
ÉTUDE DE L'ALIMENTATION DE TROIS ESPÈCES DE CERCOPITHÈQUES DU ZOO DU REYNOU : LES MACAQUES À FACE ROUGE (*MACACA ARCTOIDES*), LES PATAS (*ERYTHROCEBUS PATAS*) ET LES SINGES VERTS (*CERCOPITHECUS AETHIOPS*)

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

DIPLOME D'ÉTAT

*présentée et soutenue publiquement en 2007
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

Angélique, Claire MALÉ

Née le 29 Juin 1981 à Fontainebleau (Seine-et-Marne)

Directeur de thèse : Madame le Docteur Annabelle TROEGELER

JURY

PRESIDENT :

M. Jean-Paul SEGUELA

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEUR :

Mme Annabelle TROEGELER

M. Jacques DUCOS de LAHITTE

Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE
ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Directeur	: M.	A. MILON
Directeurs honoraires	M.	G. VAN HAVERBEKE
	M.	J. FERNEY
	M.	P. DESNOYERS
Professeurs honoraires	M.	L. FALIU
	M.	C. LABIE
	M.	C. PAVAU
	M.	F. LESCURE
	M.	A. RICO
	M.	D. GRIESS
	M.	A. CAZIEUX
	Mme	V. BURGAT
	M.	J. CHANTAL
	M.	J.-F. GUELF
	M.	M. ECKHOUTTE

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BRAUN Jean-Pierre**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
M. **CABANIE Paul**, *Histologie, Anatomie pathologique*
M. **DARRE Roland**, *Productions animales*
M. **DORCHIES Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
M. **EUZEBY Jean**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
M. **TOUTAIN Pierre-Louis**, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 1^{ère} CLASSE

- M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
M. **BODIN ROZAT DE MANDRES NEGRE Guy**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les industries agro-alimentaires*
M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
M. **HENROTEAUX Marc**, *Médecine des carnivores*
M. **MARTINEAU Guy-Pierre**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*
M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*

PROFESSEURS 2^e CLASSE

- Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*
M. **DUCOS de LAHITTE Jacques**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la Reproduction*
Mme **KOLF-CLAUW Martine**, *Pharmacie - Toxicologie*
M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*
M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*
Mlle. **TRUMEL Catherine**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores domestiques*

INGENIEUR DE RECHERCHES

- M. **TAMZALI Youssef**, *Responsable Clinique équine*

PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*
M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

MAÎTRE DE CONFERENCES HORS CLASSE

- M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*

MAÎTRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE

- M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*
M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
Mme **BENNIS-BRET, Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*
M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*
Mme **BOUCLAINVILLE –CAMUS, Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*
Mme **BOUCRAUT-BARALON Corine**, *Pathologie infectieuse*
Mlle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*
Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*
M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*
M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*
Mme **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie du bétail*
Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
M. **GUERIN Jean-Luc**, *Elevage et Santé Avicoles et Cunicoles*
M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
Mlle **LACROUX Caroline**, *Anatomie Pathologie, Histologie*
Mme **LETRON –RAYMOND, Isabelle**, *Anatomie pathologique*
M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*
Mme **MEYNAUD-COLLARD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*
M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminant*
M. **MONNEREAU Laurent**, *Anatomie, Embryologie*
Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*
M. **SANS Pierre**, *Productions animales*
Mme **TROEGELER –MEYNADIER, Annabelle**, *Alimentation*
M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*

MAÎTRES DE CONFERENCES CONTRACTUELS

- M. **CASSARD Hervé**, *Pathologie du bétail*
M. **NOUVEL Laurent-Xavier**, *Pathologie de la reproduction*
M. **PADHILA MATHIAS Goncalo**, *Maladies contagieuses*
M. **REYNOLDS Brice**, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*
M. **VOLMER Romain**, *Infectiologie*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mlle **BIBBAL Delphine**, *H.I.D.A.O.A Sciences de l'Alimentation*
M. **CONCHOU Fabrice**, *Imagerie médicale*
M. **CORBIERE Fabien**, *Pathologie des ruminants*
M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*
Mlle **PALIERNE Sophie**, *Chirurgie des animaux de compagnie*
M. **RABOISSON Didier**, *Productions animales*

A notre Président de Thèse

Monsieur le Professeur Jean-Paul SEGUELA

Professeur des Universités
Praticien hospitalier
Parasitologie-Mycologie

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

A notre Jury de Thèse

Madame le Docteur Annabelle TROEGELER

Maître de Conférences de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Alimentation

Qui a généreusement été à notre écoute
Qui nous a guidés dans l'élaboration de ce travail
Sincères remerciements

Monsieur le Professeur Jacques DUCOS de LAHITTE

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Parasitologie et maladies parasitaires

Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury de thèse
Qu'il trouve ici la marque de toute notre considération

Je remercie, les membres de l'équipe du zoo du Reynou, de leur accueil. Bon courage pour la suite.

Merci au Dr Olivier Bongard qui est l'initiateur de cette thèse.

A mon grand-père, qui adorait les animaux sauvages, j'aurais aimé que tu vois ce travail.

A ma maminette, la plus douce des grand-mères, un modèle de sagesse.

A mes parents, au doux nid d'amour que vous avez su construire, dans lequel j'ai grandi et où j'aime venir me ressourcer. Merci de votre soutien fidèle à toutes épreuves. Vous, qui avez partagé pleinement chaque étape de mes études avec moi, c'est avec tout mon amour que je vous dédie ce travail.

A ma sœur, merci de ce regard bienveillant que tu me portes depuis toujours, il m'a encore beaucoup aidé dans l'élaboration de cette thèse. Je suis très fière d'être ta petite sœur.

A Axel, merci de la compréhension dont tu as fait preuve à mon égard quand j'en avais besoin...J'ajouterais juste « vas-y Bouli t'es le plus meilleur !! » (Avec l'accent !!).

A Raphaël, mon bout'chou, tes rires et tes « Tata Lilique » sont de vrais boosters pour moi.

A Nénée et à Serge merci de votre soutien et de votre amour qui m'aident tant.

A Monsieur Georges Hirtz, Officier de la Légion d'Honneur, « Grand-Beau-Papa d'Aix » de Raphaël, qui m'a fait l'honneur de porter son regard d'homme de lettres sur cette modeste littérature.

A mes trois piliers qui me soutiennent quoiqu'il arrive, mes trois racines qui me font à aller de l'avant, mes trois anges gardiens qui m'aident à combattre mes démons !

A Florent, à notre pelote de laine incommensurable !

A Anne-Flore, 25 ans d'amitié : à nos noces d'argent !

A Claire : nous serons pour toujours ensemble « le poing levé » pour faire « notre révolution », où que tu sois dans le monde ma belle tu es dans mon cœur.

A Cécile et Tom, quel bonheur de vous avoir sur Toulouse. Merci Cécile pour ces déjeuners, ces « tea time » et autres pauses entre filles qui m'ont permis de souffler entre deux chapitres !

A mon groupe de TP, ma famille de véto qui m'a supporté :

A Coucou et à ton fichu caractère qui me manque déjà

A Simon, merci de ta gentillesse, ta simplicité et de nos Rock'n roll !

A Jeff, euh pardon Professeur Jeff !! L'ami subtil et humble que tu es m'a beaucoup appris pendant ces cinq années. Merci.

A Vince, à Orion qui nous lie pour toujours, à notre Mrs Jones, à mes questions incessantes auxquelles tu as toujours su répondre, à cette frimousse qui me fait tant sourire et que tu feras sûrement en lisant ces lignes !! A notre «Tyranos » et à ton paradis dans lequel je viendrai toujours.

A Fanny, merci de ta douceur dans ce monde de brutes ! Merci d'être là ma belle pierre précieuse. Je pense à tous ces moments partagés et aux multiples à venir.

A Mickey, merci de ta générosité et tout le bonheur que tu offres aux autres.

A Pierrou, pour ton énergie et surtout, surtout ta patience... !

A Psy, à nos sacrés caractères et à nos ballades en moto...

A Jarek, que dire que tu ne saches déjà ! Je dirai simplement que j'aime les marmottes, la glace au caramel, titanium, les demi finales de coupe du monde, le pain perdu du bon vivre, les peignoirs, ...toutes ces choses qui se résument en : à nos trente ans !

A Vincent, qui a subi le stress suscité par ce travail. Merci d'être encore là !!
Toi, qui « me fait tourner la tête », que « nos rires aux éclats » durent toujours.

Enfin, aux ronrons de *Bubble et Véga* qui ont bercé la rédaction de cette thèse.

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE..... 18

CHAPITRE 1 : PRESENTATION GENERALE 19

I. PHYLOGENIE ET CLASSIFICATION	19
A. Ordre des Primates	19
B. Classification générale des Primates	21
C. Place des espèces étudiées dans cette classification	22
1. La famille des Cercopithécidés	22
2. La sous-famille des Cercopithécinés	22
II. CARACTERISTIQUES DES ESPECES ETUDIEES	23
A. Macaques à face rouge, <i>Macaca arctoides</i>	23
1. Diagnose	23
2. Répartition géographique.....	24
3. Habitat.....	24
4. Organisation sociale.....	24
5. Alimentation.....	25
6. Reproduction.....	26
B. Patas, <i>Erythrocebus patas</i>	26
1. Diagnose	26
2. Répartition géographique.....	27
3. Habitat.....	27
4. Structure sociale	28
5. Alimentation.....	28
6. Reproduction.....	29
C. Singes verts, <i>Cercopithecus aethiops</i>	29
1. Diagnose	29
2. Répartition géographique.....	30
3. Habitat.....	30
4. Structure sociale	30
5. Alimentation.....	31
6. Reproduction.....	31
III. ESPECES MENACEES - ESPECES PROTEGEES	32
A. Les menaces	32
B. Protection au niveau international	32
1. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN)	32
2. The Convention on International Trade in Endangered Species (CITES).....	34
3. World Association of Zoo and Aquarium (WAZA).....	35
C. Protection au niveau européen	36
1. European Association of Zoo and Aquaria (EAZA)	36
2. Studbook Européen et programmes d'élevage.....	36
D. Rôle des parcs zoologiques	37
1. Conservation de la nature	37
2. Le rôle pédagogique	38
3. La recherche	38

CHAPITRE 2 : L'ALIMENTATION DANS LE MAINTIEN DES ANIMAUX EN CAPTIVITE : IMPORTANCE ET DIFFICULTES..... 40

I. PROBLEMES LIES A L'ALIMENTATION DANS LES GROUPES DE PRIMATES EN CAPTIVITE	40
A. Modification du comportement alimentaire.....	40
B. Troubles du comportement alimentaire.....	41

II. LA NUTRITION DES PRIMATES EN CAPTIVITE : UN DOMAINE EN EXPANSION	41
A. Groupes de recherche européens.....	42
B. Logiciels informatiques et publications à la disposition des parcs zoologiques.....	43
III. L'ALIMENTATION : UN MOYEN D'ENRICHIR LE MILIEU	43
A. Principe de l'enrichissement d'un milieu	43
B. Alimentation en milieu naturel versus en captivité	44
C. Exemples d'enrichissement du milieu par l'alimentation.....	45
 CHAPITRE 3 : PRE-REQUIS A L'ETABLISSEMENT D'UNE RATION ALIMENTAIRE	 47
I. PARTICULARITES PHYSIOLOGIQUES ET COMPORTEMENTALES DES ESPECES PRIMATES OMNIVORES.....	47
A. Physiologie digestive	47
B. Comportement alimentaire en milieu naturel.....	47
1. Des omnivores à dominance frugivore	47
2. La prise de nourriture	48
3. Le « budget-temps »	49
4. La géophagie	49
C. Régulation de l'ingestion	50
1. Mécanismes de la régulation	50
2. Facteurs influençant les animaux dans le choix des aliments	50
a. Facteurs métaboliques	51
b. Facteurs organoleptiques	51
c. Facteurs physiques.....	53
II. BESOINS NUTRITIONNELS	53
A. Définition.....	53
B. Recommandations générales.....	55
1. Eau	55
2. Energie.....	55
3. Protéines	57
4. Glucides	59
a. Les glucides hydrolysables.....	59
b. Les fibres	59
5. Lipides.....	60
6. Minéraux.....	61
a. Les macroéléments	61
b. Les oligoéléments.....	63
7. Vitamines.....	65
a. Les vitamines liposolubles	65
b. Les vitamines hydrosolubles.....	68
C. Cas particuliers.....	70
1. La femelle gestante ou allaitante	70
2. Jeunes en croissance	71
III. Pratique du rationnement.....	71
A. Les aliments	71
B. Leur distribution	72
1. Présentation des aliments et de la boisson	72
2. Enrichissement du milieu	73
IV. PATHOLOGIES LIEES A L'ALIMENTATION.....	73
A. Les maladies nutritionnelles	73
1. Energie	74
2. Protéines	75
3. Lipides	75

4.	Glucides	75
a.	Les glucides hydrolysables	75
b.	Fibres	76
5.	Minéraux.....	76
a.	Les macroéléments	76
b.	Les oligoéléments.....	78
6.	Vitamines.....	80
a.	Les vitamines liposolubles	80
b.	Les vitamines hydrosolubles.....	82
B.	Des substances à éviter	82
1.	Les tannins et les alcaloïdes	82
2.	Les toxiques	83

SECONDE PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE 84

CHAPITRE 1 : ETUDE DES RATIONS DISTRIBUEES..... 85

I.	MATERIELS : les animaux, leur cadre de vie et les aliments disponibles.....	85
A.	Cadre expérimental : le parc zoologique du Reynou	85
B.	Origines et caractéristiques des trois hardes étudiées	85
1.	Les macaques à face rouge (<i>Macaca arctoides</i>).....	85
2.	Les patas (<i>Erythrocebus patas</i>).....	86
3.	Les singes verts (<i>Cercopithecus aethiops</i>).....	86
C.	Conditions de vie : les îles et les enclos.....	87
1.	Les macaques et les patas : leur île et leur bâtiment	87
2.	La volière des vervets	88
D.	Les aliments disponibles au zoo	89
1.	Fruits et légumes.....	89
2.	Croquettes.....	90
3.	Graines et grains.....	90
II.	METHODES.....	90
A.	Observation du travail des soigneurs	90
B.	Etablissement de la composition de la ration	91
C.	Observation des animaux : ingestion des rations	92
III.	RESULTATS	93
A.	Préparation de la ration	93
B.	Rations types distribuées à chaque espèce.....	95
C.	Composition chimique des rations	95
D.	Distribution.....	96
E.	Repas des singes	97
IV.	ANALYSE : COMPARAISON AUX BESOINS DES ANIMAUX	98
A.	Bilan énergétique.....	99
B.	Bilan des apports en protéines, en lipides et en fibres.....	101
C.	Bilan minéral	102
D.	Bilan vitaminique	104

CHAPITRE 2 : ELABORATION DE NOUVELLES RATIONS106

I.	CHOIX DES MATIERES PREMIERES	106
A.	Fruits et légumes	106
B.	Croquettes pour chatons	106
C.	Fruits secs et graines	107
D.	Sources de minéraux.....	107

II.	CALCULS DE RATIONS EQUILIBREES	108
A.	Proposition d'une ration pour les macaques à face rouge	109
B.	Proposition d'une ration pour les patas	111
C.	Proposition de ration pour les singes verts	112
III.	AMELIORATION DE LA DISTRIBUTION	116
A.	Rôle clé des soigneurs	116
B.	Organisation du travail.....	117
C.	Evaluation du travail	118
IV.	LIMITES DE LA REALISATION D'UN PLAN DE RATIONNEMENT	118
A.	Calculs empiriques des besoins nutritionnels des animaux.....	119
B.	Difficultés à mettre en pratique la théorie.....	120
	ANNEXES	131

TABLE DES ILLUSTRATIONS

FIGURES

Figure 1 : arbre phylogénétique des Primates.....	21
Figure 2 : trois macaques à face rouge du zoo du Reynou.....	24
Figure 3 : répartition géographique de <i>Macaca arctoides</i>	24
Figure 4 : jeune patas du zoo du Reynou.....	27
Figure 5 : répartition géographique de <i>Erythrocebus patas</i>	27
Figure 6 : jeune vervet du zoo du Reynou.....	29
Figure 7 : répartition géographique de <i>Cercopithecus aethiops</i>	30
Figure 8 : île des macaques à face rouge.....	87
Figure 9 : le bâtiment et la volière des patas.....	88
Figure 10 : la volière des vervets.....	89

TABLEAUX

Tableau 1 : coefficients de conversion d'après Atwater.....	56
Tableau 2 : apports recommandés pour le macaque et intervalles valables pour les Primates de l'ancien monde (en % de matière sèche).....	58
Tableau 3 : recommandations particulières selon le statut physiologique pour les Primates non humains.....	71
Tableau 4 : âges et origines des macaques à face rouge.....	85
Tableau 5 : âges et origines des patas.....	86
Tableau 6 : âges et origines des vervets.....	86
Tableau 7 : fruits et légumes régulièrement disponibles au zoo du Reynou.....	90
Tableau 8 : composition chimique et % comestible (pour 100g de Matière Brute) de la pulpe de banane et du brocolis.....	91
Tableau 9 : calcul de la teneur en protéines de la ration des vervets.....	92
Tableau 10 : composition semi quantitative et semi qualitative des rations.....	94
Tableau 11 : rations types distribuées.....	95
Tableau 12 : valeur énergétique et composition chimique de la ration type de chaque harde.....	96
Tableau 13 : distribution des rations.....	96
Tableau 14 : poids moyen des vervets.....	99
Tableau 15 : stade physiologique des vervets.....	99
Tableau 16 : composition et besoin énergétique des trois hardes.....	100
Tableau 17 : comparaison des apports énergétiques des rations types avec les besoins des trois hardes.....	101
Tableau 18 : comparaison des apports en acides gras essentiels des rations types aux besoins des trois espèces.....	102
Tableau 19 : comparaison des apports en minéraux des rations types aux besoins des trois espèces.....	103
Tableau 20 : comparaison des apports vitaminiques des rations types aux besoins des trois espèces.....	105
Tableau 21 : exemple de ration type corrigée pour les macaques à face rouge.....	109
Tableau 22 : comparaisons des apports nutritionnels réalisés par l'ancienne et la nouvelle ration données aux macaques à face rouge.....	109
Tableau 23 : comparaisons des apports en minéraux réalisés par la ration type, la ration type corrigée, la ration type corrigée salée et la ration type corrigée, salée et complétée, pour les macaques à face rouge.....	110

Tableau 24 : comparaisons des apports vitaminiques réalisés par la ration type, la ration type corrigée, la ration type corrigée salée et la ration type corrigée, salée et complémentée, pour les macaques à face rouge.....	110
Tableau 25 : exemple de ration type corrigée pour les patas.....	111
Tableau 26 : comparaisons des apports nutritionnels réalisés par l'ancienne et la nouvelle ration données au patas.....	112
Tableau 27 : comparaisons des apports en minéraux réalisés par la ration type, la ration type corrigée, la ration type corrigée salée et la ration type corrigée, salée et complémentée, pour les patas	113
Tableau 28 : comparaisons des apports vitaminiques réalisés par la ration type, la ration type corrigée, la ration type corrigée salée et la ration type corrigée, salée et complémentée, pour les patas.....	113
Tableau 29 : exemple de ration type corrigée pour les vervets.....	114
Tableau 30 : comparaisons des apports nutritionnels réalisés par l'ancienne et la nouvelle ration distribuées aux vervets.....	114
Tableau 31 : comparaisons des apports en minéraux réalisés par la ration type, la ration type corrigée, la ration type corrigée salée et la ration type corrigée, salée et complémentée, pour les vervets.....	115
Tableau 32 : comparaisons des différents apports vitaminiques réalisés par la ration type, la ration type corrigée, la ration type corrigée salée et la ration type corrigée, salée et complémentée, pour les vervets.	115

Depuis une soixantaine d'années, les connaissances en matière de rationnement des animaux de zoo ont beaucoup progressé. Cependant, le grand nombre d'espèces présentes en captivité et le manque de données et d'études sur leur physiologie digestive et leurs besoins nutritionnels ne permettent pas de maîtriser ce sujet. On s'appuie souvent sur des études poussées, réalisées sur les animaux domestiques, mais l'extrapolation n'est pas toujours possible. Par ailleurs, les objectifs d'élevage sont spécifiques aux animaux de zoo : un bon aspect général (état pondéral, pelage, stature), une longévité maximale, un comportement normal ainsi qu'une reproduction optimale. Ce sont d'ailleurs les seuls critères permettant de juger du bon entretien et du bien-être des animaux. Ce bien-être, qu'il soit physique ou psychologique, est indissociable d'une alimentation adéquate. De l'élaboration de rations répondant aux besoins des animaux à la distribution adaptée des aliments, tout doit être réfléchi en fonction de la physiologie et de la biologie de l'animal. L'objectif est de se rapprocher le plus possible de l'environnement naturel des différentes espèces tout en tenant compte de l'aspect économique puisqu'un zoo doit être rentable pour survivre.

De nombreuses espèces de Primates sont représentées dans les parcs zoologiques. Ces derniers essaient de recréer au mieux leur environnement naturel et donc de donner une ration correspondant à leurs besoins et à leurs habitudes alimentaires, mais cela reste très empirique. En effet, seulement quelques espèces ont été étudiées et il est donc difficile de trouver des données sur les besoins physiologiques propres à chacune.

Ce travail fait suite à une demande du zoo du Reynou qui souhaite améliorer et élaborer, de manière plus rigoureuse, les rations des différents Primates qu'ils possèdent. Les quinze espèces présentes ayant des régimes alimentaires très différents (folivores, frugivores...), il n'était pas possible d'analyser toutes les rations. Il a donc fallu se limiter à quelques-unes ayant des points communs, afin de réaliser une étude détaillée des rations distribuées et d'illustrer, par des exemples précis, de nouvelles rations. Ainsi, cette thèse, qui se veut être un outil pratique pour le personnel du zoo, porte sur trois espèces de cercopithèques omnivores à tendance frugivore : les macaques à face rouge, *Macaca arctoides*, originaires d'Asie, les patas, *Erythrocebus patas*, et les singes verts, *Cercopithecus aethiops*, que l'on

trouve en Afrique. La première partie rassemble des données bibliographiques sur leurs biologies ainsi que sur leurs besoins nutritionnels. La deuxième partie a été réalisée à l'occasion d'une étude au zoo du Reynou.

Première Partie :
étude bibliographique

CHAPITRE 1 : PRESENTATION GENERALE

I. PHYLOGENIE ET CLASSIFICATION

A. Ordre des Primates

Les Primates sont des mammifères euthériens dont la phylogénie complexe est très étudiée. La classification des différentes espèces et même la place de l'ordre des Primates au sein des mammifères sont en perpétuel remaniement. Au cours de ces dernières décennies, de nombreuses recherches ont permis de mettre en évidence un lien étroit entre les Primates et les Insectivores. C'est pourquoi la systématique de la mammologie moderne fait suivre directement les Insectivores par les Primates et ne les positionne plus en dernier, comme il était d'usage (Fiedler et Thenus, 1975).

En 1758, le savant suédois Carl Von Linné, fondateur de la classification des espèces animales et végétales, créa l'ordre des Primates en y insérant déjà l'Homme. Il avait une description des Primates, exacte mais succincte, qui s'appuyait sur des critères morpho-anatomiques (présence de tétines par paire sur la poitrine, de clavicules...), mais aussi écologiques (animaux quadrupèdes grimpant aux arbres). Depuis cette époque, les caractères généraux des Primates ont été complétés même s'il n'est pas évident de les définir tant la diversité au sein de cet ordre est importante. En effet, les Primates renferment environ 200 espèces chez lesquelles on observe une diversité de régimes alimentaires (frugivore, insectivore, phytophage), de modes de vie (diurne, nocturne, en couple, en tribu), et de taille (le ouistiti pèse environ 500 grammes et le gorille peut atteindre 350 kg). Les membres de l'ordre les plus éloignés les uns des autres sont si différents qu'il est difficile d'établir un plan de base valable pour tous les Primates. D'après l'anthropologue américain De Vore : « la seule chose que l'on peut considérer avec certitude comme une marque distinctive commune à tous les Primates, vivants ou disparus, consiste en leur adaptation à la vie arboricole. » (Fiedler et Thenus, 1975).

Pour décrire cet ordre on peut, comme H. Vallois (1955) le propose, considérer la tendance générale du groupe et détailler trois caractéristiques que sont l'arboricolisme, la céphalisation progressive et la conservation de nombreux

caractères primitifs. En effet, on observe des traits de structure à mettre en relation avec l'adaptation à l'arboricolisme, traits de structure présents même chez les rares Primates ayant abandonné la vie dans les arbres, comme l'homme :

- conservation de la clavicule,
- mouvement de pronation et de supination possible pour les mains et les pieds,
- animaux pentadactyles, onguiculés,
- le premier doigt opposable au reste des doigts, au pied comme à la main. Ce qui autorise une fonction préhensible des mains et des pieds. Ainsi, la main, organe primitivement locomoteur, est devenue un organe préhenseur.

L'arboricolisme et le dégagement de la main expliquent la tendance au redressement du tronc qui se manifeste dans tout le groupe des Primates (Vallois, 1955).

De Vore résumait l'adaptation des Primates à se déplacer dans les arbres en ces termes : « Ils naquirent dans les arbres, s'y développèrent et y grandirent (...). Le fait que les Primates enserraient une branche de leurs doigts (...) fit d'eux les maîtres incontestés des arbres. » (Fiedler et Thenus, 1975).

Une autre caractéristique de cet ordre est la « céphalisation » c'est-à-dire l'accroissement du volume du cerveau par rapport à l'ensemble du corps. Parallèlement, un développement psychique, autre caractéristique fondamentale des Primates, se produisit (Vallois, 1955). On note également, une tendance à la réduction de l'appareil olfactif et au perfectionnement des organes visuels : vision binoculaire possible car les orbites sont orientées vers l'avant, et vision des couleurs. Cette évolution s'accompagne d'un rétrécissement du museau et d'un développement du cortex cérébral (Roeder et Anderson, 1990).

