulet	1934g	(Bird, Ho 1976)	Tomate	90g	Z18
Poulet vidé	1454g	(Park et al. 2021)	Pomme	150g	Z18
Poussin	40g	(Bird, Ho 1976)	Banane	170g	Z18
Gerbille	58g	( <i>Encyclopedia of Life</i> )	Poire	180g	(traditionaloven.com 2021)
Hamster	150g	( <i>Encyclopedia of Life</i> )	Avocat	150g	( <i>Avocados From Mexico</i> 2019)
Cochon d'inde	900g	( <i>Encyclopedia of Life</i> )	Orange	130g	(Writer 2015)
Lapin	1670g	(Kerr et al. 2014)	Poignée de fruits secs	5g	Estimation
Lapereau	41g	(Kerr et al. 2014)	Cuillère à soupe	15g	(AVCalc LLC 2022)
Patte de lapin	170g	(Silva et al. 2008)	Cuillère à café	5g	Estimation
Sauterelle	2g	( <i>Desert locust</i> 2022)	Soupoudrer	5g	Estimation

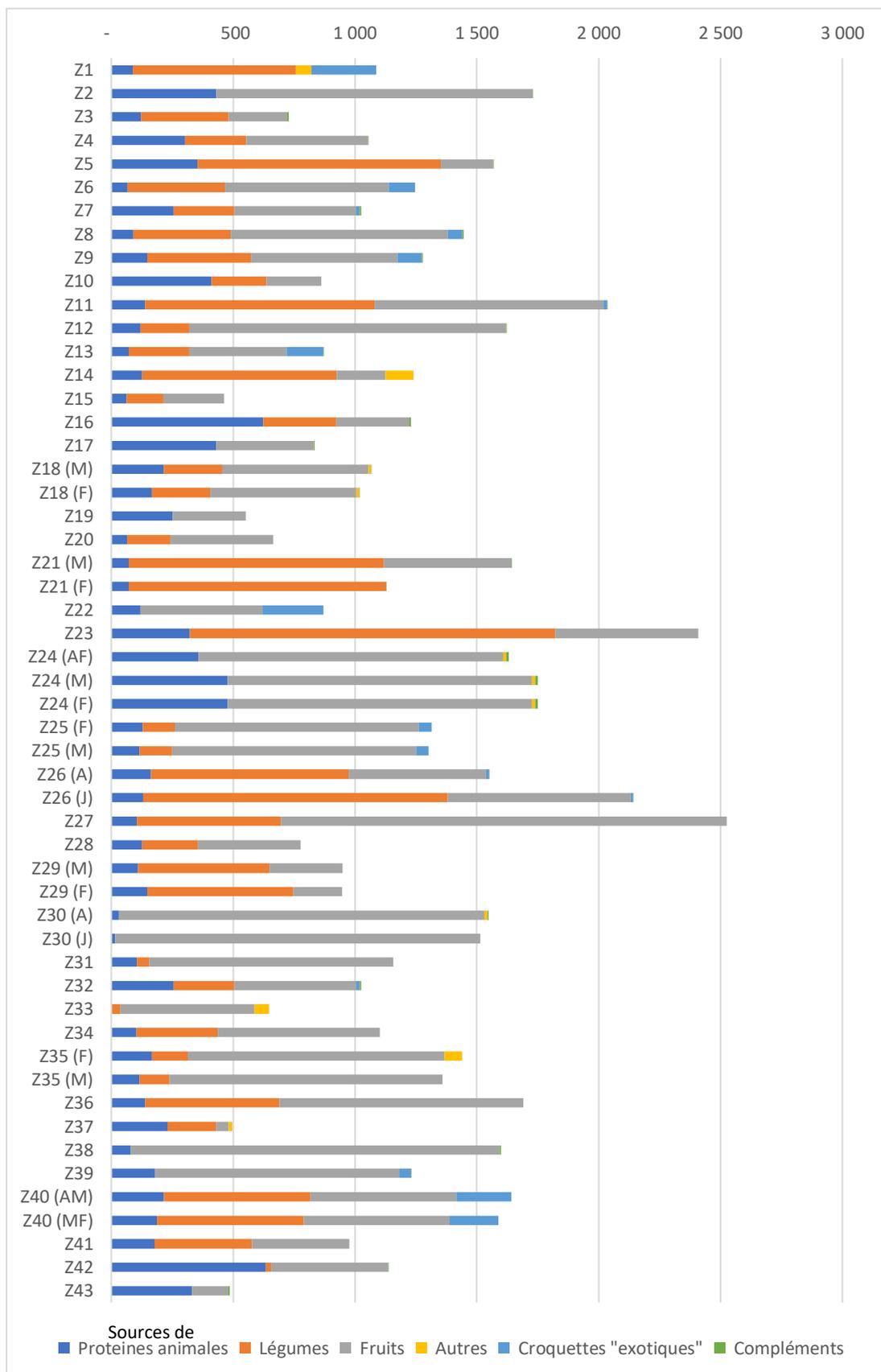
**Tableau faisant figurer le poids moyen d'aliments ainsi que la source bibliographique indiquant ce poids moyen**

Annexe 2 :

Aliment	Source	Aliment	Source
Rat, souris, poulet, poussin, caille	(Bird, Ho 1976)	Croquettes “exotiques”: Triomunch, exotic leaf eater, omnivore	(Mazuri Zoo Foods)
Hills adult light	(Hill’s Pet Nutrition Manufacturing 2018)	Croquettes “exotiques”: St Laurent	(St Laurent)
Croquettes pour chien (low protein et dog biscuit/pellets)	(Royal Cain SAS 2022)	Croquettes “exotiques”: Kasper	(Kasper Faunafood)
Croquettes pour furet	(Chudleys 2022)	Croquettes “exotiques”: vitality primate	(Waterhouse feeds)
Sauterelle	(Mohamed 2015)	Croquettes “exotiques”: primate omnivore	(Speciality feeds)
Lentilles	(Soupersage)	Complément : Carmix	(St Laurent)
Fruits rouges	(ANSES 2013)	Complément : SF50	(Viovet)
Autres	(ANSES 2020)		

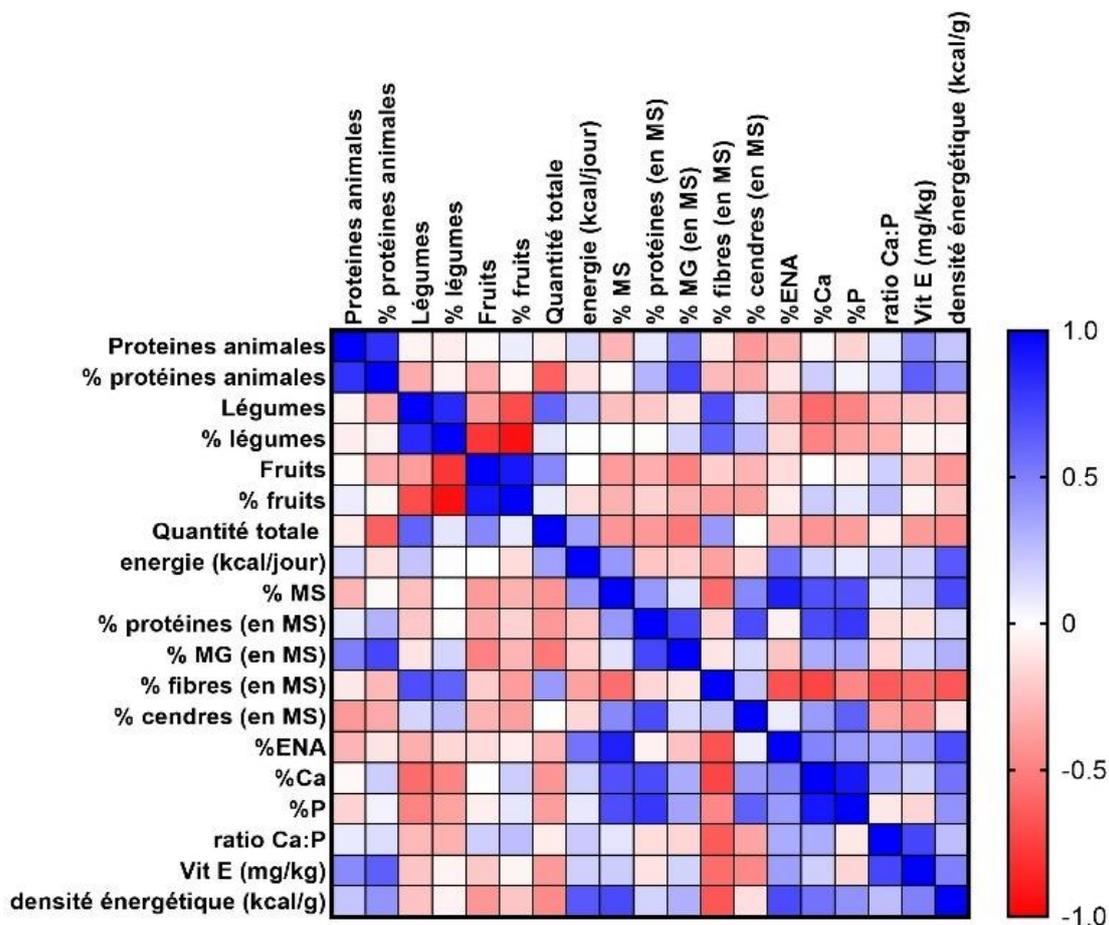
**Tableau faisant figurer la source bibliographique indiquant la composition chimique d’aliments ayant servi pour le calcul de composition chimique des rations**

Annexe 3 :



**Graphique montrant la composition en quantité de matières premières de chaque ration**

Annexe 4 :



**Matrice de corrélation montrant les corrélations en coefficient de Pearson pour toutes les variables (excepté pour l'ENA)**

NB : Les coefficients de Pearson entre le pourcentage d'ENA (en MS) et les autres variables, ainsi que les p-value de ces coefficients ont été calculés à posteriori. Le pourcentage d'ENA (en MS) n'est pas corrélé significativement à des matières premières.