Malgré un coefficient de céphalisation élevé, les Primates ont gardé des dispositions primitives de sorte qu'ils sont moins évolués dans leur morphologie générale que la plupart des autres mammifères. Par exemple, la formule dentaire, dérivée de la formule primitive, n'a subi qu'une faible réduction numérique, la forme des dents est peu modifiée, et l'estomac est simple.

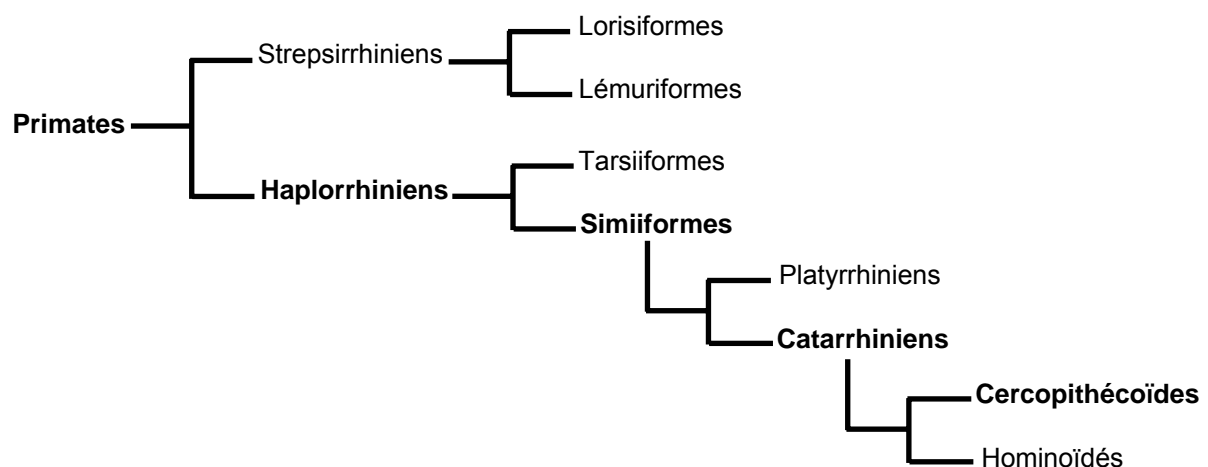
Les plus anciens restes incontestés de Primates datent de la période la plus ancienne de l'ère tertiaire, le Paléocène, et ont été découverts en Amérique du Nord et en Europe (Roeder et Anderson, 1990). Il s'agit de Primates déjà bien différenciés,

ce qui signifie que le Primate originel serait apparu au Secondaire. Cette évolution a pu se faire aux dépens d'Insectivores primitifs qui auraient donné parallèlement naissance aux Insectivores actuels et sans doute également aux rongeurs. La séparation des Primates a dû se faire quand l'arboricolisme est devenu leur mode de vie exclusif et a provoqué une coupure biologique avec les espèces fondamentalement terrestres.

B. Classification générale des Primates

Cet ordre comprend environ 200 espèces réparties en 11 familles et 52 genres. On rencontre différentes classifications avec des découpages qui varient quelque peu selon les auteurs. En effet, cette classification est perpétuellement remise en question ; avant, seuls des critères morpho-anatomiques étaient utilisés, mais des techniques récentes issues de diverses disciplines telles que la biochimie, l'immunodiffusion, la cytogénétique fournissent des informations nouvelles sur les liens évolutifs. Ainsi, les Prosimiens, désignant les Primates non Simiiformes, c'est-à-dire les Lémuriens, les Lorisiformes et les Tarsiers, étaient opposés au Simiens (Roeder et Anderson, 1990). Or, les tarsiers sont plus proches des singes qu'ils ne le sont des lémurs. La classification proposée par Lecomte et Le Guyader (Figure 1) présente une bonne fiabilité car elle est corroborée par de nombreux types différents de données.

Figure 1. arbre phylogénétique des Primates (Lecomte et Le Guyader, 2001)



Le sous-ordre des Simiiformes se subdivise en deux infra-ordres : celui des Platyrrhiniens, singes du nouveau monde, et des Catarrhiniens singes de l'ancien monde. Les premiers, aux narines écartées et orientées vers l'extérieur, possèdent 36 dents et ont une queue préhensile. Il s'agit entre autres des tamarins, sapajous, ouistitis que l'on trouve sur le continent américain. Les singes que nous proposons d'étudier sont des singes de l'ancien monde. Ceux-ci ont des narines rapprochées, possèdent 32 dents, et peuplent l'Afrique et l'Eurasie (Kleiman *et al.*, 2004).

C. Place des espèces étudiées dans la classification

Au sein des Catarrhiniens, la super-famille qui nous intéresse est celle des Cercopithécoïdes, qui comprend 14 genres de singes afro-asiatiques inclus dans l'unique famille des Cercopithécidés.

1. La famille des Cercopithécidés (Lecointre et Le Guyader, 2001)

Il s'agit de singes ayant une queue (*cercos* : queue et *pithecos* : singes). Les Cercopithécidés sont diurnes, frugivores et quadrupèdes mais peuvent parfois se déplacer debout sur leurs deux jambes. Ils vivent le plus souvent en groupes organisés. La gestation dure de 165 à 240 jours et, le plus souvent, la femelle met bas un seul petit.

Cette famille est divisée en deux sous-familles : les Colobinés, singes sveltes essentiellement arboricoles qui diffèrent de la sous-famille qui nous intéresse, celle des Cercopithécinés regroupant des singes terrestres au corps massif.

2. La sous-famille des Cercopithécinés

Les Cercopithécinés sont dits « semi-terrestres » voire même « habitants du sol » pour les patas. Toutefois, ils restent capables de monter dans les arbres pour se reposer, chercher de la nourriture ou encore se réfugier. Ces espèces, vivant dans la savane, représenteraient un retour secondaire à la locomotion terrestre quasi permanente (Lecointre et Le Guyader, 2001). Cette adaptation entraîne des particularités anatomiques. Les quatre membres sont de longueurs fonctionnelles égales. Ainsi, sur un sol plat, le tronc est-il parfaitement suspendu entre les quatre

extrémités porteuses et présente une direction pratiquement horizontale (Schultz, 1972). Les membres de cette sous-famille ont, par ailleurs, des mains et des pieds bien développés.

En ce qui concerne leur régime alimentaire, ils sont omnivores à tendance frugivore. Enfin, les Cercopithécinés ont des bajoues développées dans lesquelles ils stockent les aliments qu'ils mâcheront et ingèreront plus tard.

Ils avaient pour réputation d'être agressifs, mais les multiples observations réalisées ont permis d'infirmer ce préjugé. Il est vrai que vivant en terrain découvert ils sont plus exposés aux prédateurs que leurs congénères arboricoles. Ainsi, ils luttent et veillent sur leur harde à l'aide de leurs grandes canines et grâce à une vie communautaire bien ordonnée. Mais, ils ne vont pas être agressifs inutilement ; les diverses troupes s'évitent, et les territoires de chacune sont respectés. L'ordre au sein d'un groupe est strict : le ou les mâles sont responsables du groupe et doivent paraître forts et sûrs. C'est pour cela que leur est acquis le respect des autres membres du groupe (Fiedler, 1975).

II. CARACTERISTIQUES DES ESPECES ETUDIEES

A. Macaques à face rouge, *Macaca arctoides*

1. Diagnose

Les macaques à face rouge sont des singes puissants avec des membres courts et épais. Ils ont une tête large, un museau proéminent et leur face est glabre. Ils ont la peau du visage rose ou rouge qui brunit avec l'âge et l'exposition au soleil (Fauchaux B., 1977). La couleur rouge s'accroît en cas de chaleur ou d'excitation alors qu'en cas de froid ou d'altération de l'état général leur peau du visage aura tendance à devenir bleuâtre. Leurs poils bruns foncés sont longs et rêches et blanchissent avec l'âge (Figure 2). Ils ont une queue très courte (Kleiman et al, 2004). Leurs callosités fessières (que l'on trouve uniquement chez les catarrhiniens) sont très développées.

Figure 2 : Trois macaques à face rouge du zoo du Reynou.



2. Répartition géographique (Groves, 2001).

Les macaques peuplent l'Asie. On en trouve en Chine, en Inde et en Malaisie (Figure 3).

Figure 3 : Répartition géographique de *Macaca arctoides*.



3. Habitat

Les macaques vivent au sol ou dans les rochers. Ils sont en effet dits « semi-terrestres » et sont plus adaptés à se déplacer au sol que dans les arbres.

4. Organisation sociale

Les macaques vivent dans un système « multimâle multifemelle » c'est-à-dire que la harde est composée de femelles accompagnées de leur progéniture ainsi que

de plusieurs mâles. Dans de telles unités sociales, toutes les classes d'âge et de sexe sont donc représentées. Ce type de système se retrouve généralement chez les espèces diurnes, semi-terrestres, occupant des milieux où les ressources alimentaires sont dispersées, car il permet une meilleure détection et défense contre les prédateurs (Roeder et Anderson, 1990).

Au sein de leur troupe, les macaques respectent une hiérarchie stricte reposant sur des rapports de force et des relations de « dominance / subordination ». De plus, les liens de parenté sont très importants puisqu'un jeune né d'une mère dominante sera lui-même dominant, et donc prioritaire en ce qui concerne les aliments et la boisson. On observe ainsi, au sein d'une même tribu, plusieurs clans qui se forment autour des femelles reproductrices de grade différent. Par ailleurs, des études ont montré qu'une femelle qui met bas, atteint un rang de plus haut grade et accède donc à de nouveaux privilèges. Cela lui permet de répondre à ses besoins nutritionnels devenus plus importants en période de lactation (Weisbard et Goy, 1975). Les jeunes sont respectés et protégés par tout le groupe. Les mâles adultes, par exemple, ne s'approchent pas d'un jeune qui veut venir boire. Dans le cas contraire, les femelles du groupe, solidaires, peuvent attaquer le mâle et protéger le jeune.

Le toilettage - ou épouillage - est une activité importante qui contribue à resserrer les liens au sein du groupe et sert donc de « ciment social ». On le retrouve chez toutes les espèces de Primates. Il a pour objectif d'entretenir les liens sociaux en diminuant les tensions au sein du groupe. En effet, la libération d'endorphines générée par ce comportement permet de relaxer les individus (Dunbar et Barrett, 2001). On note tout de même des spécificités en fonction des singes. Les macaques, par exemple, utilisent en plus de leurs mains, leur bouche pour toiletter leur partenaire et le font de manière assez brusque et bruyante (Hall *et al.*, 1965).

5. Alimentation

Les macaques ont une alimentation très variée : fruits, graines, jeunes pousses, fleurs, herbes, racines, résines, champignons mais aussi insectes et petits vertébrés (NRC, 2003).

6. Reproduction

Les mâles sont sexuellement pubères entre 3 ans et demi et 4 ans et demi, les femelles le sont un peu plus tôt autour de 3 ans et demi. Pour que les macaques se reproduisent normalement, la puberté physiologique n'est pas suffisante ; il faut également que « la maturité sociale » soit atteinte. Autrement dit, une fois que le jeune est devenu sexuellement adulte, il faut qu'il atteigne ensuite un statut social de reproducteur à l'intérieur du groupe. Ceci prend plusieurs années. Dans les conditions naturelles, on estime qu'un macaque mâle n'est guère socialement adulte avant dix ans et une femelle avant six ans (Fauchaux, 1977).

La femelle donne naissance à un seul petit après une gestation qui dure environ six mois.

B. Patas, *Erythrocebus patas*

Les patas sont des singes terrestres. La vie au sol nécessite une série d'adaptation particulière qui distingue les Patas des autres cercopithécidés de sorte qu'ils constituent un genre à part entière (*Erythrocebus*). On connaît actuellement quatre espèces appartenant à ce genre.

1. Diagnose (Kleiman et al, 2004)

Il s'agit des plus grands singes des Cercopithécinés. Ils ont un poil rêche, roux sur le dos et blanc en face ventrale (Figure 4). Les femelles, tout comme les mâles, ont une moustache blanche. On note un dimorphisme sexuel important en ce qui concerne la taille et le poids : le mâle mesure environ 68,5 cm et pèse 12 kg en moyenne, tandis que la femelle mesure 51cm pour environ 6 kg.

Figure 4 : Jeune patas du zoo du Reynou.



2. Répartition géographique (Hall *et al.*, 1965)

Les patas peuplent les zones semi-désertiques africaines : du Sénégal à l'Ethiopie en passant par le Soudan mais aussi le Kenya et l'Uganda (Figure 5).

Figure 5 : Répartition géographique de *Erythrocebus patas*.



3. Habitat

Les Patas sont « des habitants du sol » des régions sèches. Ils vivent dans les plaines herbeuses pauvres en arbres, de type prairie ou savane. En effet, ils évitent les forêts et préfèrent les steppes où ils se dissimulent dans les hautes herbes (Fiedler et Thenus, 1975). Mais la nuit, ces singes diurnes se dispersent et dorment chacun sur un arbre. Une autre de leurs particularités est qu'ils sont digitigrades contrairement aux autres espèces de Primates qui sont plantigrades (Kleiman *et al.*, 2004).

4. Structure sociale (Fiedler et Thenus, 1975)

Ils vivent en harde de 4 à 31 animaux. Une harde est composée d'un mâle adulte, de plusieurs femelles adultes, de jeunes et de très jeunes. L'unique mâle de la harde est deux fois plus grand que la plus grande des femelles. Son rôle est de scruter l'horizon afin de surveiller l'environnement et de prévenir de la présence d'éventuels prédateurs. Parmi les femelles un ordre hiérarchique strict est établi autour d'une femelle dominante dont le petit sera aussi un privilégié. S'il s'agit d'un mâle, il restera avec sa mère jusqu'à sa puberté, c'est-à-dire jusqu'à 3 ans et demi avant d'être chassé de la harde. Le mâle adulte de la harde ne doit pas approcher les jeunes au risque de provoquer un combat avec toutes les femelles.

Une hypothèse fait dériver la structure unimâle d'une structure multimâle où la compétition intra sexuelle serait à l'origine de mâles de taille suffisamment importante pour se défendre seuls contre de petits prédateurs (Roeder et Anderson, 1990). Les patas sont des singes peu agressifs et silencieux. On peut observer tout de même quelques altercations violentes entre le mâle et les femelles. Par exemple, si une femelle mange ou boit avant le mâle, ou si elle intervient alors qu'il est avec une autre femelle de la harde sexuellement réceptive, il peut l'attaquer (Hall et Mayer, 1967).

Le plus fréquemment, on note des attitudes amicales au sein de la harde telles que des séances de jeux ou de toilettage qui diffèrent quelque peu de celles observées chez les macaques. En effet, chez les patas lors de la toilette les deux animaux sont assis et assez silencieux, ils sont très délicats et doux l'un envers l'autre et utilisent surtout leurs mains et peu leur bouche pour peigner le poil (Hall et *al.*, 1965).

5. Alimentation (Hall *et al.*, 1965)

Les patas ont aussi une alimentation variée. Ils se nourrissent beaucoup de fleurs, de graines et de feuilles mais aussi de fruits, d'insectes et de lézards.

6. Reproduction

Les Patas sont polygames. Les mâles exclus du groupe à la puberté, forment un groupe de « célibataires » et peuvent venir rejoindre les femelles de la harde lors de la saison de reproduction qui est bien définie.

La gestation dure en moyenne 167 jours. Quand elles sont gestantes on remarque une disparition de la coloration noire, présente sur le nez et autour des yeux, qui réapparaît six semaines après la mise bas (Kleiman *et al.*, 2004).

Les femelles donnent, en général, naissance à un seul petit. Cela a lieu entre la fin décembre et la mi-février. Une femelle met bas la première fois vers l'âge de trois ans (Nakagawa *et al.*, 2003).

C. Singes verts, *Cercopithecus aethiops*

1. Diagnose (Fiedler, 1975, Kleiman *et al.*, 2004)

Les singes verts, également appelés vervets, ont un pelage étroitement collé à la peau et présentent différents tons de vert en face dorsale, et un ventre clair. Leur visage est noir, entouré de poils blancs (Figure 6). La peau de l'abdomen est bleue chez la femelle et le mâle. Chez ce dernier, il faut noter la couleur bleue du scrotum qui contraste avec la couleur rouge du pénis. Les mâles mesurent environ 63 cm et pèsent 4,25 kg en moyenne, alors que les femelles mesurent 56 cm pour un poids de 3 kg.

Figure 6 : Jeune *Cercopithecus aethiops* du zoo du Reynou.



2. Répartition géographique (Fiedler, 1975)

Les singes verts vivent dans les savanes buissonneuses du Soudan, d'Afrique du sud et d'Afrique orientale (Figure 7).

Figure 7 : Répartition géographique de *Cercopithecus aethiops*.



3. Habitat

Les singes verts évitent les régions sèches dépourvues d'eau et préfèrent la proximité des cours d'eau et particulièrement les forêts-galeries sur les rives des fleuves, à partir desquelles ils entreprennent des expéditions dans les champs cultivés ou dans la steppe découverte à la recherche de nourriture (Fiedler, 1975). Les singes verts sont dits « semi-terrestres » comme les macaques, car ils se déplacent et se nourrissent aussi bien dans les arbres que sur le sol. On les retrouve dans les arbres la nuit lorsqu'ils dorment (Kleiman *et al.*, 2004).

4. Structure sociale (Estes, 1991)

Ils vivent en harde de 20 à 50 animaux, chacune possédant un territoire bien délimité (Fiedler, 1975).

Les vervets vivent dans un système « multimâle multifemelle » comme les macaques. Les femelles tiennent une place importante dans la harde, on parle d'ailleurs de groupe matriarcal. Elles ont un fort instinct territorial et unissent leurs forces pour chasser les groupes rivaux (Dunbar et Barrett, 2001). Il existe parmi elle un ordre hiérarchique précis et respecté : la femelle de plus haut rang ainsi que sa descendance sont prioritaires pour l'accès à la nourriture et à l'eau. Les femelles s'occupent de tous les jeunes de la tribu, on parle de maternage. En confiant son

petit aux autres femelles de sa famille, une mère économise son énergie (Dunbar et Barrett, 2001).

Les jeunes mâles s'occupent des autres jeunes de leurs parents, mais quittent la harde quand ils atteignent la puberté. Une jeune femelle de la harde, une fois adulte, reste dans le groupe pour former à son tour sa famille, et entretient des relations étroites avec ses proches par l'intermédiaire, entre autres, du toilettage.

5. Alimentation (NRC, 2003)

Les vervets se nourrissent de fruits, de graines, de feuilles mais aussi de petits animaux comme des insectes, des reptiles, des oiseaux et même de petits mammifères.

6. Reproduction (Kleiman et *al.*, 2004, Dunbar et Barrett, 2001)

Les vervets sont polygames. Ils atteignent leur maturité sexuelle vers 4 ans. L'appareil génital des mâles devient alors très visible par la couleur rouge du pénis et bleue des testicules.

La reproduction est saisonnière, et la femelle n'est fécondable qu'une fois par an. La gestation dure en moyenne 163 jours. La femelle donne ainsi généralement naissance à un seul petit, tous les 16 mois environ. Le développement du nouveau né est rapide, en raison de l'omniprésence des prédateurs de la savane.

Ainsi, ces dernières décennies, nos connaissances sur la biologie des Primates ont fait d'énormes progrès. Il est indispensable de connaître et de comprendre leurs besoins et leurs comportements afin de mieux les préserver car presque la moitié des espèces est menacée.

III. ESPECES MENACEES - ESPECES PROTEGEES

A. Les menaces

Les derniers 400 ans ont vu de nombreuses espèces animales disparaître. Les Primates ont jusqu'à maintenant été épargnés puisque durant cette période, aucune espèce n'a disparu. Toutefois, le tiers des Primates est menacé d'extinction dans un futur proche. Trois menaces principales, dont deux liées à l'Homme, pèsent sur la survie à long terme des Primates : la destruction de leur habitat, la chasse, et leur nombre limité en individus.

Au cours des deux derniers siècles, la destruction des habitats naturels s'est accélérée. En effet, la déforestation se produit à un rythme très rapide. Dans de nombreuses régions du globe, les Primates représente une source de nourriture pour l'Homme. En Afrique occidentale, ce que l'on appelle le commerce de la viande de brousse est une activité économique de longue date. Par ailleurs, l'essor démographique empire les choses, notamment vis-à-vis des espèces que le nombre réduit d'individus rend particulièrement vulnérable.

L'extinction d'une espèce est un phénomène irréversible, il est donc urgent d'agir et de protéger ces espèces durablement.

B. Protection au niveau international

1. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN)

L'IUCN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) a été fondée en 1948. Elle rassemble des États, des organismes gouvernementaux et un large éventail d'organisations non gouvernementales. Depuis 1990, on parle aussi de « World Conservation Union ».

La mission de l'IUCN est : « d'influer sur les sociétés du monde entier, les encourager et les aider pour qu'elles conservent l'intégrité et la diversité de la nature et veillent à ce que toute utilisation des ressources soit équitable et écologiquement durable. » [F].

L'UICN est le plus vaste réseau de connaissances sur l'environnement dans le monde. Elle a déjà aidé plus de 75 pays à préparer et appliquer des stratégies en matière de conservation et de diversité biologique.

Le programme pour la préservation des espèces de l'IUCN comprend plusieurs unités techniques. L'une d'entre elles a pour but de s'occuper de la Liste rouge qui regroupe les espèces menacées, classées selon le risque d'extinction. C'est une base de données en ligne, consultable, présentant l'état mondial de plus de 40 000 espèces. Le but premier est d'identifier, de hiérarchiser et de décrire les espèces qui ont le plus besoin d'un plan de conservation, et de fournir un indice de l'état de la biodiversité. Les différentes catégories d'espèces menacées listées par l'IUCN sont les suivantes [E] :

- *éteint* ou éteint à l'état sauvage,
- *menacé*, on distingue trois sous catégories : en danger critique d'extinction, en danger et vulnérable,
- *quasi menacé* : espèces qui pourraient être menacées si aucune mesure de conservations n'est mise en place,
- *préoccupation mineure* : risque d'extinction faible,
- *données insuffisantes*.

Une gamme de critères quantitatifs permet l'inscription de chaque taxon dans une de ces catégories ; chaque fois qu'il remplit un des critères, le taxon peut être classé dans la catégorie de menace correspondante. Il n'est pas nécessaire que tous les critères soient applicables ni que tous soient remplis.

Les différents critères sont le fruit d'une étude approfondie visant à détecter les facteurs de risque pour l'ensemble des organismes et leurs divers cycles biologiques. Les valeurs quantitatives, contenues dans les divers critères associés aux catégories de menace, ont été déterminées de manière appropriée et cohérente [E].

Les critères prennent en compte la taille de la population et des sous-populations, le nombre d'animaux matures, le taux de renouvellement des reproducteurs, le déclin du nombre d'individus, les tailles des zones d'occurrence (zones pouvant renfermer tous les sites connus, déduits, ou prévus, de présence actuelle d'un taxon) et d'occupation (superficie occupée par un taxon au sein de sa

zone d'occurrence). Enfin, le dernier critère est en fait une analyse quantitative, qui évalue la probabilité d'extinction d'un taxon en se basant sur les caractéristiques du cycle biologique, des exigences d'habitats, et des menaces pesant sur celui-ci.

Ainsi, le macaque à face rouge est classé comme une espèce vulnérable, ce qui veut dire qu'elle est confrontée à un risque élevé d'extinction à l'état sauvage. Le patas et le singe vert sont des espèces dites de préoccupation mineure.

2. The Convention on International Trade in Endangered Species (CITES) [1]

La CITES (Convention Internationale sur le commerce des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction), connue comme la Convention de Washington, est un accord international entre Etats. Elle a pour but de veiller à ce que le commerce international des spécimens d'animaux et de plantes sauvages ne menace pas la survie des espèces auxquelles ils appartiennent. Cette convention a été rédigée pour donner suite à une résolution adoptée en 1963 à une session de l'Assemblée générale de l'IUCN.

Les Etats qui acceptent d'être liés par la convention sont appelés des « Parties ». Actuellement on en compte 169. Ces Etats se doivent d'appliquer la CITES, qui cependant ne tient pas lieu de loi nationale. En effet, il s'agit d'un cadre que chaque Partie doit respecter, et pour cela, adopter une législation garantissant le respect de la Convention au niveau national.

Ainsi, la CITES contrôle et réglemente le commerce international des spécimens des espèces inscrites à ses annexes. Tout mouvement (importation, exportation, introduction...) des espèces couvertes par la Convention doit être autorisé dans le cadre d'un système de permis. Les espèces couvertes par la CITES sont inscrites dans l'une des trois annexes de la Convention selon le degré de protection dont elles ont besoin :

- l'annexe I comprend les espèces menacées d'extinction : le commerce de leurs spécimens est interdit et leur exportation n'est autorisée qu'à des fins exclusivement scientifiques.
- l'annexe II comprend toutes les espèces qui ne sont pas nécessairement menacées d'extinction, mais dont le commerce

des spécimens doit être réglementé pour éviter une exploitation incompatible avec leur survie.

- l'annexe III est la liste des espèces inscrites à la demande d'une Partie qui en réglemente déjà le commerce, et qui a besoin de la coopération des autres Parties pour en empêcher l'exploitation illégale.

Les trois espèces qui nous intéressent sont concernées par l'annexe II

3. World Association of Zoo and Aquarium (WAZA) [K]



La WAZA est l'association mondiale des zoos et des aquariums.

Elle regroupe les directeurs des zoos leaders du monde entier et les associations nationales. Cette association, connue auparavant comme «l'union mondiale des directeurs de parcs zoologiques », existe depuis 1946. Elle est devenue membre de l'IUCN en 1950.

Depuis le début des années 90, de nombreuses associations nationales se sont créées : CAZA pour le Canada, EAZA pour l'Europe... Cela a obligé la WAZA à redéfinir son rôle. Les objectifs de l'association sont :

- promouvoir la coopération entre les parcs zoologiques et les aquariums du monde entier pour tout ce qui concerne la conservation des espèces menacées et l'élevage des animaux en parcs,
- promouvoir et coordonner la coopération entre les différentes associations nationales,
- représenter les établissements zoologiques et aquariums au sein d'autres organisations internationales,
- promouvoir l'éducation à l'environnement, à la conservation de la vie sauvage et à la recherche environnementale,
- mettre en place un code d'éthique,
- définir des stratégies de conservation prioritaires.