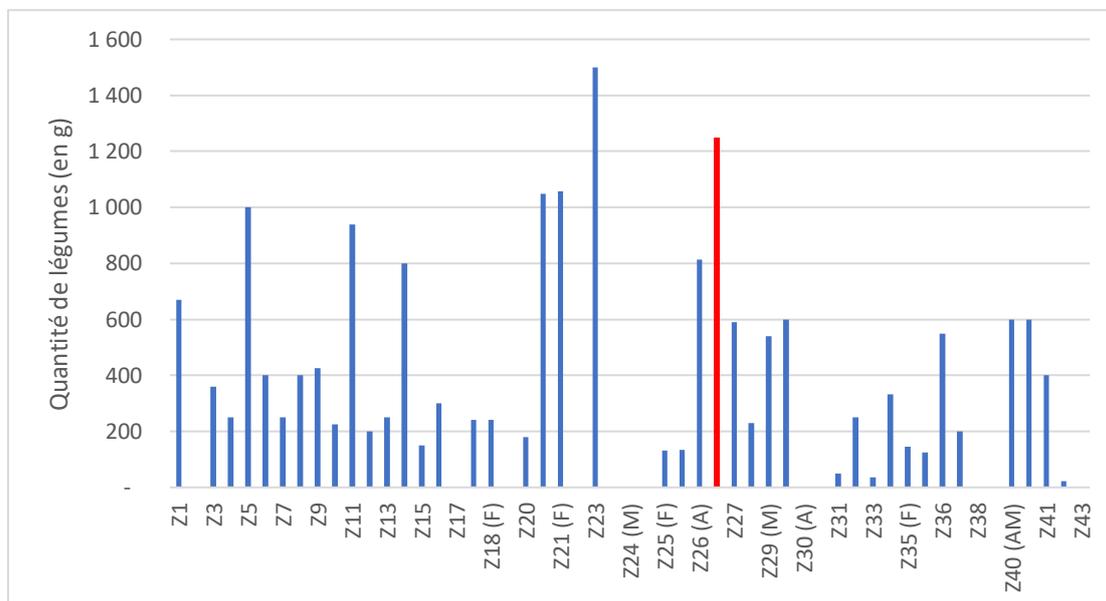
Variables	Proteines animales	% protéines animales	Légumes	% légumes	Fruits	% fruits	Quantité total d'aliments	energie (kcal/jour)	densité énergétique (kcal/g)	%MS
Proteines animales		0,001	0,883	0,807	0,942	0,824	0,803	0,629	0,463	0,332
% protéines animales	0,001		0,277	0,854	0,272	0,901	0,022	0,688	0,156	0,940
Légumes	0,883	0,277		0,000	0,189	0,007	0,027	0,442	0,438	0,408
% légumes	0,807	0,854	0,000		0,001	0,000	0,741	0,982	0,870	0,995
Fruits	0,942	0,272	0,189	0,001		0,000	0,106	0,996	0,164	0,185
% fruits	0,824	0,901	0,007	0,000	0,000		0,798	0,646	0,457	0,315
Quantité total d'aliments	0,803	0,022	0,027	0,741	0,106	0,798		0,219	0,118	0,155
energie (kcal/jour)	0,629	0,688	0,442	0,982	0,996	0,646	0,219		0,016	0,171
densité énergétique (kcal/g)	0,463	0,156	0,438	0,870	0,164	0,457	0,118	0,016		0,007
%MS	0,332	0,940	0,408	0,995	0,185	0,315	0,155	0,171	0,007	
% PB (en MS)	0,776	0,328	0,476	0,968	0,286	0,556	0,169	0,450	0,580	0,175
% MG (en MS)	0,080	0,005	0,725	0,590	0,084	0,333	0,065	0,519	0,309	0,712
% fibres (en MS)	0,762	0,363	0,009	0,025	0,517	0,188	0,180	0,215	0,014	0,044
% ENA (en MS)	0,770	0,455	0,707	0,307	0,112	0,175	0,399	0,217	0,608	0,617
% cendres (en MS)	0,168	0,262	0,600	0,396	0,331	0,207	0,993	0,603	0,674	0,113
%Ca	0,925	0,526	0,038	0,097	0,994	0,515	0,155	0,547	0,053	0,011
%P	0,566	0,881	0,094	0,221	0,838	0,754	0,197	0,772	0,146	0,009
ratio Ca:P	0,791	0,667	0,362	0,303	0,539	0,397	0,800	0,503	0,408	0,742
Vit E (mg/kg)	0,117	0,023	0,450	0,875	0,485	0,881	0,178	0,555	0,087	0,514

Variables	% PB (en MS)	% MG (en MS)	% fibres (en MS)	% ENA (en MS)	% cendres (en MS)	%Ca	%P	ratio Ca:P	Vit E (mg/kg)
Proteines animales	0,776	0,080	0,762	0,770	0,168	0,925	0,566	0,791	0,117
% protéines animales	0,328	0,005	0,363	0,455	0,262	0,526	0,881	0,667	0,023
Légumes	0,476	0,725	0,009	0,707	0,600	0,038	0,094	0,362	0,450
% légumes	0,968	0,590	0,025	0,307	0,396	0,097	0,221	0,303	0,875
Fruits	0,286	0,084	0,517	0,112	0,331	0,994	0,838	0,539	0,485
% fruits	0,556	0,333	0,188	0,175	0,207	0,515	0,754	0,397	0,881
Quantité total d'aliments	0,169	0,065	0,180	0,399	0,993	0,155	0,197	0,800	0,178
energie (kcal/jour)	0,450	0,519	0,215	0,217	0,603	0,547	0,772	0,503	0,555
densité énergétique (kcal/g)	0,580	0,309	0,014	0,608	0,674	0,053	0,146	0,408	0,087
%MS	0,175	0,712	0,044	0,617	0,113	0,011	0,009	0,742	0,514
% PB (en MS)		0,005	0,589	0,000	0,008	0,008	0,002	0,656	0,719
% MG (en MS)	0,005		0,744	0,005	0,609	0,273	0,237	0,583	0,582
% fibres (en MS)	0,589	0,744		0,360	0,465	0,005	0,104	0,017	0,041
% ENA (en MS)	0,000	0,005	0,360		0,004	0,262	0,065	0,138	0,289
%cendres (en MS)	0,008	0,609	0,465	0,004		0,181	0,025	0,230	0,106
%Ca	0,008	0,273	0,005	0,262	0,181		0,000	0,290	0,531
%P	0,002	0,237	0,104	0,065	0,025	0,000		0,768	0,588
ratio Ca:P	0,656	0,583	0,017	0,138	0,230	0,290	0,768		0,005
Vit E (mg/kg)	0,719	0,582	0,041	0,289	0,106	0,531	0,588	0,005	

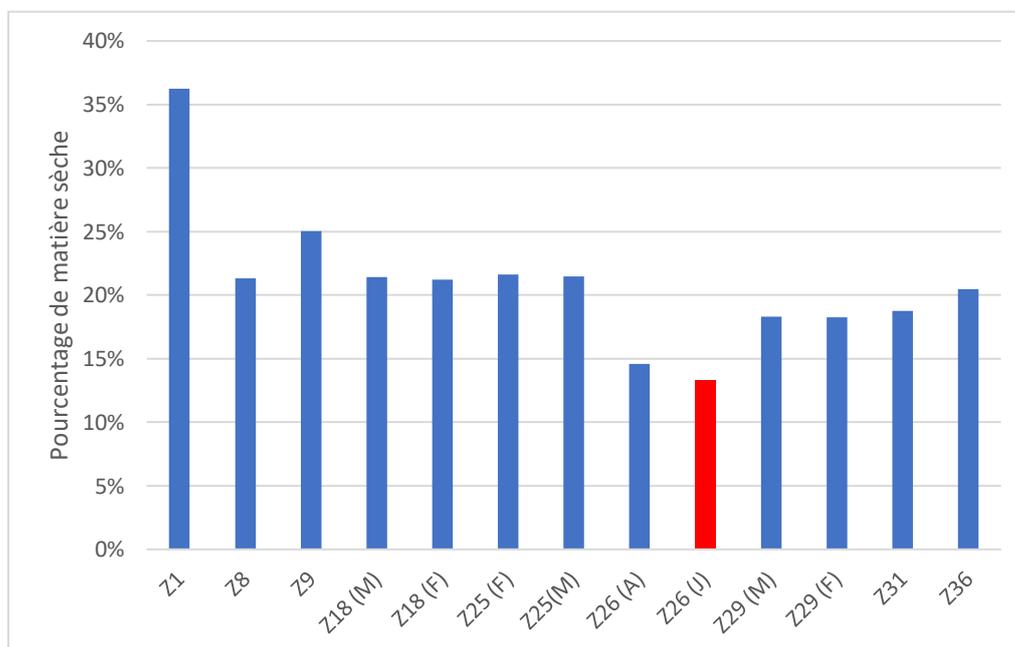
**Tableau montrant les p-value des coefficients de Pearson pour chaque corrélation**

Annexe 5 :