C. Protection au niveau européen

1. European Association of Zoo and Aquaria (EAZA) [C]



En 1988, les zoos européens décident de se rassembler et de créer l'Association Européenne des parcs Zoologiques et des Aquariums (EAZA). Leur objectif est notamment de favoriser les échanges de conseils et d'expériences entre les parcs zoologiques, afin d'améliorer leur structure, leur mode de fonctionnement, et donc le bien-être animal. De plus, des directives et un code d'éthique ont été établis à l'attention des membres de l'association. Les missions de cette association sont variées :

- accroître la coopération des zoos en créant des plans de conservation de la nature, en particuliers à travers les Programmes Européens pour les Espèces menacées (EEP),
- promouvoir la recherche scientifique,
- promouvoir l'éducation du public sur la conservation de l'environnement.

Par ailleurs, l'EAZA représente les zoos européens lors des réunions auprès des institutions européennes et des organismes internationaux, tels que l'Organisation des Nations Unies, l'Union Européenne, l'IUCN...

2. Studbook Européen et programmes d'élevage [A]

En fonction du degré de menace qui pèse sur une espèce, deux niveaux différents de gestion peuvent être mis en place par l'EAZA : tout d'abord, la réalisation d'un Studbook européen (ESB ou livre des origines), et si le besoin s'en fait sentir, le lancement d'un programme européen pour les espèces menacées (EEP). Les objectifs sont de surveiller et de donner des conseils pour favoriser l'élevage d'une espèce menacée, en essayant de lui conserver ses caractéristiques naturelles dans l'espoir d'une éventuelle réintroduction dans la nature.

➤ ESB (European Studbook) : lorsqu'une espèce est considérée en danger dans son milieu naturel, l'EAZA désigne une personne appelée coordinateur pour réaliser un Studbook. Cette personne a pour tâche de rassembler dans ce registre toutes les informations possibles sur tous les individus de cette espèce

présents dans les zoos européens : informations sur leur date de naissance, leur généalogie, leur origine géographique, etc. Après analyse de toutes ces données, le coordinateur se rend compte de la façon dont évolue la population de l'espèce en Europe et connaît aussi son degré de consanguinité. Si le degré d'extinction dans la nature est important, si les effectifs sont suffisants, mais aussi si des possibilités de réintroduction dans la nature sont présentes (à plus ou moins long terme), il peut alors proposer de transformer le programme en EEP.

➤ EEP : ce Programme d'Elevage Européen a pour but de favoriser la reproduction des espèces rares, tout en conservant les effectifs de cette espèce à un niveau permettant la sauvegarde de leurs caractères génétiques, avec pour certains, l'espoir d'une réintroduction éventuelle dans leur milieu naturel. Le coordinateur, après analyse des données du Studbook, émet des recommandations de transferts d'animaux qu'il adresse aux différents parcs inscrits dans ce programme. L'objectif étant toujours un brassage génétique maximal au sein de la population. Les parcs, qui décident de s'inscrire dans un EEP, s'engagent à respecter ces recommandations. Il peut s'agir de déplacer des animaux adultes d'un parc à un autre, du placement de nouveaux nés, mais aussi, parfois, de l'arrêt de la reproduction pour des animaux dont le patrimoine génétique est trop présent dans le programme, ou tout simplement, quand les possibilités de placement ne sont plus suffisantes.

D. Rôle des parcs zoologiques [A]

1. Conservation de la nature

Depuis 2002, l'IUCN considère officiellement les zoos comme des partenaires dans la conservation de la nature. En effet, cette notion doit guider de manière cohérente et naturelle toutes les activités d'un parc, qu'elles soient de loisirs, de sensibilisation, ou de recherche. Cela se traduit de différentes manières. Sur le terrain, on observe des enclos plus proches du milieu naturel dans leur complexité et leur diversité, permettant des comportements naturels variés. L'objectif étant de garantir le bien-être physique et psychologique des animaux.

D'autre part, les zoos s'impliquent dans des actions de soutien concrètes. Ils s'investissent dans la conservation des espèces animales dans leur milieu naturel en finançant ou en initiant des projets de conservation. Et comme cela vient d'être décrit, des programmes d'élevage internationaux gèrent aujourd'hui de manière raisonnée les populations captives.

2. Le rôle pédagogique

Les zoos sont des centres d'accueil du public et constituent donc des sites privilégiés de rencontres avec l'animal. La visite dans un parc zoologique est un moment de loisir, mais il faut que de manière ludique, originale et interactive, ce moment soit également éducatif. En effet, les zoos ont la possibilité de devenir des lieux de sensibilisation à la nature en montrant à leurs visiteurs l'intérêt d'une protection des espèces animales. Ils deviennent, par différents médias, de véritables espaces relais et éducatifs, et sensibilisent les visiteurs à la nécessité de préserver, d'entretenir les ressources naturelles, et de créer un nouvel équilibre entre les hommes et la nature.

3. La recherche

En plus des rôles de conservation et de sensibilisation, les parcs zoologiques participent activement à des projets de recherche.

Les animaux présentés au public sont autant d'opportunités d'études et de réflexions. Si la façon de maintenir ces animaux en captivité (régime alimentaire adapté, respect des structures sociales...) s'inspire des observations faites sur le terrain, la réciproque est également vraie. En effet, les informations sur la vie en milieu sauvage de certaines espèces sont rares voire inexistantes. Aussi, la possibilité de les observer en milieu captif permet-elle d'améliorer nos connaissances sur ces espèces sauvages. Cependant, il faut garder à l'esprit que les différences sont nombreuses entre le modèle captif et le modèle sauvage, et que l'extrapolation de l'un à l'autre ne doit pas être automatique.

Gérer des animaux en captivité exige non seulement de connaître leur biologie, leurs maladies et les moyens de les prévenir, mais aussi de garantir une diversité génétique. Cela demande un énorme travail, et les différentes

organisations, citées auparavant, permettent de progresser dans ces domaines grâce aux réseaux de connaissances qu'elles constituent et aux réflexions qu'elles initient. L'amélioration constante des conditions de captivité ces dernières années est le fruit d'une activité de recherche importante. Parmi les domaines concernés, et bien qu'ayant été longtemps négligée, l'alimentation est aujourd'hui un sujet très étudié.

CHAPITRE 2 : L'ALIMENTATION DANS LE MAINTIEN DES ANIMAUX EN CAPTIVITE : IMPORTANCE ET DIFFICULTES

Les zoos se doivent de garantir une alimentation permettant aux animaux d'être en bonne santé, de se reproduire et d'avoir une longue vie. Ce n'est pourtant que récemment que ce domaine a été pris en considération. Confrontés à de nombreux problèmes d'origine nutritionnelle, les professionnels des parcs zoologiques ont pris conscience de l'importance de l'alimentation des animaux qu'ils gèrent. De surcroît, ils ont observé que la nourriture et sa distribution sont de bons moyens d'enrichir le milieu d'un animal en captivité. Cependant, la diversité des animaux et le manque de données sur leur alimentation en vie sauvage rendent la tâche fastidieuse.

I. PROBLEMES LIES A L'ALIMENTATION DANS LES GROUPES DE PRIMATES EN CAPTIVITE.

On différencie deux catégories de troubles liés à l'alimentation : des troubles du comportement alimentaire développés ci-dessous et des pathologies digestives et d'origine alimentaire. Ces dernières sont imputables à l'erreur humaine et dues à une mauvaise formulation de la ration (carences ou excès d'un élément), elles seront développées dans une prochaine partie.

A. Modification du comportement alimentaire (Allen et Oftedal, 1996 (a))

A l'état sauvage, l'abondance des ressources dépend de nombreux facteurs comme la saison, l'habitat, ou la concurrence inter-spécifique. La quantité et la qualité des aliments peuvent être très fluctuantes. Toutefois, les animaux ont un grand pouvoir d'adaptation qui leur permet de gérer les difficultés rencontrées à l'état sauvage. Ils passent du temps à trier les aliments, à éviter les substances toxiques, et régulent leur ingestion en fonction de leur besoin et de la teneur énergétique des

aliments qu'ils trouvent. En zoo, la qualité et la quantité sont gérées par l'homme. Les animaux se retrouvent donc face à un choix d'aliments très différents de ce qu'ils auraient en milieu sauvage, et surtout dans des situations qu'ils ne contrôlent pas. Les singes perdent alors leur capacité à trier le comestible du toxique ainsi que celle à autoréguler leur ingestion, d'où l'apparition de problèmes d'obésité.

B. Troubles du comportement alimentaire (Bonnotte, 1997)

Différents troubles du comportement peuvent apparaître lorsque les singes sont dans un environnement qui ne leur convient pas, comme un environnement physique trop simple ne fournissant pas assez de stimulations, ou un environnement social incohérent. Ce mal-être s'exprime par des déviations du comportement sexuel ou social, ou par des anomalies du comportement alimentaire. Celles-ci peuvent prendre différentes formes :

- le pica, qui se traduit par de la coprophagie ou l'ingestion d'objets, est surtout fréquent chez les jeunes élevés de manière isolée,
- l'hyperphagie ou la boulimie avec perte du mécanisme d'autorégulation, comme cela vient d'être expliqué,
- l'hypophagie ou l'anorexie,
- la potomanie.

De plus, une mauvaise préparation ou distribution des repas peut engendrer des conséquences aussi bien pathologiques que comportementales. Adapter la composition et la distribution des rations à chaque espèce participe pleinement au bien-être des animaux. D'où la nécessité de développer et de faire progresser ce domaine.

II. LA NUTRITION DES PRIMATES EN CAPTIVITE : UN DOMAINE EN EXPANSION

Dans la gestion d'un zoo, l'alimentation des animaux tient une place importante. La distribution de repas équilibrés contribue largement à la bonne santé des animaux. La nutrition des animaux de zoo est reconnue désormais comme une

spécialité. Des zoos américains comme celui de Saint-Louis ont embauché un nutritionniste qui travaille en coopération avec les soigneurs et le vétérinaire [H]. Mais cela reste encore anecdotique. Cependant, ce domaine se développe, ce qui se traduit en Europe par l'organisation de conférences et de groupes de recherche dédiés à la nutrition des animaux en captivité, par la publication de revues et la création de logiciels d'alimentation disponibles pour les parcs zoologiques.

A. Groupes de recherche européens

Lors de la première conférence européenne sur la nutrition dans les zoos, en 1999, émergea l'idée de constituer des groupes de recherche traitant de l'alimentation des animaux sauvages en captivité. De telles associations existaient déjà aux Etats-Unis comme le groupe scientifique « NAG » (Nutrition Advisory Group). qui dépend de l'Association des Zoos et des Aquariums Américains (AZA).

Les conférences sont certes de bons lieux de rencontres et de discussions. Cependant, le meilleur moyen de progresser est de rassembler les connaissances et les expériences des professionnels de zoo sous forme de base de données, d'où la création indispensable de ces groupes de recherche à l'échelle européenne :

- La EAZWV, « European Association of Zoo and Wildlife Veterinarian Nutrition Working Group » [B], a pour objectif de faire le lien entre les vétérinaires de zoo et des nutritionnistes afin d'établir des tables d'alimentation et des protocoles facilement applicables,

- Le EZNC, « European Zoo Nutrition Centre » [D], a été créé en constatant qu'une coopération entre les zoos, les nutritionnistes, les chercheurs scientifiques et les fabricants d'aliments pour animaux exotiques permettrait de progresser dans le domaine, tout en réduisant les coûts. Le but est donc de collecter les données puis de les faire partager. Les professionnels des zoos ont chacun beaucoup d'informations sur la nutrition des espèces sauvages via leur expérience. En réunissant ces connaissances, il est possible d'établir une base de données profitable à tout le monde et qui permettra de mieux connaître les besoins des animaux, de savoir comment y répondre, et donc d'améliorer leur bien-être.

B. Logiciels informatiques et publications à la disposition des parcs zoologiques

Pour mettre en place une ration adaptée à une espèce donnée, il faut connaître d'une part la physiologie digestive, le comportement alimentaire, les besoins en nutriments de l'animal, et d'autre part la composition des aliments. Il s'agit d'un travail fastidieux et chronophage. La création d'un logiciel informatique permet de faciliter le travail. « Zootrition® » est une base de données qui permet de calculer la valeur nutritionnelle d'un aliment. Ce logiciel a été développé par le zoo américain de Saint-Louis avec l'aide de l'association WAZA [H]. Il se veut être un outil critique pour évaluer les qualités nutritionnelles de nombreux aliments et mettre au point des rations de façon standardisée. La version actuelle contient trois bases de données différentes : une sur la composition chimique des aliments, industriels ou non, et fréquemment utilisés en zoo, une autre sur les recommandations nutritionnelles des animaux, et enfin une sur les rations elles-mêmes. De plus, des données « personnelles » et des aliments peuvent y être ajoutés. Ainsi, à tout moment, l'utilisateur peut-il créer des groupes de rations spécialisées, estimer la quantité totale d'ingrédients par ration, ainsi que le prix investi. Enfin, la dernière version présente l'intérêt d'être reliée au service web, permettant ainsi des mises à jour continues, des comparaisons de rations et des échanges d'informations nutritionnelles entre zoos.

Par ailleurs, il existe de nombreuses revues consacrées à la faune sauvage en captivité dont la revue EAZA News, qui contient certains articles sur la nutrition, ou la revue « Zoo Biology Issu », qui a publié des numéros spéciaux consacrés à ce domaine. Des sujets très divers y sont traités que ce soit sur les besoins nutritionnels des animaux ou sur la distribution et l'enrichissement du milieu par l'alimentation.

III. L'ALIMENTATION : UN MOYEN D'ENRICHIR LE MILIEU

A. Principe de l'enrichissement d'un milieu

La vie en captivité est caractérisée par l'existence d'habitudes et le manque de stimulations, ce qui conduit à l'ennui. L'environnement, souvent rudimentaire, mis à disposition des animaux dans les parcs zoologiques, satisfait aux exigences

pratiques et sanitaires mais apporte souvent peu au bien-être psychologique des Primates (Bonnotte, 1997). D'une part, la disparition presque complète de la phase appétitive du comportement alimentaire et l'absence de stimuli externes variés entraînent une frustration. D'autre part, des facteurs anxiogènes sont présents, comme l'absence de zones d'isolement ou la présence d'autres espèces animales plus ou moins bruyantes dans les enclos voisins (Hannier, 1995). Or, des animaux peu stimulés et stressés risquent de développer des comportements stéréotypés, attitudes atypiques révélant un certain mal-être et pouvant être dangereuses pour eux (Marriner et Drickamer, 2005).

L'enrichissement du milieu tente, par différentes techniques basées sur la nouveauté et la complexité, d'apporter aux Primates captifs des stimulations pour lutter contre l'ennui et donc contre les troubles du comportement. En effet, des études prouvent que l'enrichissement du milieu est bénéfique pour les singes en captivité car il améliore leur bien-être (Schapiro et Bloomsmith, 2005). En pratique, il s'agit de stimuler l'animal et de promouvoir une activité circadienne qui approche le plus possible de l'activité naturelle : périodes de jeux, d'explorations, de recherches de nourriture... Il existe trois sortes d'enrichissement : social, physique et alimentaire (Schapiro et Bloomsmith, 2005). C'est ce dernier qui va être développé ici.

B. Alimentation en milieu naturel versus en captivité

Les animaux en zoo se retrouvent dans un milieu très différent de leur habitat naturel. Bien que les enclos soient de plus en plus étudiés pour recréer un environnement adapté à chaque animal, ils demeurent pauvres en stimuli. A l'état sauvage, l'animal doit sans cesse s'adapter aux variations de son milieu, que ce soit face aux intempéries, aux prédateurs, aux accidents, ou aux fluctuations des ressources alimentaires. Chercher, sélectionner et trier la nourriture sont des activités importantes dans le quotidien des singes. Au contraire, en captivité, ces paramètres sont contrôlés et régulés par l'homme. Par exemple, les aliments sont facilement obtenus et rapidement ingérés. Il est donc primordial d'augmenter le temps consacré à l'alimentation au sens large (de la recherche à l'ingestion des aliments) en rendant cela plus complexe. L'enrichissement alimentaire consiste donc à augmenter de façon considérable la durée des comportements appétitifs. S'il est indispensable de préparer des rations adaptées aux besoins nutritionnels des

animaux, il n'en reste pas moins que la présentation, la diversité, le mode et la fréquence de distribution des repas, sont des points nécessaires à prendre en compte dans la gestion d'animaux en captivité. Il faut recréer, autant que possible, les difficultés qu'ils rencontrent en milieu naturel pour trouver et atteindre leur nourriture afin d'exploiter tout l'espace de leur enclos, de les occuper, et donc d'améliorer leur bien-être psychologique.

C. Exemples d'enrichissement du milieu par l'alimentation

Plusieurs exemples d'enrichissement sont exposés dans la littérature. Les études montrent qu'il faut donner un but à l'animal à travers une activité qu'il peut contrôler. L'animal a réellement besoin de passer du temps à chercher sa nourriture, à fouiller le sol, et à explorer son milieu dans le but de se nourrir. L'enrichissement va donc consister à multiplier les endroits où l'animal peut trouver de la nourriture, à rendre les aliments plus difficiles à obtenir, et à amplifier la part du hasard par une distribution aléatoire dans le temps et l'espace. Dans la mesure du possible, il convient d'utiliser toujours des matériaux naturels, souvent plus intéressants, plus complexes (odeur, couleur, texture...), non toxiques, et assez solides pour résister quelque temps aux animaux (Hannier, 1995).

Les exemples qui suivent ont permis, lors des études réalisées, de diminuer les phases d'inactivité, les altercations agressives, les tensions, et donc d'améliorer le bien-être des animaux. Les moyens d'enrichir un milieu sont divers et plus ou moins complexes, on parlera de « casse-tête » alimentaires.

Le simple fait d'utiliser une litière de copeaux de bois, dans laquelle sont dispersées des graines, occupe l'animal qui doit chercher sa nourriture (Byrne et Suomi, 2005). De la paille, du foin ou de la terre peut aussi être utilisé, tout en adaptant la litière à l'espèce. Un autre moyen simple est l'utilisation d'un bac à légumes dans lequel l'animal doit fouiller pour chercher les aliments, ou encore la consommation d'épis de maïs ou de noix non décortiquées, qui augmentent le temps de préparation des aliments (Lutz et Novak, 1995).

Des installations plus complexes peuvent être placées dans les enclos afin de stimuler les animaux en leur cachant les aliments, en éveillant leurs sens ou encore en les obligeant à se dépenser physiquement pour atteindre leur nourriture. Suspendre par des chaînes un tunnel fabriqué avec des tubes en plastique

transparent dans lequel on place des fruits secs (Murchison et Nolte, 2005), placer une réplique de fruits dans laquelle on cache des aliments (Vicks *et al.*, 2000), ou encore obliger les singes à se servir d'un instrument, comme un bout de bois, pour attraper un aliment insaisissable avec leurs mains, représentent divers exemples très efficaces et adaptables aux enclos.

Ainsi, l'établissement d'une ration demande-t-il non seulement de s'intéresser aux besoins nutritionnels, et donc à la préparation du repas, mais aussi à la distribution pour respecter le bien-être des animaux et recréer au mieux des conditions naturelles.

CHAPITRE 3 : PRE-REQUIS A L'ETABLISSEMENT D'UNE RATION ALIMENTAIRE

I. PARTICULARITES PHYSIOLOGIQUES ET COMPORTEMENTALES DES ESPECES PRIMATES OMNIVORES

A. Physiologie digestive

La structure du système digestif ainsi que la dentition sont différentes en fonction du régime alimentaire. Les différentes parties du tractus digestif (estomac, intestin grêle et gros intestin) remplissent des fonctions distinctes et leur taille dépend du régime de l'espèce. Différentes méthodes de comparaisons ont montré qu'un rapport surface/volume (rapport d'allométrie) bien défini des différentes parties du tube digestif, était spécifique à chaque type de régime (Chivers et Hladik, 1980). Les folivores ont un tractus digestif très spécialisé (estomac volumineux, compartimenté, processus de fermentation important...) qui leur permet de digérer toute la cellulose qu'ils ingèrent. Au contraire, la possibilité d'ingérer et de digérer les pulpes de fruits correspond à une spécialisation partielle du tube digestif. Les frugivores ont, en effet, un estomac petit et simple suivi d'un intestin grêle de taille variable. Les trois espèces qui nous intéressent dans cette étude, ont un intestin grêle assez court (NRC, 2003). De plus, un caecum contenant des bactéries cellulolytiques leur permet de dégrader les glucides pariétaux non digérés dans l'intestin. Toutefois, une ration trop riche en fibres sera à l'origine de troubles digestifs, de type diarrhée, car leur tube digestif n'est pas adapté à un tel régime.

B. Comportement alimentaire en milieu naturel

1. Des omnivores à dominance frugivore

Les trois espèces étudiées, en tant que cercopithèques, ont de nombreux points communs concernant leur nutrition. Leur régime alimentaire est varié : fruits, fleurs, bourgeons, tiges de plante, feuilles, noix, racines, oignons, bulbes, insectes,

autres petits animaux, ou encore œufs d'oiseaux, ou jeunes oiseaux d'un nid. On parle donc d'omnivores à dominance frugivore, les fruits tenant une part plus ou moins importante dans la ration, comme cela a été détaillé pour chaque espèce auparavant (chap.1, §II). Cette stratégie alimentaire implique une adaptation à la dispersion spatiale des ressources. En effet, les fruits sont une source alimentaire éphémère et donc l'habitat de ces cercopithèques, devant contenir au moins un arbre garni de fruits, doit être plus vaste que celui des folivores (Dunbar et Barrett, 2001). Ces espèces doivent entreprendre de longs trajets, et tirer de leur environnement une quantité d'énergie suffisante pour se déplacer. Leur grande sensibilité aux sucres les incite à découvrir les aliments les plus dispersés. Par opposition, les espèces folivores minimisent leurs dépenses énergétiques en explorant un territoire restreint.

Le mode d'utilisation de l'environnement explique les différentes structures sociales. L'utilisation de ressources dispersées entraîne une augmentation de la taille du territoire, et seule une augmentation de la taille du groupe permet une utilisation optimale des ressources. C'est le cas des cercopithèques qui vivent en harde composée de nombreux individus.

2. La prise de nourriture

Les singes sont habiles de leurs mains pour attraper, nettoyer et éplucher si besoin les fruits et légumes. Ils peuvent aussi utiliser directement leur bouche pour attraper l'aliment. Parfois, ils se servent d'instruments pour prendre de la nourriture qui n'est pas à portée de mains (Schultz, 1972). Leurs besoins en eau sont couverts par l'eau de pluie recueillie dans les creux de leur habitat, par la rosée et la prise de boisson au niveau des cours d'eau. Ils boivent les gouttes qui perlent de leur pelage après avoir plongé leurs mains dans l'eau.

Les Cercopithécinés ont des bajoues, particularités anatomiques, qui sont des extensions spécialisées du vestibule. Elles forment des poches qui servent à stocker la nourriture qui n'est pas mastiquée immédiatement et qui sera ingérée ultérieurement.

La nutrition et la prise de boisson occupent une grande partie des activités journalières, et se produisent pendant des heures durant et non pendant des repas bien limités dans le temps. La recherche de l'alimentation est un exercice important

et stimulant pour le corps et l'esprit. Les cercopithèques errent presque toute la journée en groupe à la recherche de nourriture, ce sont des « mangeurs permanents » (Fiedler, 1975).

3. Le « budget-temps »

L'alimentation tient donc une place importante dans le quotidien des Primates non humains. Des études quantitatives sur les activités journalières des Primates ont été réalisées sur le terrain et en captivité. Le bilan des activités est appelé « budget-temps ». En milieu naturel, la distribution spatiale et temporelle des ressources alimentaires est très complexe, cela implique un investissement important en terme de « budget-temps » pour se nourrir. Cela varie en fonction de la saison, de l'abondance des aliments et du moment de la journée (Allen et Oftedal, 1996 (a)).

Une étude sur le macaque à face rouge, *Macaca arctoides*, montre qu'il passe quotidiennement 14,7% de son temps en moyenne à se nourrir et 2,6% à boire (Bernstein, 1980).

Selon des études concernant les vervets, *Cercopithecus aethiops*, cette espèce consacre 20 à 25% de son temps à se nourrir (Kavanagh, 1978). Trois périodes d'alimentation ont été observées : le matin jusqu'à 11 heures, puis de 14 à 16 heures et enfin de 18 à 19 heures. De plus, ils s'adaptent à leur environnement. Par exemple, quand la température diminue, il consacre moins de temps à se déplacer et à se nourrir afin d'économiser leur énergie pour lutter contre le froid. De même, quand les aliments sont de haute valeur alimentaire, ils ingèrent une quantité plus faible pour couvrir leur besoin et donc passent moins de temps à s'alimenter (Hanya, 2004).

4. La géophagie (Hladik, 1977)

Des observations ont mis en évidence que les Primates prélevaient dans leur environnement naturel de petites quantités de terre et les ingéraient. D'après les ethnologues, ce n'est ni un rituel ni pathologique ; il s'agit d'une habitude alimentaire non généralisée portant sur de petites quantités.

Les études sur des prélèvements de terre ont montré qu'ils ont un pouvoir adsorbant considérable et peuvent jouer ainsi le rôle de « pansement gastrique ». Il semble donc, qu'en plus de l'aspect masticatoire et de la source en minéraux qu'elle

représente, la terre ingérée joue un rôle physico-chimique dans le tube digestif, en facilitant peut-être l'utilisation de certains constituants du régime.

C. Régulation de l'ingestion (Hladik, 1990)

Des facteurs physiques, métaboliques et comportementaux influencent l'ingestion de nourriture quantitativement ou qualitativement. La palatabilité d'un aliment peut également être modifiée par des facteurs psychologiques, physiologiques et pathologiques.

1. Mécanismes de la régulation

Les singes sélectionnent ce qu'ils mangent. Il y a une association entre l'usage d'un aliment et le bien-être (goût sucré, satiété...) ou le mal-être (mauvaise digestibilité...) qu'il provoque. Il en résulte un conditionnement opérant lorsque le singe a le choix entre plusieurs aliments. Chaque système digestif est adapté à une alimentation bien définie. Ainsi, tout choix inadapté provoquera-t-il, à plus ou moins long terme, une sensation désagréable, et ce choix sera donc évité par la suite. L'ingestion de terre (phénomène de géophagie vu précédemment) peut s'expliquer par sa teneur en certains minéraux qui permettent de limiter l'absorption des tannins (substances toxiques présentes dans certains végétaux) et donc d'éviter une sensation désagréable à long terme.

La sélection des aliments fait aussi intervenir leur valeur hédonique, c'est-à-dire la préférence d'un aliment. Enfin, la familiarité d'un individu pour son environnement peut être une variable importante pour l'acceptabilité d'un nouvel aliment.

2. Facteurs influençant les Primates dans le choix des aliments

Il a été démontré plusieurs fois que la prise alimentaire était fonction de nombreux paramètres tels que la période de privation, l'appétence du repas, sa teneur calorique et vitaminique, la température ambiante, et la quantité d'effort à fournir pour obtenir l'aliment. D'après Young (Max Lang, 1970) « les observations montrent, que même si l'aliment proposé couvre les besoins nutritionnels, la

corrélation entre les besoins et l'acceptabilité est loin d'être parfaite. L'acceptabilité d'un aliment dépend des caractéristiques propres à l'aliment (appétence), du contexte environnemental, des habitudes alimentaires, et des conditions chimiques intra-organiques, qui peuvent elles-mêmes être plus ou moins reliées aux besoins métaboliques. »

Les trois groupes de facteurs ayant le plus d'influence sur le choix des aliments sont :

- les facteurs métaboliques, qui regroupent les excitations de la région inorganique provenant des conditions de besoin et de manque,
- les facteurs organoleptiques, qui stimulent les récepteurs sensoriels, de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher et de la perception de la température,
- les facteurs physique et chimique, tels que la dilatation gastrique, la composition moléculaire de la ration.

a. Facteurs métaboliques

Le mécanisme régulant la prise alimentaire correspond à une série de processus neuronaux qui ajustent les apports aux dépenses énergétiques. Le métabolisme des hydrates de carbone joue un rôle intermédiaire essentiel dans ce contrôle.

Des études humaines indiquent par ailleurs, que la sensibilité du goût est contrôlée en partie, par des hormones stéroïdes (Max Lang, 1970). Il a été notamment mis en évidence que des variations circadiennes dans la production endogène d'hormones stéroïdes par les glandes surrénales, étaient associées à des variations circadiennes de la sensibilité du goût. Il paraît très probable qu'une situation identique existe chez les Primates non humains, et que la période de la journée, le climat ou la saison de l'année influence la palatabilité d'un nouvel aliment.

b. Facteurs organoleptiques

En milieu naturel, les animaux détectent la nourriture, évitent les poisons, différencient le comestible du non comestible, cela grâce aux facteurs organoleptiques (Max Lang, 1970). Les récepteurs sensoriels des yeux, de la

bouche, de la muqueuse olfactive et du pharynx sont indispensables à la survie des espèces sauvages, ce qui n'est plus vrai pour les animaux vivant en captivité dans un milieu stable et sans danger. Cependant, ces récepteurs étant développés, il faut en tenir compte.

➤ Le goût

Autant que les humains, les Primates non humains reconnaissent les quatre classes de goût : salé, sucré, amer, acide. Les acides aminés pourraient d'ailleurs jouer un rôle à ce niveau, puisque certains ont été décrits comme sucrés, acides, amers, sulfureux ou insipides (Max Lang, 1970).

Par ailleurs, de nombreuses études ont pu montrer une covariance entre l'ingestion d'aliment et d'eau. Les animaux privés d'aliment ont tendance à boire moins, parce que la quantité d'eau nécessaire aux processus métaboliques est inférieure. Les animaux privés d'eau mangent moins de manière à la conserver. Il apparaît donc que l'eau fournie aux Primates captifs doit être de bonne qualité et avec un goût non désagréable, afin d'assurer une bonne ingestion.

Les individus diffèrent par leur acuité gustative. Les comparaisons de sensibilités des différents Primates, vis-à-vis de solutions de fructose et de saccharose, ont montré que ce sont les espèces de grands formats qui ont les meilleures performances gustatives. Des études sur *Saïmiris scirius* et *Macaca mulatta* ont démontré, notamment, l'importance de la concentration en sucre d'une solution pour sa sélection. Et le classement des sucres suivait l'ordre : sucrose> glucose> maltose> lactose (Max Lang, 1970).

Berkson a montré l'ordre de préférence alimentaire de *Macaca mulatta* qui se présente ainsi (Max Lang, 1970) : raisin sec> raisin> thé> banane> cacahuète> pomme> carotte> patate douce> viande crue> pain complet> pomme de terre> maïs> croquettes industriels> céleri.

➤ L'odorat

Chez l'homme, l'odeur tient un rôle important dans la détermination de ses préférences alimentaires. Des études sur *Macaca mulatta*, *Ateles sp.* et *Cerebus sp.*, ont permis de mettre en évidence une préférence d'origine olfactive plutôt que gustative et ceci en faveur des arômes fruités.

➤ La vue

Draper et Menzel (Max Lang, 1970) ont observé que les adultes *Macaca mulatta* choisissaient, dans un premier temps, les morceaux les plus gros d'un même aliment. La préférence visuelle est comme tout autre apprentissage ; c'est-à-dire que ce comportement sera irréversible et acquis lors d'une période limitée au cours du développement. Le bébé singe reproduit souvent le comportement de sa mère, par mimétisme. Un macaque acceptera plus facilement un nouvel aliment s'il a observé un congénère le consommer. Dans le cas contraire, proposer un aliment inconnu à un individu n'aboutira à rien (Max Lang, 1970).

c. Facteurs physiques

L'appétit est contrôlé par des facteurs déterminant la dilatation gastrique. Le volume du contenu gastrique, mais aussi la pression osmotique des fluides contenus dans l'estomac interviennent : les fluides hypertoniques retardent la vidange gastrique. De même, elle est ralentie par les lipides alors que les hydrates de carbones et les protéines, selon leur état physique, peuvent être rapidement évacués (Max Lang, 1970). Les compositions chimique et physique d'un repas peuvent donc influencer la consommation totale de l'animal, en accélérant ou retardant la vidange gastrique.

Tous ces éléments régulant l'ingestion sont à prendre en compte pour nourrir correctement les singes en parcs zoologiques. Il faut que les rations soient adaptées à leurs physiologies, à leurs comportements alimentaires et à leurs besoins pour éviter une malnutrition et les pathologies qui en résultent.

II. BESOINS NUTRITIONNELS

A. Définition

Chez l'adulte, l'alimentation doit apporter les éléments nécessaires au fonctionnement et au renouvellement permanent de l'organisme, mais aussi couvrir les dépenses supplémentaires, dites de production. Les besoins nutritionnels sont de différentes natures : besoins en énergie, en éléments constitutifs et catalytiques.

Un même animal au cours de sa vie voit ses besoins évoluer puisqu'ils dépendent de nombreux facteurs comme l'âge (croissance, vieillesse), le statut physiologique, l'état de santé ou l'activité physique. On peut hiérarchiser les besoins en nutriments en fonction de leur importance vitale pour l'organisme : Eau > énergie > protéines brutes > minéraux > éléments catalyseurs. L'organisme a peu de réserves pour l'eau et les protéines, par contre il pourra compenser quelques temps un déficit en énergie grâce à son tissu adipeux, ou en calcium et phosphore grâce aux réserves osseuses. Mais, en cas de carence importante, on observera des signes cliniques à court ou moyen terme selon le nutriment mis en cause. Pour les animaux en captivité, il faut aussi se méfier des rations trop riches : les soigneurs ont tendance à surdoser pour être sûrs que les jeunes et les dominés aient suffisamment à manger. Le risque est que les dominants mangent plus que leurs besoins et deviennent obèses (NRC, 2003).

Il est très difficile de définir les besoins énergétiques d'une espèce car il faut non seulement connaître sa physiologie, ses capacités de digestion, mais aussi ses besoins à tous les stades de sa vie. Définir une ration idéale n'est pas significative en milieu naturel puisque l'alimentation dépend de la saison ou encore de l'habitat, et que les quantités d'aliments réellement ingérées ne peuvent être mesurées. On comprend qu'il est impossible de connaître les besoins nutritionnels de plus de 200 espèces de Primates. Les besoins en énergie ont été étudiés pour une vingtaine d'entre elles et ceux en protéines, en vitamines et en minéraux pour une dizaine d'espèces. Ces résultats ont été présentés en 1978 dans « Nutrient requirement of nonhuman Primates » (du « National Research Council »). Une seconde édition est sortie en 2003 et servira de base à ce travail.

Des données résultant des études réalisées sur *Macaca rhesus* et *Macaca fascicularis* ont permis d'estimer les besoins des trois espèces de cercopithèques qui nous intéressent. Les besoins des animaux sauvages sont souvent exprimés en pourcentage de matière sèche de l'aliment (% MS). Cela ne tient pas compte du fait que la quantité ingérée par un animal est régulée par la couverture de ses besoins en énergie. Les besoins exprimés en fonction de la densité énergétique sont donc plus précis mais ne sont pas définis pour la majorité des espèces sauvages (Allen et Oftedal, 1996 (b)).

B. Recommandations générales (Tableaux 1 et 2)

1. Eau

L'eau est un élément indispensable que l'on trouve sous forme d'eau de boisson ou dans les aliments en proportion très variable. Les besoins en eau dépendent essentiellement de la thermorégulation. Les animaux sont capables d'ajuster le choix des aliments ingérés en fonction de leur besoin, et de la teneur des aliments en eau. Il est donc risquer d'échanger un aliment contre un autre, s'il a une moindre teneur en eau (Allen et Oftedal, 1996 (c)). En moyenne, le besoin en eau pour ces trois espèces est de 100ml/kg/j (NRC, 2003).

2. Energie

L'énergie n'est pas un nutriment au sens chimique du terme. Il s'agit d'un carburant indispensable pour l'organisme, obtenu principalement à partir des glucides et lipides au cours de réactions métaboliques. On considère que les besoins énergétiques sont couverts si l'animal a un poids constant. Si la ration est trop énergétique, on risque de voir apparaître des problèmes d'obésité. En cas de manque d'énergie, l'animal peut utiliser ses réserves que sont le glycogène pour les glucides et le tissu adipeux pour les lipides. Si la carence persiste, les protéines musculaires peuvent être utilisées comme source d'énergie par l'organisme, mais cela n'est pas sans conséquences. Par exemple, si on ne donne que des fruits, pauvres en calories, l'animal ne pourra pas toujours compenser et sera donc maigre, abattu, amyotrophié et hypoglycémique.

Chez les Primates, les besoins sont exprimés en énergie métabolisable, ce qui représente l'énergie ingérée à laquelle on soustrait les pertes fécales et urinaires. L'unité est la kilocalorie. En nutrition humaine, où l'on utilise aussi l'énergie métabolisable, Atwater a défini des coefficients de conversions (Tableau 1) exprimant la contribution de chaque nutriment à la couverture énergétique (NRC, 2003). Ces données sont valables pour une ration ne contenant pas trop de fibres. Pour des rations dites spécifiques ou dont la teneur en fibres est élevée et donc la digestibilité moindre, on utilise d'autres coefficients.

Tableau 1 : coefficients de conversion d'après Atwater (NRC 2003)

Nutriments	Valeur énergétique en Kcal/g
Glucides	4
Protéines	4
Lipides	9

L'énergie apportée par la ration doit couvrir les dépenses liées à l'entretien et ceux liés à la production. Il faut, tout d'abord, définir les besoins de base (BB). Ce sont ceux d'un animal en neutralité thermique, qui ne produit rien, ne bouge pas et dont les dépenses énergétiques sont liées à la station debout, à la nutrition (ingestion, mastication, digestion) et à la respiration. Ils assurent les fonctions vitales. On utilise une formule valable pour tous les animaux qui dépend uniquement du poids vif (PV) : $BB=70*PV^{0,75}$

Mais en pratique, il faut connaître le besoin d'un animal à l'entretien (BE), exprimé en énergie métabolisable (EM). C'est l'énergie nécessaire au métabolisme de base, à la thermorégulation et à une activité physique minimale (recherche de nourriture). Les besoins d'un singe en milieu naturel sont donc plus importants que pour un même singe élevé en captivité. En effet, pour ce dernier, les dépenses physiques dépendent de la conception et de la taille de l'enclos qui offrent plus ou moins de possibilités de déplacement. Les dépenses liées à la thermorégulation dépendent quant à elles, de la présence d'abris et de bâtiments chauffés.

Le besoin énergétique dépend, en outre, de multiples facteurs tels que le sexe, l'âge, la santé et le stade physiologique. Un animal pratiquant une activité physique intense ou étant en croissance ou malade verra ses besoins augmentés. Il en est de même pour une femelle gestante ou en lactation. Dans tous les cas, les besoins énergétiques s'expriment en kilocalories (kcal) d'énergie métabolisable (kcal EM) selon la formule : $BE = BB*X$, où « X » est un facteur multiplicateur adapté à l'animal et à son activité.

Des travaux ont permis de quantifier les besoins énergétiques quotidiens de plusieurs espèces de Primates non humains adultes en captivité. Pour cette étude, on utilisera les valeurs connues pour le macaque du genre *fuscularis* ($X = 1,39$), espèce au format et au régime alimentaire proches des trois espèces étudiées. Le besoin à l'entretien est donc : $BE = 97*PV^{0,75}$.

Ce travail porte sur trois hardes prises dans leur ensemble. Toutefois, les besoins spécifiques des mâles, des femelles à l'entretien ou en reproduction ou encore des jeunes en croissance sont pris en compte. Ces calculs sont détaillés en deuxième partie.

3. Protéines (Tableau 2)

Les protéines représentent quasiment la seule source d'azote dans l'alimentation des Primates, elles sont indispensables au métabolisme et à la constitution de l'organisme. Il existe d'une part, les protéines constitutives que l'on trouve dans tous les tissus notamment dans les muscles et d'autre part, les protéines dites fonctionnelles comme les enzymes, les immunoglobulines, etc.

Peu de données précises existent sur les besoins protéiques des espèces qui nous intéressent, hormis pour le macaque. On utilisera donc ces valeurs (Tableau 2) assez approximatives car peu d'études ont été réalisées chez cette espèce. Ces travaux ont mis en évidence une diminution des besoins protéiques avec l'âge. Par ailleurs, les besoins en protéines augmentent en période de gestation, de lactation, de stress ou encore de maladie (Ofstedal et Allen, 1996 (b)).

La qualité et la digestibilité des protéines ingérées conditionnent aussi les besoins. La qualité d'une protéine dépend de sa composition en acides aminés essentiels. On parle d'acides aminés essentiels car les animaux ne peuvent pas les synthétiser. Chez les Primates non humains et humains, les acides aminés essentiels sont : lysine, méthionine, tryptophane, thréonine, phénylalanine, valine, leucine, isoleucine, histidine, arginine. La quantité de protéines à apporter dépend aussi de leur digestibilité. Celle-ci varie en fonction de la structure et des propriétés de la protéine elle-même et d'autres facteurs extrinsèques comme la composition générale de la ration, l'âge de l'animal ou encore le traitement thermique effectué.

Les sources de protéines sont variées, aussi bien d'origine végétale (graines, légumes...) qu'animale (viande, poisson, lait, oeuf).

**Tableau 2 : apports recommandés pour le macaque et intervalles valables pour les Primates de l'ancien monde (en pourcentage de matière sèche)
(source principale : NRC, 2003).**

Nutriments	Unité	Macaques	MINI*	MAXI*
Protéines brutes	% MS	7,6-15,1	6,4	16,7 ^b
Acides gras essentiels: oméga 3	% MS	0,5	0,5	--
Acides gras essentiels: oméga 6	% MS	2	2	--
Fibres: NDF	% MS	10	10	30
Calcium	% MS	0,55	0,54 ^a	0,8
Phosphore	% MS	0,33	0,33	0,6 ^b
Magnésium	% MS	0,04	0,04	0,17 ^b
Potassium	% MS	--	0,4	1,1
Sodium	% MS	--	0,2	0,65
Chlore	% MS	--	0,2	0,55
Fer	mg/kg MS	100	100	200 ^b
Cuivre	mg/kg MS	15	12	20
Manganèse	mg/kg MS	44	20	--
Zinc	mg/kg MS	13 (20 pour croissance)	11 ^b	100
Iode	mg/kg MS	--	--	0,35 ^b
Vitamine A	UI/kg MS	5000	8000	14000 ^b
Vitamine D3	UI/kg MS	1000	1000	3000
Vitamine E	mg/kg MS	68	54 ^a	100
Vitamine K	mg/kg MS	0,06-3	0,5	12
Vitamine B1	mg/kg MS	1,1	1,1	3
Vitamine B2	mg/kg MS	1,7	1,7	4
Vitamine B3	mg/kg MS	1,5	--	4
Vitamine B5	mg/kg MS	20	12	--
Vitamine B6	mg/kg MS	4,4	2,7 ^a	4,4
Vitamine PP	mg/kg MS	16	16	56
Vitamine B8	mg/kg MS	0,11	0,11	0,2
Vitamine B12	mg/kg MS	0,011	0,011	0,03
Vitamine C	mg/kg MS	110	55	110

*Ces valeurs ne représentent pas un seuil de toxicité ou de carence.

-- : pas de valeurs connues

^asource: Jansen et Nijboer, 2003.

^bsource: Oftedal et Allen, 1996 (b).

4. Glucides (Tableau 2)

Les glucides sont les composés les plus abondants dans les végétaux après l'eau. Ils sont présents aussi bien dans les parties souterraines (tubercules et racines) qu'aériennes (feuilles, fleurs, graines et fruits).

On distingue les glucides hydrolysables ou cytoplasmiques, des fibres ou glucides pariétaux.

a. Les glucides hydrolysables

On différencie les sucres simples, à absorption rapide que l'on trouve dans le miel et les jus de fruit, des sucres complexes, plus difficiles à dégrader, qui sont à absorption lente. Ces derniers sont présents dans les féculents. La digestion des sucres simples fournit différents oses comme le fructose et le glucose. Les sucres complexes comme l'amidon apportent majoritairement du glucose. Cette molécule, importante pour le transport de l'énergie au sein de l'organisme, est appelée le « carburant de l'organisme ».

Ces glucides apportent au minimum 40% de l'énergie métabolisable dans l'alimentation des Primates. Par ailleurs, ils sont aussi des précurseurs de nombreuses molécules comme les acides gras, certains acides aminés non essentiels ou encore le glycogène (forme de réserve d'énergie dans le monde animal).

b. Les fibres

Les fibres représentent la partie glucidique qui résiste aux sécrétions digestives des animaux mais qui peut être dégradée par des micro-organismes présents dans le colon. Il en existe deux catégories : les fibres insolubles comme la cellulose, les hémicelluloses et autres oligosaccharides, et les fibres solubles comme les gommages ou les pectines.

Le principal rôle des fibres, chez les non herbivores, est de stimuler le transit, surtout les fibres insolubles. De plus, elles provoquent un appel d'eau et conditionnent ainsi la consistance des selles. Les fibres diminuent la digestibilité de la ration et par conséquent entraînent une augmentation de l'ingestion.

Il existe différentes méthodes d'analyse des fibres d'un aliment parmi lesquelles celle de Van Söest qui, par l'utilisation successive de différents détergents, solubilisent progressivement les différents types de fibres. On mesure, par exemple, la quantité de NDF (Neutral Detergent Fiber) obtenue après dissolution du contenu cytoplasmique et des pectines. Il s'agit donc de la quantité de cellulose, d'hémicellulose et de lignine. Dans la table des recommandations des Primates du NRC, on peut lire les besoins en NDF. Or, dans les tables d'alimentation on trouve la teneur totale en fibres des aliments (TDF : Total Dietary Fiber) obtenue selon la méthode officielle. TDF représente la quantité de cellulose, d'hémicellulose, de lignine, de substances pectiques, de gomme et de mucilage. Pour permettre l'analyse des rations, on admet que la teneur totale en fibres d'un aliment (TDF) est comparable aux besoins en NDF des animaux.

5. Lipides (Tableau 2)

Les lipides tiennent leur importance de leurs trois rôles biologiques : ils produisent une grande quantité d'énergie en se dégradant, ils sont des constituants importants des membranes cellulaires (phospholipides) et sont les précurseurs de molécules impliquées dans de nombreuses fonctions de l'organisme (Kruh, 1995).

Les lipides sont des esters d'acide gras et d'un alcool (le glycérol, cholestérol). Les acides gras que l'on trouve majoritairement dans l'alimentation des Primates sont composés de 16 ou 18 carbones. Ils peuvent avoir une ou plusieurs doubles liaisons, on parle alors d'acides gras insaturés. On utilise alors la notation « oméga n » ou « ω n » avec « n » qui est un chiffre indiquant sur quel carbone se place la première double liaison en comptant à partir de l'extrémité non oxydée. Ceux qui nous intéressent surtout, sont les oméga 3 et oméga 6. Ils sont dits « essentiels » car les animaux ne peuvent pas les synthétiser, ils doivent donc être présents dans l'alimentation (Innis, 1991). Les précurseurs de ces deux familles sont l'acide linoléique (oméga 6) et l'acide linoléique (oméga 3). A partir de ces deux acides gras, l'organisme est capable de synthétiser par élongation et/ou désaturation des acides gras notamment ceux indispensables pour son cerveau et des eicosanoïdes. Chez les Primates, l'acide docosahexanoïque (C22 :6 oméga 3) et l'acide arachidonique (C20 :4 oméga 6) sont des molécules indispensables au bon développement prénatal et postnatal du système nerveux et de la rétine (Diau *et al.*,

2003 ; Mac Cann et Ames, 2005). Il est donc important de respecter les besoins d'une femelle gestante puis du nouveau-né (Neuriger *et al.*, 1996). Or ces besoins sont difficiles à définir car on ne connaît pas l'efficacité du transfert in utero des acides gras essentiels entre la mère et le fœtus.

En ce qui concerne les sources de ces graisses, les huiles végétales contiennent toutes des acides gras à 18 carbones, l'acide linoléique est dominant dans les huiles de soja et de tournesol et l'acide linoléique, dans celles de lin. Le poisson gras est la principale source d'oméga 3 (Meyer *et al.*, 2003).

6. Minéraux

Les minéraux ont un rôle général dans le maintien de la pression osmotique. Ils tiennent aussi leur importance de leurs fonctions spécifiques ainsi que de la gravité des affections résultant d'altération de leur métabolisme.

Il existe 7 minéraux majeurs aussi appelés macroéléments que sont le calcium, le phosphore, le magnésium, le potassium, le soufre, le sodium et le chlore. Pour les autres minéraux, on parle d'oligoéléments.

a. Les macroéléments

➤ Calcium

Le calcium est abondant dans l'organisme. 98% du calcium est présent dans les os mais il intervient aussi dans de nombreuses fonctions comme la conduction nerveuse, la contraction musculaire ou encore la coagulation. L'os est une réserve labile, ainsi une alimentation pauvre en calcium sera-t-elle compensée par une mobilisation du calcium osseux. Cela sera, à long terme, à l'origine de troubles de la croissance chez le jeune (rachitisme) ou de déminéralisation des os chez l'adulte (ostéofibrose). La calcémie est régulée par la parathormone, la calcitonine et la vitamine D qui adaptent l'absorption, la mobilisation et l'élimination du calcium aux besoins.

Les besoins en calcium varient en fonction du stade physiologique : croissance, gestation ou lactation... Ce qui est vraiment important c'est le rapport calcium/phosphore qui doit être compris entre 1/1 et 2/1. Ce rapport doit être

impérativement respecté durant la croissance et au moment du pic de lactation (Allen et Oftedal, 1996 (c)).

Si le lait et ses produits dérivés sont très riches en calcium, beaucoup d'aliments, comme les fruits et les graines par exemple, sont pauvres en calcium et ont un rapport calcium/phosphore trop faible. La conséquence d'un tel déséquilibre est une déminéralisation osseuse (Allen et Oftedal, 1996 (c)).

➤ Phosphore

Son importance relève de son action dans l'ossification, la régulation du pH intracellulaire et le métabolisme énergétique.

Les aliments sont généralement riches en phosphore mais apporte peu de calcium (Allen et Oftedal, 1996 (c)). On trouve le phosphore dans les céréales, le fromage, la viande et le poisson. Les végétaux ne sont pas une bonne source de phosphore car il est sous forme de phytates utilisables uniquement par les ruminants.

➤ Magnésium

Il est aussi un constituant essentiel des os. De plus, il permet l'activation d'enzymes intervenant dans différents domaines : conduction nerveuse, contraction musculaire, synthèse de protéines, d'acides gras et d'acide nucléique. On le trouve dans les végétaux.

➤ Potassium

Il s'agit du principal cation intracellulaire, il est indispensable à de nombreux processus physiologiques comme l'excitabilité des cellules et le maintien de la pression osmotique intracellulaire.

Le potassium est ubiquiste (viande, légumes, fruits, lait), il est donc rare d'observer des carences chez les animaux.

➤ Sodium

Le sodium est le principal cation du milieu extracellulaire, il joue un rôle essentiel dans le maintien de la pression osmotique et le métabolisme de l'eau.

Les troubles de la natrémie sont rares chez un animal sain qui a un accès à de l'eau fraîche. Le sodium se trouve dans la plupart des aliments mais en ce qui concerne les végétaux, leur teneur en sodium dépend des caractéristiques du sol.

➤ Chlore

Les chlorures interviennent essentiellement comme anions contrebalançant la charge du sodium dans le milieu extracellulaire. Ainsi, les variations de la chlorémie sont-elles parallèles à celles de la natrémie et déterminées par l'état d'hydratation.