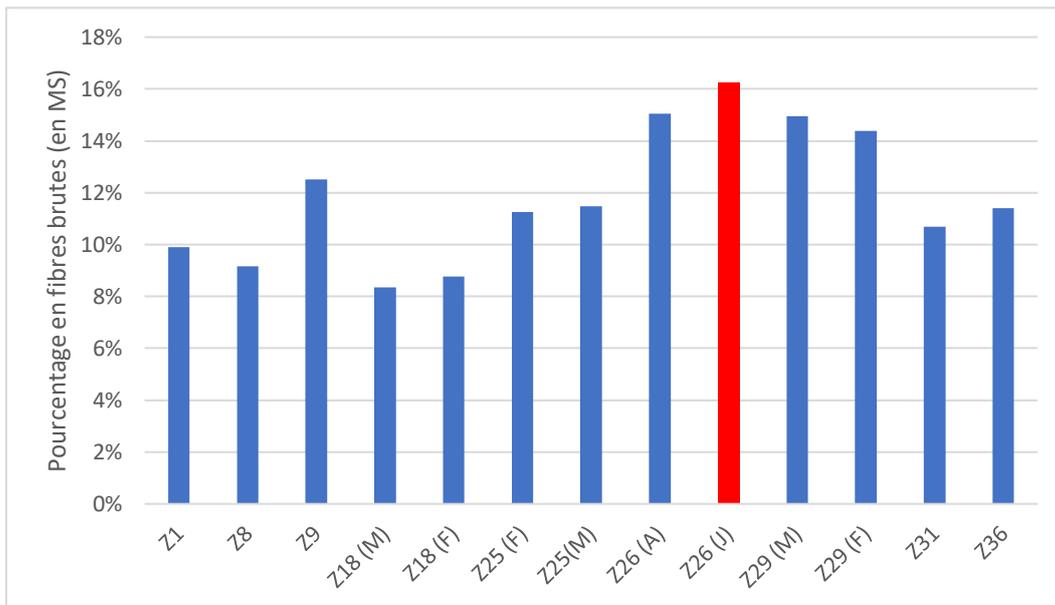
Graphiques mettant en évidence le fait que le zoo Z26 (figurant en rouge) se distingue des autres zoos pour différentes variables :



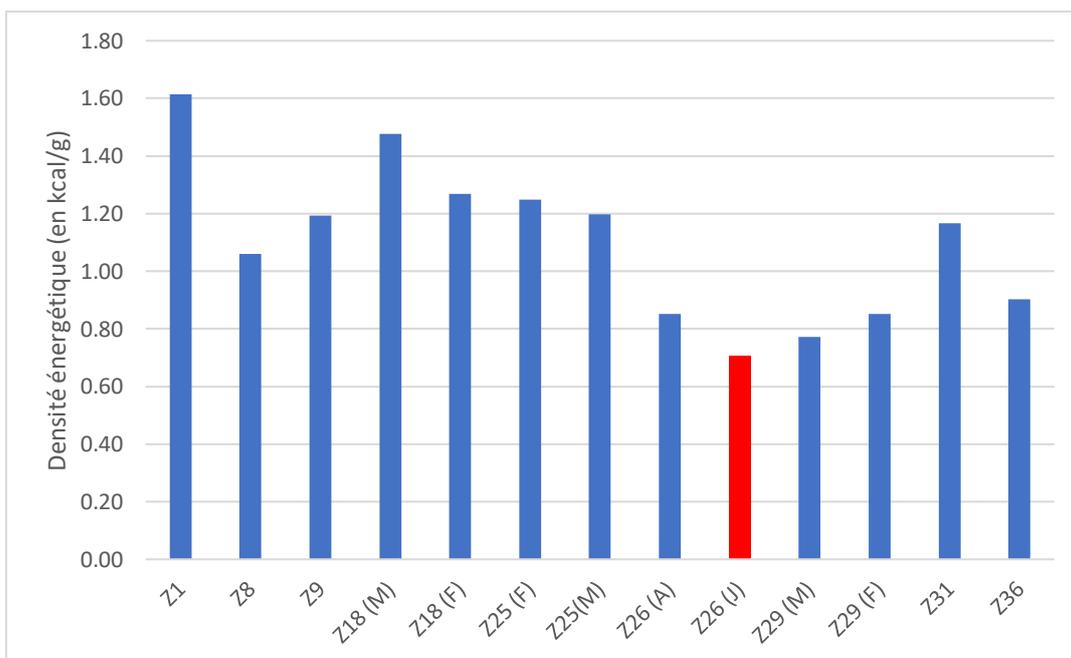
**Graphique montrant la quantité totale de légumes selon les rations**