➤ Soufre

C'est un composant des acides aminés comme la cystéine ou la méthionine et des vitamines B comme la thiamine ou la biotine.

b. Les oligoéléments

On les appelle ainsi car ils existent dans l'organisme à l'état de traces mais jouent un rôle biologique indispensable, le plus souvent catalyseurs. La concentration de ces éléments est exprimée en « partie par million » (ppm). Il existe de nombreuses interactions entre les minéraux qui modifient leur digestibilité ce qui rend compliqué la détermination des apports recommandés.

➤ Fer

Le fer intervient essentiellement dans la structure et la fonction des hétéroprotéines héminiques : hémoglobine, myoglobine, cytochromes.

Les besoins en fer varient en fonction du stade physiologique : la croissance, la gestation et la lactation sont des périodes durant lesquelles les besoins sont augmentés.

Les végétaux renferment de fortes concentrations de fer, on en trouve aussi dans les œufs, la viande et les abats. Le lait est assez pauvre en fer.

➤ Cuivre

Le cuivre est un cofacteur de nombreuses enzymes, il intervient notamment dans l'hématopoïèse, dans la synthèse du tissu conjonctif et de la mélanine. Certaines enzymes contenant du cuivre ont un rôle dans le métabolisme du fer.

Les aliments riches en cuivre sont les féculents, les légumes secs et le foie (Porrini, 1998).

➤ Zinc

Le zinc est le cofacteur de nombreuses métalloenzymes et métalloprotéines et intervient donc dans de multiples processus physiologiques, comme la synthèse de prostaglandines et le métabolisme des acides gras polyinsaturés.

Tout comme le phosphore, le zinc d'origine végétale se trouve souvent sous forme de phytates qui ne sont pas absorbés. Les fruits et les légumes sont pauvres en zinc alors que les produits d'origine animale sont de bonnes sources.

➤ Sélénium

Le sélénium est la coenzyme de la glutathion peroxydase qui protège les cellules de l'oxydation en réduisant les peroxydes lipidiques, produits terminaux dangereux de l'oxydation des lipides. Le sélénium agit donc en coopération avec les autres systèmes anti-oxydants, comme la vitamine E.

Les abats, les céréales et les poissons sont assez riches en sélénium.

➤ Manganèse

Le manganèse est en concentration importante dans le squelette mais aussi dans le foie, le rein et le pancréas. Il rentre dans la constitution de métalloenzymes intervenant dans le métabolisme énergétique et dans le développement de la matrice organique des os.

Les besoins en manganèse sont plus importants pendant la période de reproduction (surtout pour le développement du fœtus) que pendant la croissance. (Allen et Oftedal, 1996 (c)).

➤ Iode

Son rôle est de participer à la structure des hormones thyroïdiennes qui régulent le métabolisme de base, un manque d'iode affectera tout le métabolisme et provoquera des troubles de la croissance.

Les principales sources d'iode sont les aliments marins comme les poissons, les crustacés et les algues. Pour compléter les rations on peut utiliser du sel de cuisine iodé.

➤ Cobalt

Il est un constituant de la vitamine B12. Il n'y a pas de données concernant les besoins chez les Primates non humains (NRC, 2003).

7. Vitamines (Tableau 2)

Les vitamines sont des molécules que l'animal ne peut pas synthétiser, il doit donc les trouver dans son alimentation, telles quelles ou sous forme de provitamines. Les vitamines sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme et leur carence peut être à l'origine de pathologies spécifiques. On distingue deux groupes :

- les vitamines liposolubles : les vitamines A, D, E, K,
- les vitamines hydrosolubles : les vitamines B, C.

a. Les vitamines liposolubles

➤ Vitamine A

La vitamine A, appelée aussi rétinol, intervient au niveau de la rétine pour la vision crépusculaire, la multiplication et la différenciation des cellules.

Les besoins en vitamine A chez les Primates non humains sont d'environ 8000 UI/kg de matière sèche. Pour compléter la ration, on peut utiliser une source spécifique comme le palmitate de rétinol qui est préparé sous forme de granulés avec de la gélatine qui protège la vitamine contre l'oxydation (NRC, 2003).

La vitamine A est présente dans les tissus d'origine animale alors que dans les végétaux on trouve ses précurseurs, les caroténoïdes, qui seront transformés en rétinol au niveau de l'intestin. La conversion de caroténoïdes en vitamine A active a

été démontrée chez le macaque rhésus, *Macaca rhesus*, mais on n'en connaît pas l'efficacité. La teneur en provitamine A des végétaux dépend énormément de l'espèce, du sol sur lequel elle a poussé, de la conservation et de la transformation subie par l'aliment.

➤ Vitamine D

La vitamine D joue un rôle essentiel dans la régulation du métabolisme phosphocalcique : elle régule la calcémie en améliorant l'absorption du calcium tout en minimisant son élimination urinaire. La vitamine D est donc hypercalcémiant mais aussi minéralisante : elle permet le maintien d'un pool phosphocalcique disponible pour la minéralisation osseuse. La vitamine D exerce d'autres rôles biologiques : elle intervient dans l'hématopoïèse, la sécrétion d'insuline, la croissance et la différenciation cellulaire.

Les deux principaux composés de cette famille sont : la vitamine D2, ou ergocalciférol, d'origine végétale moins biologiquement active que la vitamine D3, ou cholécalciférol, d'origine animale. Cette dernière est synthétisée à partir du cholestérol dans les couches basales de l'épiderme, sous l'influence des rayons ultraviolets de la lumière. La vitamine D de l'organisme a donc deux sources : l'une exogène alimentaire, et l'autre endogène, qui nécessite l'action du soleil sur la peau. La vitamine D n'est donc pas un élément essentiel de l'alimentation des Primates s'ils sont suffisamment exposés au soleil. Dans le cas contraire, il faut leur apporter une source lumineuse artificielle ou compléter leur ration (NRC, 2003).

Les aliments d'origine animale (poissons, œufs, lait) sont assez riches en vitamine D3, alors que les végétaux n'en contiennent pas. Seules leurs parties vertes apportent de la vitamine D2. On peut ajouter pour les Primates, comme source de vitamine D, l'ingestion de peau et de sécrétions cutanées lors des séances de toilettage (Allen et Oftedal, 1996 (b)).

➤ Vitamine E

Diverses substances ont une activité vitaminique E. On les regroupe sous le terme de tocophérols. La vitamine E est le principal anti-oxydant de la membrane cellulaire. Mais, il existe d'autres systèmes antioxydants au niveau des cellules comme la vitamine C ou la glutathion peroxydase dont le coenzyme est le sélénium.

Cette enzyme est riche en acides aminés soufrés. Il existe donc une interaction entre la vitamine E, le sélénium et les acides aminés soufrés. L'oxydation est un processus nécessaire à l'assimilation de la nourriture, au fonctionnement des organes et du système immunitaire. Mais quand elle est effrénée, elle crée plus de dommages que de bénéfices : c'est là qu'interviennent les mécanismes de défense anti-oxydants. La vitamine E bloque la production de radicaux libres et protège les acides gras insaturés de la membrane des cellules.

Les besoins sont plus importants chez un animal parasité, malade, stressé ou encore un animal qui reçoit une alimentation riche en acides gras polyinsaturés. Il faudra alors penser à compléter sa ration en vitamine E. Ainsi, les besoins en vitamine E varient-ils en fonctions de nombreux facteurs comme l'importance du stress oxydatif et la teneur de la ration en graisse, en sélénium, en acides aminés soufrés et en vitamine C (Dierenfield, 1999).

Les tocophérols sont largement répandus dans la nature. En effet, les germes de céréales et certaines huiles sont de bonnes sources de vitamine E mais la viande et le lait en contiennent peu (Porrini, 1998).

➤ Vitamine K

Elle intervient dans la synthèse de facteurs de la coagulation comme la prothrombine ou le facteur de Stuart. Il existe plusieurs formes de vitamine K : la vitamine K1 synthétisée par les plantes et la vitamine K2 par les micro-organismes. La synthèse bactérienne, se déroulant dans la partie terminale du tube digestif des Primates, est assez importante, ce qui rend les besoins alimentaires en vitamine K assez faibles. Ignorant l'efficacité précise de cette synthèse les besoins minimums sont difficiles à définir.

Cette vitamine est largement présente dans la nature, spécialement dans les légumes à feuilles comme les épinards, le chou, la laitue. Il y a cependant, peu de données complètes sur la teneur des aliments en vitamine K. Elle est stable à l'air et à la chaleur mais très sensible à la lumière et peut donc être détruite pendant la conservation des aliments (Porrini, 1998).

b. Les vitamines hydrosolubles

➤ Les vitamines B

Les vitamines B représentent un groupe très polymorphe et interviennent dans différentes voies du métabolisme glucidique, protéique, lipidique et dans la synthèse des acides nucléiques. Elles sont donc indispensables. Les principales sources des vitamines B sont présentées ici.

La thiamine (vitamine B1) se trouve principalement dans la levure, le foie et la viande. Concernant les céréales, on retrouve cette vitamine au niveau du germe et du péricarpe (Porrini, 1998). Par ailleurs, il existe des thiaminases, dans certains végétaux comme les fougères ou les prêles et dans les poissons gras, qui inactivent la vitamine B1 (Allen et Oftedal, 1996 (c)).

La riboflavine (vitamine B2) est présente en grande quantité dans le lait et les œufs (Porrini, 1998).

L'acide folique (vitamine B3) est surtout présente dans les légumes verts et en particulier les légumes à feuilles comme les épinards, les choux, les brocolis mais aussi les fruits comme les oranges, les melons ou encore les abats et les œufs.

L'acide pantothénique (vitamine B5) est particulièrement abondant dans les céréales, le lait et les œufs (Porrini, 1998).

La viande, les céréales non raffinées et leurs dérivés, les œufs sont de bonnes sources de pyridoxine (vitamine B6). Les fruits et les légumes en apportent également mais en moindre quantité. Il existe des inhibiteurs de cette vitamine dans le lin et dans certains médicaments.

La niacine (vitamine PP) peut être synthétisée à partir du tryptophane, acide aminé essentiel. On retrouve cette vitamine dans la levure et dans la viande (Porrini, 1998).

La biotine (vitamine B8) est présente dans divers aliments comme les légumes, ou le chocolat. Il existe des anti-biotines dans les blancs d'œuf.

La cobalamine, vitamine B12, est présente dans les produits d'origine animale (foie, rognon, viande, poisson, œuf) et est pratiquement absente dans les végétaux. Une hypothèse suggère que la vitamine B12 chez les Primates non humains soit synthétisée par des micro-organismes au niveau du tractus gastro-intestinal. Les singes, qui pratiquent la géophagie, ingèreraient la cobalamine se trouvant dans leur fécès.

➤ Vitamine C

La plupart des Primates, comme l'Homme ne peut pas synthétiser cette vitamine qui doit donc être apportée par les aliments avec un supplément adéquat si nécessaire.

Cette vitamine assume une fonction essentielle dans de nombreuses réactions impliquées dans :

- la formation du collagène, composant fondamental du tissu conjonctif, de la peau, ou du tissu osseux,
- le métabolisme de certaines hormones stéroïdes et de certains lipides, comme par exemple dans la transformation du cholestérol en acide biliaire,
- la synthèse de la carnitine, présente dans les cellules musculaires, cardiaques et hépatiques, qui facilite le transport des acides gras,
- la synthèse de certains neurotransmetteurs fondamentaux pour le fonctionnement du système nerveux.

La vitamine C favorise également l'absorption du fer au niveau intestinal puis sa distribution dans l'organisme. Une carence en vitamine C peut donc être à l'origine d'une anémie. Cette vitamine a des propriétés anti-oxydantes et intervient également dans le bon fonctionnement des défenses immunitaires.

Elle est principalement présente dans les fruits, les légumes, le foie, le poisson et le lait mais très peu dans la viande (Ratterree *et al.*, 1990). Elle est très

sensible à la lumière, la chaleur et l'oxygène et peut donc être détruite lors de la conservation et la cuisson des aliments.

C. Cas particuliers

La gestation, la lactation et la croissance sont des périodes sensibles aux carences. Il existe cependant peu de données concernant les besoins recommandés pour ces statuts physiologiques particuliers (Tableau 3).

1. La femelle gestante ou allaitante

Globalement, les besoins d'une femelle gestante sont peu augmentés si ce n'est en fin de gestation où ils augmentent légèrement pour préparer la lactation.

Les carences sont évitées par un apport suffisant en nutriments mais aussi par des mécanismes d'adaptation qui se mettent en place lors de la gestation. Chez la femme enceinte, on note d'une part une augmentation spontanée de la consommation alimentaire et d'autre part une absorption augmentée des nutriments (fer et calcium entre autres), ce qui permet de répondre à ses besoins. Ainsi, les mécanismes d'adaptation permettent à des femmes bien nourries, en bonne santé, ayant à leur disposition une alimentation variée, de mener une grossesse normale à son terme (Martin *et al.*, 2001).

Chez les Primates non humains, durant la gestation, aucune augmentation significative de l'ingestion n'a été observée, ce qui a permis de conclure à une utilisation plus efficace des nutriments apportés par les aliments chez une femelle gestante que chez une femelle non gestante (Kemnitz et al, 1984). Pendant la lactation cela est différent. L'augmentation de l'ingestion notée durant cette période permet de répondre aux besoins qui sont très augmentés (NRC, 2003). La lactation (production et sécrétion de lait) est, en effet, la période physiologique qui demande le plus d'énergie. Durant cette période, le besoin en calcium est plus important et c'est l'augmentation de l'ingestion et la mobilisation des réserves osseuses qui permettent de répondre aux besoins. Les réserves seront reconstituées par la suite (Tableau 3).

2. Jeunes en croissance

Les besoins durant la croissance sont exprimés en fonction du poids. En ce qui concerne l'énergie il y a une augmentation du besoin par unité de poids jusqu'à un pic puis il diminue et se stabilise à l'âge adulte (Ofstedal et Allen, 1996 (b)). Des études ont permis d'établir que les besoins énergétiques d'un adulte diminuent de 30 à 50 % par rapport à ceux d'un jeune de la même espèce (NRC, 2003).

Les besoins précis d'un jeune singe en croissance sont peu connus. Le tableau 3 donne donc une idée des besoins mais aucune valeur spécifique des espèces étudiées.

Durant cette période, un apport correct d'acides aminés essentiels, d'acides gras essentiels, de vitamines et de minéraux est indispensable au risque de provoquer un arrêt de la croissance, une sensibilité accrue aux infections voire la mort de l'animal (NRC, 2003).

Si les besoins d'un jeune en croissance sont importants, il faut tenir compte de la capacité d'ingestion qui est plus faible que celle d'un adulte de la même espèce et donc donner des aliments concentrés en énergie et en protéines.

Tableau 3 : recommandations particulières selon le statut physiologique pour les Primates non humains (NRC, 2003).

	Croissance	Gestation	Lactation
Energie	200 à 300 Kcal/kgPV/j	Augmentation* de 30%	Augmentation* de 50 à 100%
Protéines	Environ 4g/kg PV/j	Augmentation* de 25%	Augmentation* de 50%
Calcium	150 mg/kg PV/j	=	=

(*) Augmentation par rapport aux besoins d'une femelle à l'entretien.

(=) Besoin identique à ceux d'une femelle à l'entretien

III. PRATIQUE DU RATIONNEMENT

A. Les aliments

Un aliment brut a ses caractéristiques propres concernant son apport en énergie, sa teneur en protéines brutes, en minéraux, etc. Mais cela ne correspond

pas à ce que l'aliment fournit à l'organisme : durant le processus de digestion et au travers des réactions métaboliques, il y a des pertes. Il faut donc s'intéresser à la digestibilité d'un aliment et à son efficacité métabolique. Le mieux est de connaître pour chaque élément la quantité dite « nette », c'est-à-dire réellement utilisable par l'organisme. Malheureusement, cela n'est connu que pour quelques espèces.

Pour les aliments des Primates, l'énergie est exprimée en énergie métabolisable (EM) et la composition chimique de l'aliment permet d'estimer la quantité des différents constituants alimentaires (protéines brutes, matières grasses, minéraux...).

B. Leur distribution

1. Présentation des aliments et de la boisson

Il est conseillé de donner deux principaux repas associés à des distributions de quantité moindre, dispersées dans la journée. L'objectif étant d'augmenter le temps imparti à l'alimentation (NRC, 2003).

La nourriture peut être servie sur des plateaux, dans des bols ou des récipients accrochés au mur. Leur fond devra être percé de trous permettant l'évacuation de l'eau (NRC, 2003).

Tous les animaux doivent avoir accès facilement à leur repas, sinon les dominants mangent trop, trient et deviennent trop gras, et les dominés, carencés, dépérissent. Cela implique de déposer les aliments dans des lieux accessibles, mais surtout suffisamment nombreux et dispersés pour que tous les animaux puissent se nourrir en même temps sans qu'aucun animal n'empêche les autres de se nourrir. Il ne faut donc pas regrouper les mangeoires. La densité des mangeoires et des abreuvoirs doit être fonction du nombre d'animaux présents, c'est-à-dire d'autant plus grande qu'il y a d'animaux dans l'enclos (Gangloff, 1990).

D'autre part, des études ont montré que l'habitude de couper les fruits et légumes en morceaux avant de les offrir aux singes est inutile. Certains des comportements de manipulation des Primates ont évolué précisément dans le contexte de la préparation de la nourriture : ainsi, un fruit cueilli de la branche est nettoyé et la peau enlevée. Un fruit entier est plus intéressant pour un macaque que

des lamelles du même fruit, et les observations font apparaître que l'intérêt porté au premier type de fruit est plus intense comparé aux fruits coupés (Turner, 2006).

L'eau doit être propre, fraîche et disponible à volonté. On peut mettre des seaux d'eau car certains Primates aiment bien tremper les fruits et légumes afin de les laver avant de les manger. La qualité de l'eau doit être surveillée si elle ne provient pas du réseau urbain.

2. Enrichissement du milieu

Comme cela a été expliqué auparavant il est indispensable d'enrichir le milieu des animaux en captivité et l'alimentation est un bon moyen pour augmenter la complexité des enclos. Cacher les aliments, donner des fruits et légumes entiers, ni épluchés ni décortiqués, les placer dans une boîte avec des trous (Bonnotte, 1997) sont autant de moyens d'occuper les animaux qui passeront du temps à chercher et à préparer leur repas. L'animal fabrique ainsi sa ration en préparant les aliments et en surmontant des difficultés pour les obtenir. L'enrichissement alimentaire a des effets positifs sur les singes qui deviennent plus actifs et présentent moins de comportements stéréotypés (Marriner et Drickamer, 2005).

Par ailleurs, dans la nature, la nourriture abondante et diverse. Ainsi, un régime constitué de fruits et légumes variés est attrayant. La diversité physique des aliments est une source de stimulations et d'enrichissement.

IV. PATHOLOGIES LIEES A L'ALIMENTATION

A. Les maladies nutritionnelles

Les pathologies rencontrées en captivité peuvent avoir plusieurs origines : parasitaires, infectieuses, traumatiques, héréditaires et nutritionnelles.

La santé et l'alimentation sont étroitement liées. Il a été démontré qu'un apport de nutriments adéquats assure un bon fonctionnement digestif, une bonne croissance, un poids constant pour les adultes, de bonnes performances sur le plan de la reproduction ainsi qu'une défense efficace contre les infections et les infestations (Allen et Oftedal, 1996 (a)).

Une ration équilibrée répondant aux besoins de chaque animal permet un bon fonctionnement et un bon développement de l'organisme. A contrario, des déséquilibres, des carences ou des excès d'un ou plusieurs éléments provoqueront des troubles plus ou moins importants. Il n'est pas évident de diagnostiquer une pathologie d'origine nutritionnelle car la clinique est souvent peu spécifique. Un même symptôme peut avoir plusieurs causes et une même cause alimentaire peut provoquer des symptômes différents. De plus, le nutriment mis en cause n'est pas toujours évident à identifier du fait des interactions entre les éléments de la ration. Une autre difficulté vient de ce qu'une mauvaise alimentation rend les animaux sensibles à toute une série d'agents pathogènes auxquels l'animal bien nourri résiste parfaitement.

L'animalier tient un rôle important car il est le plus apte à juger de l'effet d'une ration sur l'état et la santé des animaux. L'embonpoint, l'état de la peau et des phanères, les boiteries, les troubles digestifs sont autant de critères à prendre en compte (Gangloff, 1990). Les diarrhées sont fréquentes en cas de changement brutal d'aliments. Si on peut faire varier les aliments simples, la ration qu'ils composent doit rester équilibrée. Une fois qu'elle est bien adaptée, il faut s'y tenir et ne changer que si de nouveaux besoins (croissance, lactation) ou des impératifs d'approvisionnement l'exigent. C'est dans ces conditions que les troubles digestifs sont le moins fréquents (Gangloff, 1990).

1. Energie

Il faut adapter l'énergie de la ration en sachant qu'un animal en captivité a des besoins moins importants qu'un animal en milieu naturel qui doit se déplacer beaucoup pour chercher sa nourriture, et doit lutter contre des conditions climatiques variables et parfois rudes.

Un apport d'énergie trop important rendra l'animal obèse. Des études ont prouvé qu'une restriction des apports caloriques avait des effets bénéfiques sur la santé, en diminuant la morbidité, et augmentait la durée de vie (Hansen *et al.*, 1999).

En captivité si l'on donne seulement des fruits et des légumes à un singe il risque de manquer d'énergie et donc d'utiliser ses réserves. Les principaux symptômes sont alors l'hypoglycémie, la cétonurie, la dépression et un visage émacié (NRC, 2003).

2. Protéines

Les Primates se nourrissant essentiellement de fruits et de légumes peuvent être carencés en protéines. On observe alors de l'apathie, une perte de poids, des retards de croissance, une alopecie, de l'anémie, des oedèmes, (Wixson et Griffith, 1986), et diverses pathologies liés aux dysfonctionnements des enzymes et du système immunitaire (NRC, 2003). De plus, une alimentation pauvre en énergie et en protéines peut être à l'origine de troubles de la reproduction : anoestrus, retard de puberté, production spermatique réduite et diminution de la survie des embryons. (Turner, 2006). Toutefois, une expérience prouve que le cerveau du fœtus des singes est épargné en cas de déficit protéique chez la mère, et il y a malgré tout un bon développement cérébral fœtal (Cheek *et al.*, 1976).

Il est rare d'observer des symptômes liés à un excès protéiques mais en cas de pathologies rénales une ration riche en protéines peut aggraver le processus (NRC, 2003). De plus, Le passage brutal à une ration riche en protéines peut donner chez certaines espèces de sévères troubles digestifs (NRC, 2003).

3. Lipides

Une carence en acide gras essentiel entraîne une baisse de croissance, une dermatite squameuse et une alopecie, une stérilité des mâles et une fragilité des vaisseaux sanguins (NRC 2003).

Les oméga 3 et 6 ont un rôle essentiel dans le bon développement cérébral des nouveaux-nés. Par exemple, des études ont prouvé qu'une carence en acide α -linoléique de la mère était à l'origine d'une altération de la vision et de troubles du comportement du jeune singe (Innis, 2000).

4. Glucides

a. Les glucides hydrolysables

Il existe une recommandation surtout concernant l'amidon. En effet, quand trop d'aliments riches en amidon sont consommés, des fermentations microbiennes anormales peuvent conduire à des troubles digestifs, caractérisés par des douleurs abdominales et des excréments de mauvaises qualités. Cela est particulièrement

sérieux lorsque les rations sont riches en amidon et pauvre en fibres, car un tel déséquilibre peut conduire au décès de l'animal. (NRC, 2003).

b. Fibres

Une alimentation riche en fibres est souhaitable et adaptée à la physiologie des Primates. Mais, il ne faut pas que la teneur en fibres de la ration soit trop importante car cela provoque de la diarrhée et à contrario une ration pauvre en fibres est à l'origine de constipation (NRC, 2003).

5. Minéraux

Les minéraux ont des rôles importants et leurs carences sont lourdes de conséquences. En pratique, l'utilisation d'un aliment minéral et vitaminé permet d'équilibrer les rations distribuées aux singes dans les parcs zoologiques (Gangloff, 1990).

a. Les macroéléments

➤ Calcium/Phosphore

Le calcium et le phosphore rentrent dans la composition du squelette et jouent un rôle constitutif mais ils peuvent aussi faire office de réserves puisqu'ils sont mobilisables à tout moment. En cas de carence, l'organisme compensera en utilisant cette réserve et si la carence devient chronique on observera des troubles de croissance chez le jeune (rachitisme) et de l'ostéomalacie ou de l'ostéoporose chez l'adulte.

Le rapport calcium/phosphore doit être respecté, or les rations sont souvent déséquilibrées avec un excès de phosphore. L'organisme va alors favoriser l'élimination du phosphore mais le métabolisme des deux minéraux étant étroitement lié, cela entraîne aussi une élimination du calcium ce qui accentue le déficit. La déminéralisation osseuse engendrée est trop rapide, ce qui est à l'origine d'une ostéofibrose.

Un excès de calcium peut aussi avoir de graves conséquences puisque cela provoque une diminution d'absorption de phosphore, de zinc et de magnésium (Allen et Oftedal, 1996 (c)).

➤ Magnésium

On rencontre très rarement des troubles liés à un excès ou une carence en magnésium chez les animaux omnivores (Allen et Oftedal, 1996 (c)).

➤ Potassium

Les hyperkaliémies sont rares chez un sujet dont la fonction rénale est correcte tout comme les hypokaliémies. Dans les deux cas on observe une atteinte cardiaque avec des arythmies.

➤ Sodium

Les hyponatrémies sont rares mais un animal en croissance, en lactation ou un animal pratiquant une activité intense, peut y être sujet. Chez les animaux carencés on peut observer du pica : l'animal va lécher des surfaces pouvant avoir un goût salé.

Les hypernatrémies sont, elles aussi, rares mais peuvent survenir dans certaines zones géographiques, en particuliers dans les zones semi-désertiques où les sols et les eaux ont une salinité élevée. Cela provoque de l'anorexie et des oedèmes. En captivité, avec un apport d'eau fraîche quotidien on évite ce problème.

➤ Chlore

Les carences et les intoxications sont rares et liées à l'état d'hydratation tout comme les troubles de la natrémie.