**Graphique montrant le pourcentage de matière sèche selon les rations de précision A**



**Graphique montrant le pourcentage de fibres (en MS) selon les rations de précision A**

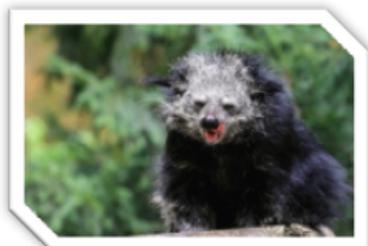


**Graphique montrant la densité énergétique selon les rations de précision A**

Annexe 6 :



**MÉNAGERIE  
ZOO DU JARDIN  
DES PLANTES**



**FICHE ALIMENTAIRE**

**Binturongs**

**Par adulte et par jour :**

	Par individu
Lundi	2 poussins 2,2 kg de fruits mûrs
Mardi	2,2 kg de fruits mûrs
Mercredi	2 souris 2,2 kg de fruits mûrs
Jeudi	2,2 kg de fruits mûrs
Vendredi	2,2 kg de fruits mûrs
Samedi	2 poussins 2,2 kg de fruits mûrs
Dimanche	2,2 kg de fruits mûrs

**Fruits : évaluer la pesée sans la peau. Limiter banane à 2/individus/jour. (attention pastèques et melon peu nutritifs, limiter la quantité par repas)**

**Compléments alimentaires :**

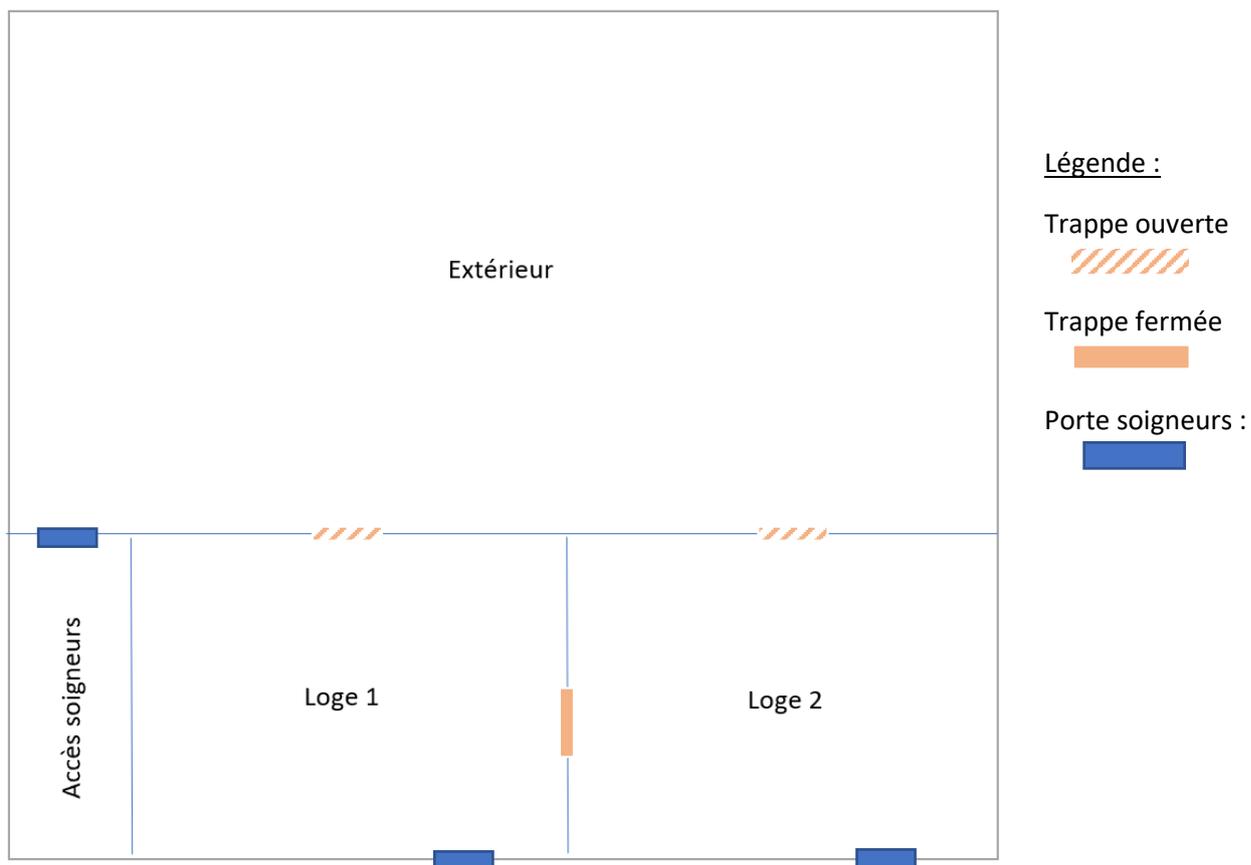
- Pour une Femelle en lactation, en plus, 2 poussins ou 2 cous de poulet par jour
- 15mL d'huile végétale (type Isio 4)
- CARMIX : 10g/jour sur les proies