➤ Soufre

Aucune carence en soufre n'a été décrite. Un excès d'apport d'acides aminés contenant du soufre interférerait avec l'excrétion rénale du calcium (NRC, 2003).

b. Les oligoéléments

La carence en oligo-éléments peut donner naissance à une grande variété de symptômes, mais en pratique, cette pathologie est exceptionnelle chez les animaux de zoo.

➤ Fer

Une carence en fer peut être due à un déficit d'apport (ration pauvre en fer) ou liée à la présence de parasites intestinaux à l'origine de perte de sang occulte. Il faut donc vermifuger un animal infesté et penser à compléter sa ration en fer. Une carence en fer conduit à une anémie (Wixson et Griffith, 1986). Elle provoque également des naissances prématurées (Scholl, 2006).

➤ Cuivre

Le cuivre participe au métabolisme du fer. Une carence entraîne une accumulation de fer dans le foie (Allen et Oftedal, 1996 (c)) et est donc à l'origine d'une anémie.

Il existe de nombreuses interactions entre le cuivre et d'autres oligoéléments, comme le soufre et le molybdène. Il faudra vérifier leur apport en cas de signes cliniques liés à une carence en cuivre : décoloration du poil, alopecie et anémie.

De même, un excès de zinc peut être à l'origine d'une carence en cuivre chez certaines espèces (Allen et Oftedal, 1996 (c)). Cela a été observé chez des macaques rhésus qui avaient léchés les barreaux en zinc de leur cage (NRC, 2003).

➤ Zinc

Les interactions existant entre les différents minéraux font qu'une carence en zinc peut aussi être liée à un excès de calcium, de cadmium ou de cuivre. Des études ont montré que les signes de carence en zinc sont l'anorexie, une perte de poids, des dermatites et des troubles de la reproduction (NRC, 2003). En effet, une carence en zinc est à l'origine d'avortements et de délivrances difficiles (Golub et al., 1984). Un contrôle de la teneur en zinc de la ration donnée à une femelle en période de reproduction permet un bon déroulement de la gestation, et de la mise bas (Swenerton et Hurley, 1980).

Les intoxications au zinc sont rares mais des excès de zinc peuvent diminuer la digestibilité du cuivre mais aussi du fer (Baly *et al.*, 1984).

➤ Sélénium

La cardiomyopathie est la lésion caractéristique associée à une carence en sélénium. Mais des études ont prouvé qu'il fallait une carence en protéines associée à un déficit en sélénium pour qu'apparaissent des symptômes chez le macaque (NRC, 2003).

Les autres lésions observées en cas de carence sont une dégénérescence du foie, une myopathie et une calcification (Allen et Oftedal, 1996 (c)).

Un apport suffisant en vitamine E prévient le manque de sélénium. Cette vitamine étant peu toxique, on préférera faire une supplémentation vitaminique plutôt que minérale. En effet, il n'existe qu'un facteur 10 entre la dose toxique du sélénium et la dose recommandée (Allen et Oftedal, 1996 (c)). En cas d'intoxication les signes observés chez le macaque sont une perte de poids, de l'hypothermie, une dermatite, pouvant conduire jusqu'à la mort de l'animal (NRC, 2003).

➤ Manganèse

Les carences sont rarement observées chez les Primates non humains (à la différence des oiseaux qui ont un besoin plus important). On a observé alors uniquement des troubles du développement comportemental chez des jeunes macaques (NRC, 2003).

➤ Iode

Les carences en iode peuvent survenir après l'ingestion de substances goitrogènes, c'est-à-dire des antithyroïdiens, présents dans certains végétaux. On observe alors des retards de croissance. D'autre part, il faut utiliser les suppléments alimentaires avec précautions car ils peuvent contenir une quantité élevée d'iode et provoquer une intoxication. Dans ce cas la synthèse de sécrétion d'hormones thyroïdiennes est alors bloquée ce qui peut être responsable de chocs métaboliques dangereux (Turner, 2006).

6. Vitamines

Les besoins en vitamines sont très importants chez les animaux de zoo et les subcarences sont très fréquentes. Les besoins varient avec l'espèce, l'âge, l'état physiologique, l'état de santé, la composition de la ration, le stress, l'environnement. Les quantités préconisées ne sont qu'indicatives, les besoins réels ne sont pas connus pour beaucoup d'espèces.

Les vitamines sont fragiles, sensibles à la chaleur et à l'oxydation. Elles disparaissent facilement lors des manipulations et du stockage. Il est exceptionnel que les matières premières qui entrent normalement dans une ration en amènent une quantité suffisante. Un apport supplémentaire est indiqué dans tous les cas (Gangloff, 1990).

a. Les vitamines liposolubles

➤ Vitamine A

Même si la vitamine A est présente dans de nombreux aliments, telle quelle ou sous forme de carotène, des carences d'apports en vitamine A peuvent se produire car elle est très fragile et sensible à l'oxydation, donc difficile à conserver. Cette carence est à l'origine de troubles généraux comme la diarrhée, l'anorexie ou l'arrêt de la croissance liée à la baisse de l'activité thyroïdienne. On observe aussi des troubles plus spécifiques comme une atteinte cutanée avec une kératinisation excessive, des troubles de la vision avec une héméralopie (baisse de la vision crépusculaire), des troubles osseux entraînant des problèmes locomoteurs ou encore des troubles de la reproduction par atteinte de l'activité des gonades (NRC, 2003).

Pour compenser les pertes durant le stockage liées à la fragilité de cette vitamine, certains aliments préparés peuvent être très riches en vitamine A dont la synthèse est simple et peu coûteuse. L'intoxication est donc possible d'autant plus qu'il n'existe qu'un facteur allant de 10 à 30 entre les besoins recommandés et la dose toxique (NRC, 2003). La clinique alors observée est variable et peu spécifique et se traduit par une perte de poids, de l'anorexie, des hémorragies et de l'alopecie. De plus, à forte dose, la vitamine A est tératogène (Ofstedal et Allen, 1996 (c)).

➤ Vitamine D (Ullrey et Bernard, 1999)

Des carences en vitamine D, rares chez les animaux vivant à l'extérieur (synthèse via l'action du soleil sur la peau), sont à l'origine d'un déséquilibre phosphocalcique, ce qui provoque des douleurs musculaires et osseuses comparables à celles rencontrées lors d'une carence en calcium. Ce problème est reporté assez fréquemment et est appelé « affections osseuses des simiens ». Il a été remarqué que les jeunes sont plus touchés que les adultes et que les singes du nouveau monde sont plus sensibles à une carence en vitamine D que ceux de l'ancien monde.

En cas d'hypervitaminose, on observe une hypercalcémie et une calcification de plusieurs organes comme les poumons, les reins et l'estomac entraînant une altération de leur fonctionnement et pouvant être mortelle.

➤ Vitamine E

Une carence en vitamine E peut être due à un défaut d'apport de vitamine dans l'alimentation ou à une consommation trop importante de cette vitamine par oxydation (aliments riches en acides gras polyinsaturés, mauvaise conservation...).

Les signes observés lors d'une carence en vitamine E sont une dystrophie musculaire, une dégénération de la graisse, un œdème du poumon avec une détresse respiratoire, une anémie, une gastrite chronique, et cela peut parfois conduire jusqu'à la mort de l'animal (Wixson et Griffith, 1986). Mais les signes cliniques apparaissent tardivement du fait de l'interaction vitamine E / sélénium / acides aminés soufrés. En cas de carence de l'un, l'autre système pourra pallier le manque. Un apport de sélénium peut donc prévenir les symptômes liés à une carence en vitamine E.

➤ Vitamine K

Chez un animal sain, il est très rare d'observer une carence en vitamine K puisque d'une part, cette vitamine est ubiquiste et d'autre part, les micro-organismes de l'intestin en produisent (Oftedal et Allen, 1996 (c)). Mais il existe des substances anti-vitamine K, comme la dicoumarine et ses dérivés, présents dans certains végétaux qui provoquent alors un syndrome hémorragique.

b. Les vitamines hydrosolubles

➤ Vitamines B (Wixson et Griffith, 1986).

Ces vitamines sont hydrosolubles donc même en excès elles sont très peu toxiques car elles sont facilement éliminées par le rein. Les carences sont rares mais possibles car d'une part, certaines de ces vitamines sont sensibles à la lumière, à la chaleur et à l'oxydation et peuvent donc être détruites lors de la conservation des aliments, d'autre part certaines substances présentent dans les végétaux, comme la thiaminase qui a une activité anti-thiamine, peuvent inactiver les vitamines. Une carence en vitamines B2, B3, B5, B6, PP ou B12 peut conduire à une anémie puisque ces vitamines ont un rôle dans le bon fonctionnement des globules rouges. De plus, on peut observer des troubles d'ordre neurologique (carence en vitamine B1, B2 ou B12) et d'ordre cutané (carence en vitamines B2, B3, B5, B6, PP ou B8)

➤ Vitamine C

Des études ont montré qu'une carence en vitamine C chez de jeunes macaques provoquait une faiblesse, une perte de poids, une anémie (Eisele *et al.*, 1992). Des radiographies des membres mettent en évidence des fractures. On doit aussi suspecter une carence en vitamine C sur un singe qui devient sensible aux infections ou qui présente des ecchymoses, des lésions au niveau des gencives ou encore une modification de son poil.

B. Des substances à éviter

1. Les tannins et les alcaloïdes

On trouve dans les végétaux des substances toxiques avec un goût repoussant. Les plus abondantes sont les tannins, principes actifs au goût astringent, toxiques à forte dose et les alcaloïdes, au goût amer, pouvant être très toxiques mais à dose faible. La sensation désagréable correspondante apparaît comme une adaptation permettant d'éviter ces substances plus ou moins toxiques (Fernandes, 1996). Néanmoins, les animaux sont capables de manger ces substances sans en

subir les effets néfastes car il existe des mécanismes de détoxications : mécanismes physiologiques faisant intervenir le foie et le rein mais aussi mécanisme comportemental comme la géophagie traitée précédemment.

2. Les toxiques

On peut trouver dans des aliments naturels des composés secondaires pouvant être toxiques ou ayant un effet anti-nutritionnel : inhibiteurs enzymatiques qui diminuent la digestibilité ou l'utilisation métabolique des protéines (présent dans le soja, trèfle, luzerne...), substances qui réduisent la solubilité ou empêchent l'utilisation de divers minéraux (l'acide phytique présent dans les graines de céréales, les oléagineux, les légumes secs, les noix), substances inactivant certaines vitamines (thiaminase) (Hladik, 2002).

Il existe des végétaux ou parties de végétaux réellement toxiques pour les Primates et les animaux en général, pouvant aller du simple inconfort de l'individu, jusqu'à sa mort : on peut citer par exemple, les glands des chênes, les noyaux et feuilles d'abricot, d'avocat, de pêche et de cerise, les marrons, les parties vertes des pommes de terre et des tomates, les feuilles de rhubarbe et un certain nombre de baie (Turner, 2002). Tout cela doit être pris en compte pour la conception et l'aménagement des enclos et des îles.

Cette première partie met en évidence les liens entre l'alimentation et la santé ainsi qu'entre l'alimentation et le bien-être. Une alimentation rationnelle doit tenir compte de nombreux éléments. Elle doit être acceptée par l'animal, bien digérée et répondre à ses besoins. Elle doit donc être adaptée et équilibrée : adaptée à sa physiologie digestive et à son comportement alimentaire, équilibrée en fonction de son statut physiologique ou pathologique. Il faut porter attention aussi bien à la qualité des rations qu'au mode de distribution.

Seconde partie :
étude expérimentale

CHAPITRE 1 : ETUDE DES RATIONS DISTRIBUEES

I. MATERIELS : LES ANIMAUX, LEUR CADRE DE VIE ET LES ALIMENTS DISPONIBLES

A. Cadre expérimental : le parc zoologique du Reynou [G]

Le parc du Reynou se situe dans le Limousin et est ouvert depuis 1997. Il se compose d'un parc paysager et d'un parc zoologique. Il présente plus de 550 animaux, soit 130 espèces du monde entier réparties dans les plaines asiatique, africaine et américaine, le secteur australien, le secteur européen et la mini ferme. Le parc compte 15 espèces de Primates provenant aussi bien de l'ancien monde que du nouveau monde.

B. Origines et caractéristiques des trois hardes étudiées

1. Les macaques à face rouge (*Macaca arctoides*)

Le zoo compte 7 macaques à face rouge. Le mâle dominant de 12 ans, ainsi que les trois femelles adultes proviennent du Centre de primatologie (Université Louis Pasteur, Strasbourg). Trois mâles sont nés au cours de ces six dernières années (Tableau 4).

Aucun problème n'a été relevé sur cette espèce si ce n'est qu'une des femelles est très dominée. Elle est souvent attaquée et mise à l'écart, ce qui se ressent lors des repas comme cela sera détaillé par la suite.

Tableau 4 : âges et origines des macaques à face rouge

MACAQUES A FACE ROUGE			
Date d'entrée	Sexe	Age (années)	Provenance
27/05/1998	M	22	Centre de primatologie (a)
28/05/1998	F	22	Centre de primatologie (a)
29/05/1998	F	20	Centre de primatologie (a)
30/05/1998	F	15	Centre de primatologie (a)
10/02/2000	M	7	Né au Reynou
11/05/2002	M	4,5	Né au Reynou
07/12/2003	M	3	Né au Reynou

(a) : Université Louis Pasteur (Strasbourg)

2. Les patas (*Erythrocebus patas*)

Au début de l'étude, les patas étaient au nombre de 8. En novembre 2006, un jeune de l'année, sevré, et le mâle adulte de la harde sont morts. Les autopsies et les analyses réalisées ont permis de conclure à une infection à *Staphylococcus epidermidis* pour le jeune et à une infestation parasitaire importante (*oestrus* et *capillaria sp.* abondants) pour l'adulte. Un programme de vermifugation est en train d'être instauré pour l'ensemble des animaux du zoo.

Il reste donc 4 femelles adultes et deux jeunes dont une née au zoo (Tableau 5).

Tableau 5 : âges et origines des patas

PATAS			
Date d'entrée	Sexe	Age (années)	Provenance
20/06/1997	F	12	Autre parc zoologique
01/12/1999	F	Inconnue	Parc zoologique Cerza (a)
10/11/2004	F	8	Vallée des singes (b)
10/11/2004	F	13,5	Vallée des singes (b)
10/11/2005	F	3	Vallée des singes (b)
30/04/2005	F	1,5	Né au Reynou

(a) Lisieux (14)

(b) Parc animalier dédié aux singes, Romagne (86)

3. Les singes verts (*Cercopithecus aethiops*)

La harde des vervets est composée de 11 animaux : un mâle adulte, deux femelles reproductrices qui sont les mères de 7 jeunes mâles et d'un petit de deux mois (Tableau 6).

Tableau 6 : âges et origines des vervets

VERVETS			
Date d'entrée	Sexe	Age (années)	Provenance
29/03/2002	F	?	Particulier
29/03/2002	F	?	Particulier
12/11/2002	M	?	Autre parc zoologique
04/05/2003	M	3,5	Né au Reynou
20/06/2003	M	3,5	Né au Reynou
25/07/2004	M	2,5	Né au Reynou
13/06/2005	M	1,5	Né au Reynou
16/09/2005	M	1	Né au Reynou
18/10/2005	M	1	Né au Reynou
07/05/2006	M	7 mois	Né au Reynou
26/08/2006	F	2mois	Née au Reynou

A noter, que la majorité des jeunes nés au zoo sont des mâles qui approchent de la maturité sexuelle (atteinte à 4 ans). Or, dans la nature, si les femelles nées dans la harde y demeurent pour fonder leur famille, les jeunes mâles doivent quitter la tribu à cet âge. Au zoo, il y a sept mâles âgés de un à trois ans ce qui va poser un problème de hiérarchie : on observe déjà des affrontements entre eux. Il est donc prévu de les castrer.

C. Conditions de vie : les îles et les enclos

1. Les macaques et les patas : leur île et leur bâtiment

L'île des macaques se trouve entre celle des gibbons et celle des siamangs. Ils passent la journée sur cette île où se trouvent des rochers, des petits abris et des perchoirs (Figure 8). Le soir, ils rentrent dans leur bâtiment, attirés par le repas qui est distribué à l'intérieur.

Le sol du bâtiment n'est pas recouvert de litière, contrairement à celui des autres espèces de singes. Les macaques, très nombreux par rapport à l'espace qui leur est imparti, salissent énormément et rapidement le sol. Il faudrait donc changer totalement la litière quotidiennement. Par économie de temps et d'argent, il a été décidé de ne pas mettre de litière et de nettoyer au jet d'eau le sol bétonné chaque matin.

Figure 8 : île des macaques



Sur l'île des patas, on trouve plusieurs petits abris, des buissons, des arbres, et des graminées très appréciées des singes qui passent du temps à décortiquer leurs grains. Contrairement aux macaques, les patas peuvent naviguer librement durant la journée entre leur bâtiment et leur île via un pont grillagé. Une grande vitre permet au visiteur de les observer même s'ils sont à l'intérieur (Figure 9). Leur bâtiment est composé de trois pièces dont une petite qui permet d'isoler un singe malade. Il donne sur une volière dans laquelle ont été disposés des perchoirs. En fin d'après-midi, lors de la distribution des repas, ils sont rentrés et enfermés dans leur bâtiment où ils passent la nuit.

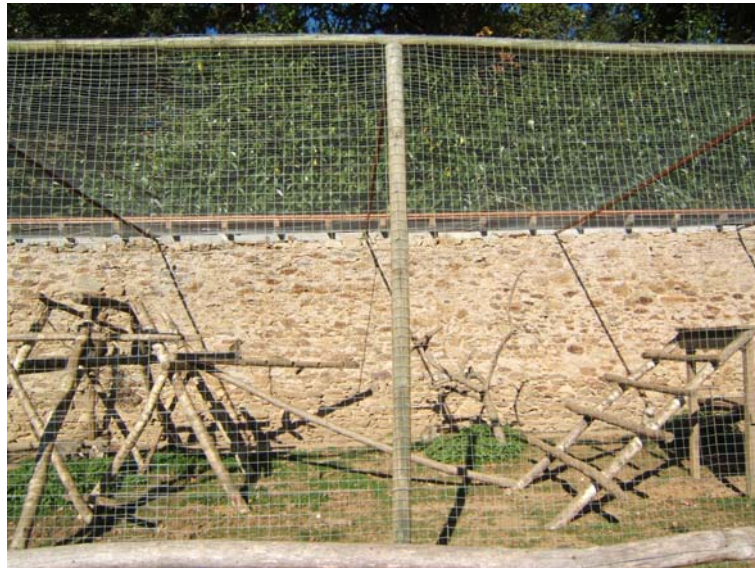
Figure 9 : le bâtiment et la volière des Patas.



2. La volière des vervets

Les vervets vivent dans une grande volière à laquelle ils ont un accès libre jour et nuit grâce à « une porte battante » au niveau de leur bâtiment. Dans cette volière se trouvent deux portiques en bois avec des échelles, un pont suspendu par une corde et des plates-formes de différents niveaux (Figure 10). La taille de la harde devenant importante, il est prévu de les transférer sur une île dès que cela sera possible.

Figure 10 : La volière des vervets.



D. Les aliments disponibles au zoo

1. Fruits et légumes

Les repas de ces trois espèces de singes sont composés de fruits et de légumes. Ces aliments proviennent de la grande distribution : les fruits et légumes, qui ne peuvent pas ou plus être vendus, sont livrés tous les matins au parc zoologique. Des pommes sont achetées en plus à une coopérative en cas de besoin. Les fruits et légumes sont triés à leur arrivée puis stockés dans une chambre froide. En cas de livraison importante, les aliments non utilisés sont conservés dans la chambre froide et utilisés le lendemain.

L'avantage de ce système est la diversité quotidienne des matières premières qui permet la confection de repas variés. En plus des aliments régulièrement livrés (Tableau 7), s'ajoutent les fruits ou légumes dits de saison comme la pêche, le melon ou le concombre l'été, les agrumes et les choux l'hiver. L'inconvénient est l'irrégularité de la quantité : pas de livraison les dimanches et jours fériés, quantités livrées fluctuantes et imprévisibles. Cela empêche d'établir un programme précis de rationnement.

Tableau 7 : fruits et légumes régulièrement disponibles au zoo du Reynou.

fruits	pomme	tomate	banane	raisin	poire	ananas	fruits exotiques	fruits rouges
Légumes	avocat	carotte	courgette	poireau	brocoli	endive	céleri	aubergine

2. Croquettes

Aux seaux de fruits et légumes s'ajoutent parfois des croquettes pour « singes de l'ancien monde » aromatisées à la banane : Mazuri Zoo Foods®. Cependant, pour des raisons budgétaires, il n'y en a pas régulièrement.

3. Graines et grains

Pour occuper les animaux durant la journée, des grains de blé ou des graines de tournesol sont dispersés sur les îles ou dans la volière. Cela est un moyen efficace d'occuper les animaux qui cherchent les graines dans la terre puis les décortiquent. Cependant, par manque de temps et d'organisation, cela n'est fait que ponctuellement.

II. METHODES

A. Observation du travail des soigneurs

Durant 5 jours, j'ai suivi les soigneurs et le cuisinier pour :

- comprendre le mode de préparation des fruits et légumes (épluchés ? coupés ?...) et mesurer les quantités d'aliments pour chacune des trois espèces,
- assister à la distribution des repas,
- estimer le temps consacré à chaque étape (de la réception à la distribution de la nourriture),
- comprendre les difficultés rencontrées quant aux nombreuses tâches quotidiennes à mener.

Cette phase m'a également permis de discuter avec les soigneurs et le cuisinier, et de recueillir leurs remarques.

B. Etablissement de la composition de la ration

L'objectif de ce travail est d'estimer la valeur alimentaire des rations données aux singes afin de vérifier qu'elles suffisent à couvrir leurs besoins.

En terme de composition chimique, la référence utilisée a été la base de données du département de l'agriculture des Etats-Unis (base USDA) [J]. Elle fournit la composition nutritionnelle d'un grand nombre d'aliments (Tableau 8). Cela a permis, en additionnant les quantités de nutriments apportées par chaque fruit et légume, de connaître la valeur nutritionnelle des différentes rations.

Tableau 8 : composition chimique et % comestible (pour 100g de Matière Brute) de la pulpe de banane et du brocolis (extrait de la base USDA [J]).

pour 100g de MB	Banane (pulpe)	Brocolis
Energie (kcal)	89	34
% Comestible	64	61
Eau (g)	74,91	89,3
Protéines (g)	1,09	2,82
Glucides (g)	22,84	6,64
Lipides (g)	0,33	0,37
Fibres (g)	2,6	2,6

pour 100g de MB	Banane (pulpe)	Brocolis
Calcium (mg)	5	47
Potassium (mg)	358	316
Sodium (mg)	1	33
Magnésium (mg)	27	21
Chlore (mg)	109	78
Cuivre (mg)	0,08	0,05
Zinc (mg)	0,15	0,41
Manganèse (mg)	0,27	0,21
Iode (µg)	3	15
Fer (mg)	0,26	0,73

pour 100g de MB	Banane (pulpe)	Brocolis
Vit A (UI)	64	660
Vit D (UI)	0	0
Vit E (mg)	0,1	0,78
Vit K (µg)	0,5	101,6
Vit C (mg)	8,7	89,2
Vit B1 (mg)	0,03	0,07
Vit B2 (mg)	0,07	0,12
Niacine (mg)	0,67	0,64
Vit B5 (mg)	0,33	0,57
Vit B6 (mg)	0,37	0,17
Vit B12 (µg)	0	0
Folates (µg)	20	63

Les différents aliments ont été pesés sur plusieurs jours et le poids moyen de chaque fruit et légume couramment utilisé a ainsi été déterminé. Pour ceux qui n'ont pas pu être pesés (aliments non livrés lors de l'étude réalisée au zoo) c'est le poids moyen fourni par la base de données de l'USDA [J] qui a été utilisé pour les calculs. Pour chaque fruit ou légume, il y a une portion plus ou moins importante qui n'est pas consommée : les extrémités, la peau, le noyau. Aussi, nous nous sommes seulement intéressés aux parties comestibles des aliments. Certes, les macaques mangent souvent la peau des fruits mais ne représentant pas une source importante de nutriments, elle n'a pas été prise en compte dans les calculs.

La quantité de matière brute (MB) et la quantité de matière sèche (MS) des aliments ingérés ont été déterminées pour les trois espèces de singes à partir du poids moyen de chaque aliment, de sa fraction comestible et de son pourcentage de matière sèche (Tableau 9). Dans la base de données USDA, les quantités des nutriments sont exprimées par rapport à la matière brute : en pourcentage de MB ou en mg/kg de MB. Les résultats de ces calculs sur les apports en nutriments des rations ont dû être exprimés en fonction de la matière sèche afin d'être exploitables et comparables aux besoins des animaux.

Tableau 9 : calcul de la teneur en protéines de la ration des vervets.

	Nombre de pièces	Poids moyen (g)	Parties comestibles (%)	MB consommée (g)	MS (%)	MS consommée (g)	Protéines (en g pour 100 g de MB)	Protéines consommées (g)
Pommes	11	183	0,91	1831,83	14,44	264,52	0,26	4,76
Banane	7	162	0,64	725,76	25,09	182,09	1,09	7,91
Raisin	1	1000	0,96	960,00	19,46	186,82	0,72	6,91
Ananas	0,25	1086	0,52	141,18	13,54	19,12	0,54	0,76
Carotte	11	66	0,89	646,14	11,71	75,66	0,93	6,01
Brocoli	1	456	0,61	278,16	10,70	29,76	2,82	7,84
Tomate	11	130	0,91	1301,30	5,50	71,57	0,88	11,45
Poivron	1	159	0,82	130,38	6,11	7,97	0,86	1,12
Endive	1	150	1,00	150,00	6,21	9,31	1,25	1,88
Poireau	1	198	1,00	198,00	17,00	33,66	1,50	2,97
Avocat	2	184	0,74	272,32	26,77	72,90	2,00	5,45
Aubergine	1	378	0,83	313,74	7,59	23,81	1,01	3,17
TOTAL						977,19		60,23

Cette ration a donc une teneur en protéines de 6,16% (/MS)

C. Observation des animaux : ingestion des rations

Les vervets sont nourris dans leur volière : le comportement, les préférences ainsi que les refus alimentaires sont donc facilement observables. La baie vitrée du bâtiment des patas et le sas du bâtiment des macaques permettent d'observer les animaux durant leurs repas. A ces observations, réalisées sur un nombre de jours limités, s'ajoutent les données recueillies auprès des soigneurs. Ils repèrent chaque matin, durant le nettoyage des bâtiments, la présence de restes d'aliment et en font part au cuisinier.

Certes, ces informations ne fournissent pas de données sur la consommation et le comportement alimentaires individuels qui sont délicats à évaluer et qui nécessiteraient une étude éthologique sur plusieurs mois. Toutefois, elles permettent

de connaître la consommation globale des hardes, et d'avoir une idée sur le comportement alimentaire général (durée du repas, hiérarchie...).

III. RESULTATS

Chaque membre de l'équipe du zoo a des tâches bien définies. Le cuisinier consacre environ une heure chaque matin à la réception, au tri et au rangement des aliments livrés. Le reste de la matinée ainsi que les après-midi, il prépare les repas. Il travaille cinq jours par semaine et est remplacé par un animalier lors de ses jours de repos. Deux animaliers s'occupent de tous les animaux. Ils sont parfois aidés par des stagiaires et des saisonniers. En plus de l'entretien des enclos, du nourrissage et des soins aux animaux, les soigneurs organisent des visites guidées l'été. Leur emploi du temps est donc très chargé et doit être bien planifié.

Les soigneurs sortent les animaux le matin, après avoir fait le tour du parc pour vérifier les enclos et détecter le moindre problème. Le zoo est segmenté en secteurs. Dans celui des Primates, une fois les animaux sortis, les soigneurs nettoient les bâtiments et récupèrent les restes d'aliments de la veille. Ils font alors remonter l'information au cuisinier qui apportera des modifications aux rations si besoin. En fin d'après-midi, les repas sont distribués et servent ainsi d'appât pour rentrer les Primates dans leur bâtiment, excepté pour les singes verts qui sont nourris au cours de l'après midi dans leur volière.

A. Préparation de la ration

Les fruits et légumes ne sont ni lavés, ni épluchés. Ils sont coupés en morceaux de taille adaptée à l'espèce : entiers ou en gros morceaux pour les macaques et les patas, coupés en quatre ou plus pour les singes verts (Tableau 10). Les singes étant nourris en fin de journée, les seaux sont préparés en dernier, en fin de matinée ou en début d'après-midi, puis stockés dans la cuisine à l'air libre en attendant la distribution.

Pour chaque espèce du zoo les quantités, les proportions et le mode de découpe des aliments sont affichés sur un tableau dans la cuisine, dont un extrait est présenté ci-dessous (Tableau 10). Les quantités distribuées sont mesurées « en

seau » car le cuisinier n'a pas le temps de peser les aliments. Ce rationnement est donc très approximatif.

Tableau 10 : composition semi quantitative et semi qualitative des rations.

Espèces	Quantité	Proportion	Découpe
Macaques	3/4 d'un seau	50%fruits, 50% légumes	Coupé en 2
Patas	1 seau	50%fruits, 50% légumes	Coupé en 4
Vervets	1 seau	50%fruits, 50% légumes	Coupé en 4 ou 8

En pratique, ces indications sont respectées ; le volume de la ration est donc constant mais la diversité des aliments et le poids de chaque ration sont très variables. La diversité est dépendante de la saison, des livraisons mais aussi de la personne qui prépare les seaux. En effet, on note une différence entre les rations préparées par le cuisinier et celles confectionnées par un animalier ou un stagiaire. Ceux-ci ont moins l'habitude et auront tendance à composer une ration plus copieuse et inconsciemment à la faire en fonction de leurs propres goûts (ration plus riche en fruits en général). En ce qui concerne le poids des légumes et des fruits distribués, celui-ci n'est jamais constant car le cuisinier s'attache au nombre de pièces et non au poids. Si on prend l'exemple des patas qui sont au nombre de 8, il mettra dans le seau 8 tomates, 8 carottes, 8 pommes ou 4 pommes et 4 poires ou d'autres fruits, notamment des pêches et des abricots en été. Le problème de cette préparation est que le poids de chaque aliment varie de manière assez importante et donc les apports nutritionnels de deux rations composées des mêmes ingrédients peuvent être différents.

Pour des légumes comme l'endive, le poireau ou le poivron, le cuisinier en donne un par seau. Le nombre de fruits rouges et de fruits exotiques est variable et non défini. Ils sont distribués en petite quantité et assez rarement (livraison très irrégulière).

B. Rations types distribuées à chaque espèce

Pour calculer les apports nutritionnels des rations, il a fallu déterminer une ration type, c'est-à-dire représentative de ce qui est réellement donné aux singes. L'étude faite au zoo et les renseignements fournis par le cuisinier ont permis d'établir cette ration type pour chaque espèce étudiée qui est composée de matières premières fournies régulièrement au zoo. Le tableau suivant (Tableau 11) exprime le nombre de fruits et de légumes donnés à chaque harde de singes quotidiennement (hormis la quantité de raisin qui est exprimée en kilogramme).

Certains jours, il arrive que la quantité disponible de fruits et légumes soit peu importante (jours fériés sans livraison, quantité livrée fluctuante et parfois faible) aussi les rations distribuées peuvent-elles être moins riches. Par exemple, s'il n'y a pas assez de bananes le cuisinier en met une pour deux animaux, la quantité de pommes peut-être divisée par deux et/ou complétée par des poires.

Tableau 11 : rations types distribuées.

	Macaques	Patas	Vervet
Pomme	7	8	11
Banane	7	8	7
Raisin	1 kilo	1kilo	1 kilo
Ananas	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Carotte	7	8	11
Brocoli	1	1	1
Tomate	7	8	11
Poivron	1	1	1
Endive	0	1	1
Poireau	$\frac{1}{2}$	1	1
Avocat	4	0	2
Aubergine	1	4	1
Courgette	0	1	0

Les fruits rouges et les fruits exotiques n'ont pas été pris en compte dans les rations types car ils ne sont que très rarement donnés aux animaux et en faible quantité. Nous avons donc choisi de négliger cet apport car il a une influence minime sur la valeur nutritionnelle de la ration des singes.

C. Composition chimique des rations

A l'aide de la base USDA la valeur énergétique et la composition chimique des trois rations types ont pu être établies (Tableau 12).

Tableau 12 : valeur énergétique et composition chimique de la ration type de chaque harde.

	Energie totale (kcal)	Protéines %MS	Lipides %MS	Glucides %MS (a)	Glucides hydrolysables %MS	Fibres %MS
MACAQUES	3493	6,20	10,38	79,28	49,72	16,80
PATAS	3116	6,16	1,53	88,24	57,50	15,50
VERVETS	3683	6,16	5,53	84,11	54,18	16,71

(a): ENA: Extractible Non Azoté

Les fruits et légumes sont des aliments riches en glucides hydrolysables (saccharose, fructose, amidon...) mais assez pauvres en protéines. Certains fruits ou légumes sont de bonnes sources de fibres comme la banane, l'avocat, l'endive ou encore la pomme. Ainsi, les rations sont très riches en glucides qui sont la principale source d'énergie, assez riches en fibres mais leur teneur en protéines est faible. L'apport en lipides est variable, et dépend entre autres de la présence ou non d'avocat dans la ration. En effet, celle des patas n'en contient pas et est donc beaucoup moins riche en lipides que celle des macaques qui comprend 4 avocats. La comparaison des apports aux besoins est présentée par la suite (IV-B).

D. Distribution

La distribution commence à 16H30 ou 17H00 et dure environ une heure. Les singes verts sont nourris en début d'après-midi ce qui permet aux visiteurs d'assister au nourrissage et de voir les singes manger dans leur volière.

Le tableau 13 récapitule la fréquence et le mode de distribution c'est-à-dire les endroits où sont disposés les aliments.

Tableau 13 : distribution des rations

Espèces	Fréquence	Disposition des aliments	Localisation
Macaques	1 fois/jour	Etalés sur le rebord de la fenêtre en deux endroits et sur le sol	Dans le bâtiment
Patas	1 fois/jour	Etalés sur le rebord de la fenêtre en deux endroits	Dans le bâtiment
Singes verts	1 fois/jour	Dispersés sur le sol	Dans la volière

Excepté les singes verts qui ont un accès libre à l'extérieur jour et nuit, le repas est utilisé comme appât pour rentrer les singes dans leurs bâtiments en fin d'après-midi. Ils n'ont qu'un repas par jour. Les aliments sont posés de manière directement accessible (Tableau 13) c'est-à-dire que les singes n'ont pas de phase de recherche de nourriture, celle-ci leur étant distribuée en grande quantité dans leur bâtiment à heure fixe.

E. Repas des singes

Les trois espèces ingèrent leur ration en totalité. Les macaques, notamment, mangent tout et même souvent la peau des fruits y compris la peau de banane. On ne retrouve aucun reste le lendemain matin. Les singes verts et les patas ne laissent que la peau des fruits et des légumes. Aucun refus n'a donc été noté que ce soit lors de notre enquête ou par les soigneurs au cours de l'année.

Les macaques mangent très vite : en trois quart d'heure il n'y a plus rien dans le bâtiment à l'exception des peaux de bananes qui sont mangées dans la soirée. Dès qu'il rentre dans le bâtiment, chaque macaque réunit un tas d'aliments. Puis, chacun essaie de s'isoler, au sol ou en hauteur (sur les poutres ou le rebord des fenêtres), bien que le bâtiment de taille trop petite par rapport au nombre d'animaux, ne laisse guère de possibilité. Les macaques mettent dans leurs bajoues beaucoup d'aliments qu'ils mâchent et ingèrent plus tard dans la soirée. Une des femelles est dominée par le groupe et attend que ses congénères se soient servis avant de pouvoir se nourrir. Elle prend ainsi les aliments laissés ou essaie de se servir dans les tas des autres ce qui provoque des conflits.

Les patas mangent toute leur ration le soir, en une heure environ, le bâtiment et la répartition des aliments permettent à chacun de se nourrir sans problème de hiérarchie.

Les vervets quant à eux passent beaucoup de temps à manger (toute la fin de l'après-midi). Le mâle dominant reste près des aliments alors que les autres se servent puis s'éloignent. Les femelles restent assez groupées alors que les jeunes mâles se dispersent. Le lendemain dans la matinée, ils cherchent dans le sol des restes éparpillés au sein de la volière et ils mâchent les peaux des fruits et légumes comme celles du fruit de la passion ou de l'avocat.

Enfin, les singes passent du temps à chercher dans la terre des graines, des insectes et des vers de terre qu'ils mangent. Certes, la quantité de ce qu'ils trouvent dépend de la saison mais dans tous les cas, le fait de fouiller dans la terre est une activité qui tient une place importante dans leur quotidien et qui permet l'ingestion de quelques protéines (insectes, vers...) et minéraux (terre, exosquelette des insectes...) qu'il ne faut pas négliger.

IV. ANALYSE : COMPARAISON AUX BESOINS DES ANIMAUX

Le besoin à couvrir en priorité est le besoin en eau, ce qui est réalisé par un abreuvement ad libitum avec des gamelles d'eau remplies deux fois par jour. Le deuxième besoin vital est l'énergie. Il faut donc s'assurer que les rations distribuées couvrent les besoins énergétiques de chaque harde. Ensuite, il faut vérifier l'apport protéique. Pour avoir des animaux à l'entretien en bonne santé (état pondéral, pelage, reproduction satisfaisants) il est impératif que ces deux besoins soient couverts. Par ailleurs, l'apport en fibres doit aussi correspondre aux besoins pour éviter des troubles du transit. Enfin, il faut comparer les apports minéraux et vitaminiques aux recommandations afin de mettre en évidence des carences ou des déficits qu'il faudra corriger. Lorsque les apports sont pratiquement nuls on parle de carence, ce qui génère alors des troubles cliniques. Quand un élément est apporté mais en quantité insuffisante par rapport aux besoins, la ration est dite déficitaire. Pour un animal à l'entretien, qui a des besoins faibles et dont les besoins énergétiques et protéiques sont couverts, un déficit n'est pas à l'origine de symptôme, toutefois l'organisme fonctionne au ralenti. Lorsque les besoins augmentent (besoins dits de production) lors de la croissance, d'une gestation ou de la période de lactation, l'organisme est plus sensible à un déficit. Ainsi, un déficit est à suspecter lorsque la production n'est pas optimale (déficit léger) ou nulle (déficit important).

Ainsi, pour les trois rations, les teneurs en énergie et en chaque nutriment ont été calculées. Les résultats sont présentés sous forme de tableaux (tableaux 19 à 22) et comparés aux besoins recommandés estimés à partir de diverses sources bibliographiques (Tableau 2). Les données en rouges correspondent aux nutriments

apportés en quantités insuffisantes, celles en bleu aux nutriments fournis en excès par rapport aux recommandations.

A. Bilan énergétique

L'énergie étant le deuxième besoin vital, il est primordial que les besoins énergétiques des trois hardes soient couverts pour avoir des animaux en bonne santé.

Ainsi qu'il a été expliqué dans la première partie, le besoin en énergie à l'entretien (BE) se calcule à l'aide de la formule : $97 \cdot PV^{0,75}$ dans laquelle PV est le poids vif en kilogramme. Le NRC fournit pour chaque espèce et chaque sexe le poids moyen, ce qui permet de calculer le BE de l'espèce à partir du PV_{moyen} , le BE des femelles à partir du $PV_{femelle}$, et celui des mâles à partir du $PV_{mâle}$ (Tableau 16).

Pour simplifier les calculs, des équivalences simples ont été définies : le besoin énergétique d'une femelle en lactation a été estimé comme le double de celui d'une femelle à l'entretien et celui d'un jeune en croissance comme le double du besoin énergétique d'un adulte à l'entretien, calculé avec le PV_{moyen} .

Prenons l'exemple des singes verts (Tableaux 14 et 15) : la harde est composée d'un mâle adulte, de deux jeunes mâles proches de l'âge de la maturité (3,5 ans) que l'on a considéré adultes, d'une femelle adulte à l'entretien, d'une femelle en lactation, de 5 jeunes en croissance et d'un jeune non sevré qui n'apparaît pas dans le calcul.

Tableau 14 : poids moyen des vervets

	$PV_{mâle}$	$PV_{femelle}$	PV_{moyen}
Poids en kg	5,5	3	4,25

Tableau 15 : stade physiologique des vervets

Sexe et stade	Nombre	Equivalence
Mâle adulte	3	3 adultes mâles de 5,5kg
Femelle adulte	1	1 adulte femelle de 3kg
Femelle adulte en lactation	1	2 adultes femelles de 3 kg
Jeune	5	10 adultes de 4,25kg
Jeune non sevré	1	N'apparaît pas dans le calcul

Le besoin énergétique de la harde est de :

$$\underline{BE} = 3*(97*5,5^{0,75}) + (1+2)*(97*3^{0,75}) + 10*(97*4,25^{0,75})$$

$$= \underline{4580 \text{ kcal EM}}$$

A partir de la composition des trois hardes présentées dans le tableau suivant, nous avons pu estimer le besoin énergétique global de chaque harde (Tableau 16).

Tableau 16 : composition et besoin énergétique des trois hardes.

	Adulte mâle	Adulte femelle à l'entretien	Femelle en lactation	Jeune	PV _{mâle} (kg)	PV _{femelle} (kg)	PV _{moyen} (kg)	Besoin énergétique de la harde (kcal) (kcal EM)
Macaques	3	3	0	1	8,5	6	7,25	3421
Patas		4	0	2	12	6	9	3503
Singes verts	3	1	1	5	5,5	3	4,25	4580

On peut ainsi comparer les besoins énergétiques des trois hardes avec les apports réalisés par les rations types (Tableau 17). Seule la ration des macaques couvre les besoins énergétiques de la harde. On note un déficit énergétique important dans la ration des patas puisque même le repas distribué à l'ancienne harde ne couvre pas les besoins énergétiques de la nouvelle harde composée de moins d'individus. On peut émettre l'hypothèse que ce déficit énergétique important soit un facteur favorisant de la baisse de l'état général et de la mort du mâle adulte et du dernier né de la harde.

La harde des singes verts comprend un nombre important de jeunes d'où un besoin énergétique élevé qui n'est pas couvert par la ration distribuée actuellement. Les repas, étant préparés en fonction du nombre d'animaux (tant de pièces pour tant d'individus), ne sont pas adaptés aux besoins élevés des jeunes en croissance qui, de plus, mangent peu. En effet, la capacité d'ingestion d'un jeune est plus faible que celle d'un adulte d'où la nécessité d'utiliser des aliments plus concentrés en énergie.

Tableau 17: comparaison des apports énergétiques des rations types avec les besoins des trois hardes.

	Besoin énergétique de la harde (kcal)	Valeur énergétique totale de la ration (kcal)
Macaques	3421	3493
Patas	3503 (a)	3116 (b)
Singes verts	4580	3683

(a) Besoin énergétique de la « nouvelle harde » : 4 femelles et 2 jeunes.

(b) Valeur énergétique de la ration élaborée à l'époque de « l'ancienne harde » (1 mâle adulte, 4 femelles adultes, et 3 jeunes) et toujours distribuée après novembre 2006.

B. Bilan des apports en protéines, en lipides et en fibres

La teneur en protéines des trois rations est de 6,2% (/MS) (Tableau 12). Les apports recommandés sont compris entre 6,4 et 16,7% (/MS) pour un singe à l'entretien et entre 7 et 10% (/MS) pour un jeune en croissance. Les rations ne sont donc pas assez riches en protéines pour les jeunes.

Les lipides sont essentiellement considérés comme des sources d'énergie. Mais il faut s'intéresser à la teneur en acides gras essentiels : famille des oméga 3 (ω 3) et des oméga 6 (ω 6) dont les précurseurs sont respectivement l'acide linoléique et l'acide linoléique. On remarque que les rations sont déficientes en acides gras essentiels (Tableau 18).

Enfin, les rations sont composées de 15 à 16 % (/MS) de fibres (Tableau 12) ce qui correspond aux besoins des animaux (de 10 à 30% MS).

Tableau 18 : comparaison des apports en acides gras essentiels des rations types aux besoins des trois espèces.

	Oméga 3 (%MS)	Oméga 6 (%MS)
MACAQUES A FACE ROUGE	0,13	1,70
PATAS	0,16	0,59
VERVETS	0,16	1,16
RECOMMANDATIONS	0,50	2

C. Bilan minéral

Les apports en minéraux des trois rations sont regroupés dans le tableau 19 avec toujours le même code couleur utilisé : noir quand les apports répondent aux recommandations, rouge quand ils sont insuffisants et bleu en cas d'excès. Une première observation du tableau montre que certains minéraux ne sont pas apportés en quantité suffisante : calcium, phosphore, sodium, cuivre, manganèse et fer alors que le potassium est en excès. De plus, le rapport phosphocalcique est mauvais (Ca/P=0,5).

Les apports en calcium et en sodium sont six fois inférieurs aux besoins recommandés (déficit assez important) et les apports en fer sont très faibles, mais peut-on parler de carence puisque les animaux ne semblent pas présenter de troubles cliniques ? Il faut donc relativiser ces valeurs et les compléter.

Tout d'abord, les besoins recommandés ne sont pas spécifiques des espèces étudiées et doivent donc être utilisés avec précaution. De plus, les apports ont été calculés à partir de la ration type uniquement composée de fruits et légumes. Or, il faut tenir compte des apports en minéraux liés à l'ingestion de terre, de vers de terre, de végétaux et d'insectes présents sur les îles et dans la volière. Ces apports ne sont pas quantifiables mais ne doivent pas être négligés.

Enfin, aucun trouble pouvant être lié à une carence en minéraux n'a été relevé chez les trois espèces de singes (maladies nutritionnelles détaillées dans la première partie, chap. 3, §IV-A)

Tableau 19 : comparaison des apports en minéraux des rations types aux besoins des trois espèces.

	MACAQUES	PATAS	VERVETS	VALEURS RECOMMANDEES
Calcium (% MS)	0,08	0,10	0,10	[0,54-0,8]
Phosphore (%MS)	0,16	0,16	0,17	[0,33-0,6]
Potassium (%MS)	1,60	1,60	1,60	[0,4-1,1]
Sodium (%MS)	0,06	0,07	0,07	[0,2-0,65]
Magnésium (%MS)	0,09	0,09	0,09	[0,04-0,17]
Chlore (%MS)	0,21	0,27	0,25	[0,2-0,55]
Cuivre (mg/kg MS)	5,33	5,00	5,00	[12-20]
Zinc (mg/kg MS)	11,64	10,63	11,63	[11-100]
Manganèse (mg/kg MS)	10,30	12,20	11,10	MINI : 20
Iode (mg/kg MS)	0,11	0,13	0,12	MAX : 0,35
Fer (mg/kg MS)	21,63	24,85	24,07	[100-200]

En milieu naturel, les animaux répondent à leurs besoins en ingérant des plantes (des racines aux feuilles), des invertébrés et des petits vertébrés. Les feuilles et les os sont de bonnes sources de calcium et de magnésium, alors que les graines, les muscles ainsi que les invertébrés sont riches en phosphore (NRC, 2003). A cela il faut ajouter le phénomène de géophagie qui représente un apport non négligeable de minéraux. Cependant, il est très probable que les singes vivant en liberté doivent aussi surmonter certains déficits. Trouver des aliments pour toute une harde n'est pas toujours évident et leur repas ne doit pas répondre à leurs besoins quotidiens en minéraux. Ce besoin n'étant pas primordial, un organisme peut vivre dans des conditions de santé correctes en dépit d'un déficit, mais il ne fonctionnera pas à son optimum.

La suite de ce travail consiste donc à établir de nouvelles rations (dite rations types corrigées) adaptées aux besoins des animaux tout en gardant à l'esprit que les besoins recommandés fournis par le NRC sont des points de repère et non des valeurs spécifiques des espèces étudiées. Les objectifs, en ce qui concerne les minéraux, ont été de corriger les apports en sodium et en fer, très déficitaires, et

d'enrichir les rations en calcium et en phosphore, deux éléments au rôle prépondérant chez les jeunes en croissance et les femelles en lactation. Etant donné la relative bonne santé des animaux, et les difficultés pour compléter les rations (surtout le coût), nous n'avons pas pris en compte les autres déficits en minéraux.

D. Bilan vitaminique

Les fruits et légumes sont de bonnes sources de vitamines et les rations répondent bien aux besoins (Tableau 20).

Les végétaux sont très pauvres en vitamine D et ne contiennent pas de cobalamine d'où l'absence de ces deux vitamines dans les rations. Mais, la vitamine D est synthétisée par l'organisme au niveau de la peau, un apport alimentaire n'est donc pas indispensable pour des singes suffisamment exposés au soleil. En ce qui concerne les cobalamines il est possible, comme cela a été dit auparavant, que les singes satisfassent leurs besoins en ingérant leurs fèces qui contiendraient de la vitamine B12 synthétisée par les micro-organismes de leur tractus digestif.

Les vitamines C et B étant hydrosolubles, un excès d'apport n'a pas de conséquence et sera éliminé par l'organisme. L'apport en vitamine A est inférieur à la dose toxique (10 à 30 fois les besoins) mais un excès chronique en cette vitamine peut être à l'origine de troubles de la reproduction tels que des avortements.

Ainsi, l'apport en vitamines de l'ancienne ration était satisfaisant, il n'y a donc pas eu lieu d'envisager d'apports supplémentaires. Il faudra tout de même limiter les aliments riches en vitamine A et surveiller la reproduction des trois espèces.

Tableau 20: comparaison des apports vitaminiques des rations types aux besoins des trois espèces.

	MACAQUES	PATAS	VERVETS	VALEURS RECOMMANDEES
Vit A (UI/kg MS)	72113,2	91924,06	102464,2	[8000-14000]
Vit D (UI/kg MS)	0	0	0	[1000-3000]
Vit E (mg/kg MS)	31,62	23,67	17	[54-100]
Vit K (mg/kg MS)	0,86	1,29	1,2	[0,5-12]
Vit B1 (mg/kg MS)	3,08	3,26	3,24	[1,1-3]
Vit B2 (mg/kg)	3,68	3,56	3,53	[1,7-4]
Vit B3 (mg/kg MS)	0,56	0,63	0,55	[max 4]
Vit B5 (mg/kg MS)	18,32	13,07	15,53	[mini 12]
Vit B6 (mg/kg MS)	9,22	9,33	8,79	[2,7-4,4]
Vit PP (mg/kg MS)	36,22	31,15	34,4	[16-56]
Vit B12 (mg/kg MS)	0	0	0	[0,011-0,03]
Vit C (mg/kg MS)	946,18	1022,03	947,78	[55-110]

L'analyse des rations types a permis de mettre en évidence des déséquilibres : un manque d'énergie pour les patas et les vervets, des déficits en protéines, en acides gras essentiels, en calcium, en phosphore et une carence en fer pour les trois hardes. De nouvelles rations types dites corrigées ont donc été formulées.

CHAPITRE 2 : ELABORATION DE NOUVELLES RATIONS

I. CHOIX DES MATIERES PREMIERES

Les singes n'étaient nourris que de fruits et de légumes ce qui ne répond pas entièrement à leurs besoins. Il a donc été nécessaire d'utiliser d'autres aliments en complément pour obtenir des rations équilibrées. Toutefois, il a fallu tenir compte des moyens humains et économiques du zoo, c'est-à-dire choisir des aliments pas trop onéreux et faciles à distribuer. Les fruits et légumes restent les composants de base des rations auxquels s'ajoutent des croquettes pour chatons, du sel ou encore des fruits secs.

A. Fruits et légumes

Pour rendre la confection des repas moins aléatoire, un tableau regroupant quelques données nutritionnelles sur les fruits et légumes couramment utilisés au zoo, a été fourni au cuisinier (Annexe 1). Il peut s'y reporter pour connaître la valeur énergétique d'un aliment et avoir des données qualitatives sur sa teneur en minéraux et vitamines. L'objectif est que le cuisinier se serve des rations type corrigée comme modèle et qu'il se reporte à l'annexe 1 pour trouver des équivalences et donc préparer des rations variées et équilibrées avec les matières premières mises à sa disposition.