*Version précédente : 25/02/2021*

*Œufs enlevés. Précisions pour la quantité et qualité de fruits.*

AB - 30/05/2021

Annexe 7 :



**Schéma montrant la disposition des loges et de l'extérieur du groupe de binturong de la Ménagerie du Jardin des Plantes**

# **La nutrition du binturong en captivité : étude analytique de l'alimentation des binturongs (*Arctictis binturong*) en captivité**

**Nom et prénom :** Quénet Enora

## **Résumé :**

Cette thèse porte sur une étude de l'alimentation des binturongs en parc zoologique. Celle-ci se compose de trois grandes parties : une revue bibliographique des connaissances acquises sur cette espèce ; un état des lieux et une analyse des rations alimentaires de différents parcs zoologiques appartenant au programme d'élevage européen ; et deux expériences *ex-situ* réalisées à la Ménagerie du Jardin des Plantes à Paris. L'analyse des rations alimentaires a notamment permis la réalisation d'une analyse de ration alimentaire détaillée pour un parc zoologique rencontrant un problème de coprophagie et la création de recommandations. Les deux expériences *ex-situ* ont permis de montrer la réalité pratique du rationnement alimentaire et d'étudier le comportement alimentaire d'un groupe de quatre binturongs (un couple d'adultes et deux petits).

**Mots clefs :** binturong ; parc zoologique ; captivité ; alimentation

# **The Nutrition of The binturong in Captivity: analytic study of the nutrition of binturongs (*Arctictis binturong*) in captivity**

**Name and forename:** Quénet Enora

## **Abstract:**

This thesis deals with a study of the nutrition of captive binturongs in zoos. It is divided in three main parts: a bibliographical review of the knowledge acquired on this species; an inventory and analysis of the food rations of various zoological parks from the European breeding program; and two *ex-situ* experiments carried out at the Menagerie du Jardin des Plantes (Paris). The analysis of food rations permitted the realization of a detailed analysis of food ration for a zoo encountering an issue of coprophagia and the development of recommendations. The two *ex-situ* experiments highlighted the practical reality of food rationing and the feeding behavior of a group of four binturongs (a couple of adults and two young ones).

**Key words:** binturong; zoo; captivity; nutrition