Enfin, pour simplifier la préparation des rations, la quantité de fruits et de légumes à distribuer est exprimée en nombre sauf pour le raisin qui est dosé en kilogramme.

B. Croquettes pour chatons

Après plusieurs calculs mettant en évidence l'impossibilité d'équilibrer les rations, principalement en énergie, protéines et calcium, uniquement avec des fruits et des légumes, il a été décidé d'utiliser des croquettes pour chatons. En effet, ce sont de très bonnes sources d'énergie, de protéines, d'acides gras essentiels, de

vitamines et de minéraux (Annexe 2) qui semblent bien acceptées par les Primates (Turner, 2006). De plus, elles sont moins onéreuses que les croquettes spécifiques pour singes.

Les calculs montrent qu'une petite quantité distribuée quotidiennement permet de répondre aux besoins des singes et surtout des jeunes en croissance. De plus, les croquettes, dispersées sur les îles pendant la journée, sont un bon moyen d'occuper les singes et donc d'enrichir le milieu.

C. Fruits secs et graines

Ces aliments ont un double intérêt puisque d'une part ce sont de bonnes sources de nutriments et d'autre part ils permettent d'enrichir le milieu. En effet, les animaux passent du temps à les chercher sur le sol et à les décortiquer.

Les noix sont riches en énergie et en lipides (notamment en acides gras oméga 3 et 6) et sont de bonnes sources de vitamines (parmi lesquelles la vitamine E) et de minéraux (calcium, phosphore, fer entre autres). Les raisins secs sont riches en sucre et relativement riches en fer. Les graines de tournesol sont aussi très intéressantes pour leur richesse en fer, en magnésium, en vitamine E, en folates et en acide linoléique (famille des oméga 6).

D. Sources de minéraux

Les rations actuelles sont déficitaires en minéraux. L'utilisation de croquettes est un bon moyen pour améliorer les teneurs dans les rations, mais cela reste insuffisant, surtout pour le calcium et le phosphore. Il a donc été proposé d'ajouter un aliment minéral et vitaminé (AMV) tel que Vitacalcion Porcs® dont la composition est fournie en annexe (Annexe 3). Cette poudre facile d'utilisation permettrait de pallier aux déficits d'apport en calcium et en phosphore mais également en partie en fer et en cuivre. Reste à savoir avec quelle efficacité sera consommée la poudre, car non seulement il risque d'y avoir des pertes lors de la distribution des aliments sur le sol mais les animaux risquent aussi de trier les fruits et légumes saupoudrés.

Par ailleurs, l'ajout de sel, simple et peu onéreux permettra d'apporter le sodium nécessaire aux animaux.

II. CALCULS DE RATIONS EQUILIBREES

Pour chaque espèce, une ration type dite « corrigée » à base de fruits, de légumes et de croquettes pour chatons a été proposée afin de servir de modèle au cuisinier. Les valeurs nutritionnelles de ces rations sont exposées sous forme de tableaux et comparées aux anciennes rations. Dans ces tableaux sont détaillés aussi l'apport en sodium que permet l'ajout d'une cuillère à café de sel ainsi que les apports de 15 grammes d'aliment minéral et vitaminé. Le code couleur utilisé précédemment est conservé : bleu quand l'élément est en excès et rouge s'il est inférieur aux besoins. Enfin, les valeurs en gras et soulignées sont celles des éléments qui contrairement à l'ancienne ration sont en quantités suffisantes dans la nouvelle.

A l'aide de l'annexe 1, les rations pourront être modifiées en remplaçant un aliment par un autre d'énergie équivalente et si possible apportant les mêmes nutriments.

Quelques règles de base ont été mises en place lors de l'élaboration de ces «rations types corrigées» et devront être respectées afin de satisfaire au mieux les besoins des animaux. Premièrement, la quantité de matière sèche doit être prise en considération et il faut intégrer au rationnement la capacité d'ingestion des différents individus. Pour cette étude, la référence prise a été la quantité de matière sèche de l'ancienne ration qui semblait tout à fait correspondre aux animaux. Deuxièmement, les fruits et les légumes apportant le plus d'énergie comme l'avocat, le brocoli ou la banane doivent être utilisés en priorité. De plus, quand cela est possible, il est préférable de donner un aliment par individu (pomme, banane, carotte).

Une fois les rations types corrigées établies, en appliquant ces règles, la quantité de croquettes permettant de compléter les apports énergétiques des trois hardes a été ajoutée. Ensuite, les quantités de sel et d'aliment minéral vitaminé ont été calculées afin d'équilibrer la ration en vitamines et minéraux. Enfin, il a été proposé de distribuer des fruits secs (noix, raisins secs...) qui compléteront cette ration en apportant entre autre des acides gras essentiels.

A. Proposition d'une ration pour les macaques à face rouge

La ration qui était distribuée aux macaques, couvrait certes leurs besoins énergétiques mais ne répondait pas à leurs besoins en protéines, en acides gras essentiels et en minéraux. La nouvelle ration comprend des croquettes pour chatons qui non seulement répondent aux besoins protéiques et lipidiques des macaques mais permettent aussi de les occuper. Il est proposé de les distribuer sur l'île au cours de la journée ou encore de les cacher, dans des boîtes percées par exemple (cf première partie, chap. 2, §III-C) afin de distraire les animaux. La composition en fruits et légumes a été peu modifiée par rapport à l'ancienne ration (Tableau 21) mais a été ajustée de manière à obtenir une ration ne dépassant pas le besoin recommandé en énergie (Tableau 22). En effet, un excès d'apport d'énergie dans la ration pourrait également être préjudiciable à la santé des animaux surtout pour des animaux qui bougent peu (obésité, troubles de la reproduction...).

Tableau 21 : exemple de ration type corrigée pour les macaques à face rouge.

Aliments	Quantité
Pomme	7
Banane	7
Raisin	500g
Carotte	7
Brocoli	1
Tomate	7
Poivron	1
Poireau	1
Avocat	4
Aubergine	1
Croquette	100g

Tableau 22 : comparaisons des apports nutritionnels réalisés par l'ancienne et la nouvelle ration données aux macaques à face rouge.

	ENERGIE (kcal)	MATIERE SECHE (g)	PROTEINE (%MS)	OMEGA 3 (%MS)	OMEGA 6 (%MS)	FIBRES (%MS)
Apports de l'ancienne ration type	3493	874	6,2	0,13	1,7	16,8
Apports de la ration type corrigée	3524	856	<u>10,2</u>	<u>0,55</u>	<u>2,85</u>	16,5
Recommandations	3421		[6,4-16,7]	[mini: 0,5]	[mini 2]	[10-30]

Tableau 23 : comparaisons des apports en minéraux réalisés par la ration type, la ration type corrigée, la ration type corrigée salée et la ration type corrigée, salée et complétement, pour les macaques à face rouge.

	Calcium (% MS)	Phosphore (%MS)	Potassium (%MS)	Sodium (%MS)	Magnésium (%MS)	Cuivre (mg/kg MS)	Zinc (mg/kg MS)	Manganèse (mg/kg MS)	Fer (mg/kg MS)
Ancienne ration type	0,08	0,16	1,6	0,06	0,09	5,33	11,64	10,30	21,63
Ration type corrigée	0,20	0,25	1,57	0,1	0,09	4,55	11,33	8,19	19,61
Ration type corrigée salée (a)	0,20	0,25	1,57	0,38	0,09	4,55	11,33	8,19	19,61
Ration type corrigée salée et complétement (b)	0,74	0,31	1,57	0,38	0,09	4,98	11,33	8,19	82,69
Recommandations	[0,54-0,8]	[0,33-0,6]	[0,4-1,1]	[0,2-0,65]	[0,04-0,17]	[12-20]	[11-100]	[20 mini]	[100-200]

(a)-> Ration type corrigée + une cuillère à café de sel

(b)-> Nouvelle ration + une cuillère à café de sel+ 15g de Vitacalcion Porc®

Tableau 24 : comparaisons des apports vitaminiques réalisés par la ration type, la ration type corrigée, la ration type corrigée salée et la ration type corrigée, salée et complétement, pour les macaques à face rouge.

	Vit A (UI/kg MS)	Vit E (mg/kg MS)	Vit K (mg/kg MS)	Vit B1 (mg/kg MS°)	Vit B2 (mg/kg MS)	Folates (mg/kg MS°)	Vit B5 (mg/kg MS)	Vit B6 (mg/kg MS)	Niacine (mg/kg MS)	Vit C (mg/kg MS)
Ancienne ration type	72113,20	31,62	0,86	3,08	3,68	0,56	18,32	9,22	36,22	946,18
Ration type corrigée	75366,47	95,42	0,80	2,63	3,32	0,55	18,10	8,73	35,10	854,03
Ration type corrigée salée et complétement (a)	82812,16	96,82	0,80	2,63	3,32	0,55	18,10	8,73	35,10	854,03
Recommandations	[8000-14000]	[54-100]	[0,5-12]	[1,1-3]	[1,7-4]	[max 4]	[mini 12]	[2,7-4,4]	[16-56]	[55-110]

(a)-> Ration type corrigée + une cuillère à café de sel+ 15g de Vitacalcion Porc®

Les croquettes ne permettent pas de combler les carences en minéraux. L'ajout d'un complément minéral du type Vitacalcion Porc® permet de couvrir les besoins en calcium et en phosphore (Tableau 23).

Les fruits et légumes sont de bonnes sources de vitamines. L'ajout de croquettes complète parfaitement l'ancienne ration en apportant de la vitamine E. On obtient ainsi une ration couvrant les besoins vitaminiques des macaques (Tableau 24).

B. Proposition d'une ration pour les patas

Tout d'abord, il faut noter qu'en milieu naturel les patas mangent énormément de fleurs, de graines et de feuilles, beaucoup plus que les deux autres espèces dont les aliments de base sont des fruits. Pour des raisons de moyens, la ration type corrigée est composée de fruits et de légumes, les aliments de types fleurs et graines n'étant pas disponibles au zoo. Toutefois, la distribution quotidienne de fruits secs et de fruits à coques (noisettes, noix) ou de graines de tournesols devrait permettre de se rapprocher de leur alimentation naturelle.

La ration type corrigée (Tableau 25) est plus riche en énergie et répond ainsi aux besoins des patas qui étaient sous alimentés (Tableau 27). Elle est composée de fruits et de légumes, de croquettes pour chatons qui pourront être distribuées sur l'île dans la journée

Tableau 25 : exemple de ration type pour les patas.

ALIMENTS	QUANTITE
Banane	6
Avocat	3
Pomme	6
Aubergine	3
Brocoli	2
Poireau	1
Carotte	6
Endive	2
Fenouil	1
Raisin	500g
Courgette	2
Croquette	100g

Cette nouvelle ration couvre les besoins en énergie ainsi qu'en protéines des patas (Tableau 26).

Tableau 26 : comparaisons des apports nutritionnels réalisés par l'ancienne et la nouvelle ration données au patas.

	ENERGIE (kcal)	MATIERE SECHE (g)	PROTEINE (%MS)	OMEGA 3 (%MS)	OMEGA 6 (%MS)	FIBRES (%MS)
Apports de l'ancienne ration type	3116	821	6,16	0,16	0,59	15,5
Apports de la ration type corrigée	3506	914	10,64	0,2	1,59	16,3
Recommandations	3500		[6,4-16,7]	[mini: 0,5]	[mini 2]	[10-30]

Si la ration type corrigée apporte une quantité suffisante de zinc elle n'en reste pas moins déficitaire en calcium, phosphore et fer (Tableau 27). Là encore, un complément tel que le Vitacalcion Porc® permet de répondre aux besoins des patas en calcium et phosphore qui sont les deux éléments indispensables essentiellement pour la croissance des jeunes.

Tout comme pour les macaques la nouvelle ration couvre les besoins vitaminiques des patas (Tableau 28).

C. Proposition de ration pour les singes verts

La ration des singes verts a été la plus difficile à mettre en place car il y a beaucoup de jeunes dans la harde. Or, ces derniers ont des besoins en énergie, protéines, calcium et phosphore élevés mais une capacité d'ingestion faible. Ainsi, augmenter la quantité de fruits et légumes ne servirait à rien et risquerait même d'être à l'origine d'obésité chez les adultes qui mangeraient plus que leur besoin. Il faut donc utiliser les aliments ayant un rapport énergie/matière sèche optimal. Pour les vervets, la ration type corrigée comprend 200 grammes de croquettes pour chatons, aliments riches en énergie, en protéines et en acides gras essentiels (Tableau 29)

Tableau 27 : comparaisons des apports en minéraux réalisés par la ration type, la ration type corrigée, la ration type corrigée salée et la ration type corrigée, salée et complétée, pour les patas .

	Calcium (% MS)	Phosphore (%MS)	Potassium (%MS)	Sodium (%MS)	Magnésium (%MS)	Cuivre (mg/kg MS)	Zinc (mg/kg MS)	Manganèse (mg/kg MS)	Fer (mg/kg MS)
Ancienne ration type	0,1	0,16	1,6	0,07	0,09	5	10,63	12,20	24,85
Ration type corrigée	0,22	0,26	1,57	0,12	0,1	4,50	13,23	10,64	24,78
Ration type corrigée salée (a)	0,22	0,26	1,57	0,37	0,1	4,50	13,23	10,64	24,78
Ration type corrigée salée et complétée (b)	0,73	0,32	1,57	0,37	0,1	4,90	13,23	10,64	83,93
Recommandations	[0,54-0,8]	[0,33-0,6]	[0,4-1,1]	[0,2-0,65]	[0,04-0,17]	[12-20]	[11-100]	[20 mini]	[100-200]

(a)-> Ration type corrigée + une cuillère à café de sel

(b)-> Nouvelle ration + une cuillère à café de sel+ 15g de Vitacalcion Porc®

Tableau 28 : comparaisons des apports vitaminiques réalisés par la ration type, la ration type corrigée, la ration type corrigée salée et la ration type corrigée, salée et complétée, pour les patas.

	Vit A (UI/kg MS)	Vit E (mg/kg MS)	Vit K (mg/kg MS)	Vit B1 (mg/kg MS)	Vit B2 (mg/kg MS)	Folates (mg/kg MS)	Vit B5 (mg/kg MS)	Vit B6 (mg/kg MS)	Niacine (mg/kg MS)	Vit C (mg/kg MS)
Ancienne ration type	91924,20	23,67	1,29	3,26	3,56	0,63	13,07	9,33	31,15	1022,03
Ration type corrigée	65264,44	87,03	1,77	2,65	3,58	0,89	20,69	7,75	32,70	891,23
Ration type corrigée salée et complétée (a)	72347,92	88,35	1,77	2,65	3,58	0,89	20,69	7,75	32,70	891,23
Recommandations	[8000-14000]	[54-100]	[0,5-12]	[1,1-3]	[1,7-4]	[max 4]	[mini 12]	[2,7-4,4]	[16-56]	[55-110]

(a)-> Ration type corrigée + une cuillère à café de sel+ 15g de Vitacalcion Porc®

Tableau 29 : exemple de ration type corrigée pour les vervets.

ALIMENTS	QUANTITE
Avocat	5
Banane	5
Carotte	10
Choux fleur	1
Poireau	1
Pommes	5
Raisin	1kilo
Tomate	10
Croquette	200g

Si l'apport protéique répond aux besoins des vervets, l'apport énergétique reste inférieur aux recommandations (Tableau 30). Cependant, le calcul réalisé concernant les besoins est plutôt en faveur d'une surestimation. On a considéré que le besoin énergétique d'un adulte était deux fois moins élevé que celui d'un jeune alors que cela peut varier de 30 à 50% (première partie, chap.3, §II-C-2). Par ailleurs, le déficit énergétique par individu est faible (moins de 10%). On considère donc que cette ration est satisfaisante.

Tableau 30: comparaisons des apports nutritionnels réalisés par l'ancienne et la nouvelle ration distribuées aux vervets.

	ENERGIE (kcal)	MATIERE SECHE (g)	PROTEINE (%MS)	OMEGA 3 (%MS)	OMEGA 6 (%MS)	FIBRES (%MS)
Apports de l'ancienne ration type	3683	977	6,16	0,16	1,16	16,71
Apports de la ration type corrigée	4274	1033	13	0,3	2,4	14,4
Recommandations	4580		[6,4-16,7]	[mini: 0,5]	[mini 2]	[10-30]

Tableau 31 : comparaisons des apports en minéraux réalisés par la ration type, la ration type corrigée, la ration type corrigée salée et la ration type corrigée, salée et complétée, pour les vervets.

	Calcium (% MS)	Phosphore (%MS)	Potassium (%MS)	Sodium (%MS)	Magnésium (%MS)	Cuivre (mg/kg MS)	Zinc (mg/kg MS)	Manganèse (mg/kg MS)	Fer (mg/kg MS)
Ancienne ration type	0,1	0,17	1,6	0,07	0,09	5	11,63	11,1	24,07
Ration type corrigée	0,27	0,47	1,57	0,15	0,09	4,54	11,05	7,1	20,52
Ration type corrigée salée (a)	0,27	0,47	1,57	0,37	0,09	4,54	11,05	7,1	20,52
Ration type corrigée salée et complétée (b)	0,77	0,53	1,57	0,37	0,09	4,82	11,05	7,1	76,49
Recommandations	[0,54-0,8]	[0,33-0,6]	[0,4-1,1]	[0,2-0,65]	[0,04-0,17]	[12-20]	[11-100]	[20 mini]	[100-200]

(a)-> Ration type corrigée + une cuillère à café de sel

(b)-> Nouvelle ration + une cuillère à café de sel+ 15g de Vitacalcion Porc®

Tableau 32 : comparaisons des apports vitaminiques réalisés par la ration type, la ration type corrigée, la ration type corrigée salée et la ration type corrigée, salée et complétée, pour les vervets.

	Vit A (UI/kg MS)	Vit E (mg/kg MS)	Vit K (mg/kg MS)	Vit B1 (mg/kg MS)	Vit B2 (mg/kg MS)	Folates (mg/kg MS)	Vit B5 (mg/kg MS)	Vit B6 (mg/kg MS)	Niacine (mg/kg MS)	Vit C (mg/kg MS)
Ancienne ration type	102464,2	29,55	1,2	3,24	3,53	0,55	15,53	8,79	34,4	947,78
Ration type corrigée	86139,99	136,03	0,64	2,71	3,08	0,53	18,23	8,12	33,35	721,03
Ration type corrigée salée et complétée (a)	96183,49	141,84	0,64	2,71	3,08	0,53	18,23	8,12	33,35	721,03
Recommandations	[8000-14000]	[54-100]	[0,5-12]	[1,1-3]	[1,7-4]	[max 4]	[mini 12]	[2,7-4,4]	[16-56]	[55-110]

(a)-> Ration type corrigée + une cuillère à café de sel+ 15g de Vitacalcion Porc®

Tout comme pour les patas, la distribution de noix ou noisettes non décortiquées permettraient de les occuper tout en leur fournissant des acides gras essentiels qui sont en teneur encore trop faible dans la nouvelle ration.

La ration type corrigée est assez riche en phosphore mais pauvre en calcium (Tableau 31) ce qui génère un réel déséquilibre phosphocalcique qui peut à long terme être à l'origine d'une déminéralisation osseuse. Cette carence peut être corrigée par l'utilisation d'un complément minéral (Tableau 31).

La ration type corrigée est équilibrée en vitamines (Tableau 32).

III. AMELIORATION DE LA DISTRIBUTION

Comme cela a été développé en première partie, la distribution est aussi importante que la composition de la ration. En effet, l'alimentation intervient dans l'enrichissement du milieu qui est indispensable dans la gestion d'animaux en captivité. Le mode de distribution des rations ne doit pas être négligé et passé au second plan. Le parc zoologique du Reynou manque de personnel (un cuisinier et deux soigneurs sont présents, aidés par des saisonniers et des stagiaires). Il est donc nécessaire d'organiser leur emploi du temps afin qu'ils travaillent dans de bonnes conditions et que les animaux soient en bonne santé physique et psychologique.

A. Rôle clé des soigneurs

Une bonne gestion d'un parc zoologique passe par un encadrement des soigneurs qui doivent être formés et motivés. Le bien-être des animaux est forcément lié à un travail efficace du personnel. Obtenir la participation des soigneurs dès l'origine du projet est indispensable. Il leur est demandé de proposer des idées d'enrichissement pour les espèces dont ils ont la charge, et des suggestions pour améliorer leurs conditions de travail. Le but recherché est de les motiver, ou tout du moins de les impliquer dans la réalisation du projet dont ils seront les acteurs (Hannier, 1995). L'enrichissement environnemental passe par la complexité verticale et horizontale de l'enclos. Concrètement, en ce qui concerne les singes étudiés ici, les îles et la volière offrent plusieurs possibilités que les soigneurs doivent exploiter :

fabriquer des répliques, placer des tunnels dans les perchoirs ou les arbres, imaginer d'autres systèmes ludiques pour cacher des aliments.

Par ailleurs, une bonne connaissance de la biologie et des comportements naturels des animaux ainsi qu'une observation attentive et quotidienne de leurs attitudes en captivité suffisent pour détecter la moindre anomalie et permettent d'éviter un bon nombre de problèmes. La formation des soigneurs est un élément à ne pas négliger. Il est fondamental qu'ils connaissent les espèces dont ils sont responsables, qu'ils soient informés de ce qui se fait dans les autres parcs. Ils doivent donc avoir à leur disposition une sérieuse documentation (rapports de congrès, revues, exemples de mode de distribution mis en place dans les autres parcs zoologiques) ainsi que du temps pour observer les animaux. L'observation des comportements est un travail très chronophage mais riche d'informations.

B. Organisation du travail

Les tâches des soigneurs sont variées et nombreuses :

- assurer la sécurité : vérification des enclos,
- apporter les soins aux animaux : nettoyer les bâtiments, nourrir les animaux, les rentrer chaque soir,
- remplacer le cuisinier durant ses jours de congés,
- enrichir le milieu : cacher les aliments, fractionner la distribution.

Les soigneurs ont donc une charge de travail quotidienne importante qui nécessite une bonne organisation. Tout d'abord, l'annexe 1, récapitulant les différents apports nutritionnels des fruits et légumes, pourra être affichée dans la cuisine afin qu'il soit possible de s'y référer aussi souvent que nécessaire. Les rations citées dans ce travail sont des exemples de repas répondant aux besoins des animaux, que le cuisinier pourra modifier et adapter aux aliments disponibles à l'aide de cette annexe. Cela garantit la préparation de repas variés et équilibrés.

Ensuite, il faut mettre en place un emploi du temps précis pour chaque soigneur lui permettant de tout faire et notamment d'enrichir le milieu, ce qui était mis de côté jusqu'à présent. En effet, la distribution de noix à décortiquer, la mise en place de « casse-tête » alimentaires pour stimuler les animaux doivent faire partie intégrante de la distribution des aliments et ne doivent pas être négligées.

Etant donné que les animaux doivent être rentrés le soir, le principal repas doit rester celui qui sert d'appât en fin d'après-midi. Il doit être composé de fruits et légumes qui seront donnés dans le bâtiment comme cela était fait auparavant. Mais, cela doit être complété, au cours de la journée, par la distribution quotidienne de croquettes qui non seulement couvrent les besoins énergétiques et protéiques des animaux mais aussi les occupent. De plus, le matin quelques fruits et légumes de la ration pourront être cachés en hauteur (tunnel, arbre) ou au sol dans une boîte percée

Pour que l'enrichissement des enclos fasse partie intégrante du travail des soigneurs, il est conseillé d'afficher un planning précis des différentes tâches. Par exemple : lundi > distribution de graines de tournesol, mardi > fruits cachés dans une boîte trouée...Cela permettrait d'une part, de rendre plus systématique pour les animaliers l'enrichissement du milieu, et d'autre part de varier les distractions.

C. Evaluation du travail

Enfin, la communication au sein de l'équipe est primordiale. On peut imaginer différents points à développer : un tableau sur lequel seraient notées quotidiennement les remarques de chacun (problèmes, améliorations...), une réunion hebdomadaire, etc. Cette réunion avec le directeur serait utile pour l'échange d'idées (modifications d'enclos, d'aliments...) ainsi que pour l'exposition des problèmes et des requêtes (besoins de matériaux, de nourriture...). Par ailleurs, il est indispensable que toutes les informations qui concernent l'alimentation soient transmises au cuisinier qui adaptera les rations aux stades physiologiques, au nombre d'individus, au goût des animaux.

IV. LIMITES DE LA REALISATION D'UN PLAN DE RATIONNEMENT

Lors de ce travail, les rations de trois espèces de cercopithèques ont été étudiées et comparées aux recommandations en vue de leur amélioration. La bibliographie donne des informations sur les besoins nutritionnels ainsi que sur le comportement et les moyens d'enrichir le milieu. Il faut tout de même reconnaître les limites des connaissances sur les espèces étudiées dans ce travail qui font l'objet de

très peu de travaux. Chaque donnée doit donc être interprétée avec précaution. A cela s'ajoutent les données fournies par d'autres parcs zoologiques. Ainsi, à partir de ces informations et de ces exemples, des rations et un mode de distribution ont pu être proposés. Cela a été fait en tenant compte à chaque fois des moyens humains et des finances du zoo, c'est-à-dire en trouvant un compromis entre ce qui est le meilleur pour les animaux (bien-être physique et psychologique) et ce qui est réalisable par le personnel du zoo du Reynou.

A. Calculs empiriques des besoins nutritionnels des animaux

Les formules permettant de calculer les besoins alimentaires des animaux ont été obtenues de manière empirique (NRC, 2003). En ce qui concerne les singes, seulement une quinzaine d'espèces ont été étudiées. Les besoins énergétiques des trois espèces qui nous intéressent n'ont pas été définis, il a donc fallu choisir une formule parmi celles données dans le NRC. Celle choisie a été la formule mise au point pour *Macaca fascicularis*, seule espèce de cercopithèques pour laquelle les besoins énergétiques ont été évalués.

Les besoins nutritionnels spécifiques des espèces étudiées au cours de ce travail ne sont pas connus. L'objectif a donc été d'évaluer les apports des rations et de les améliorer en s'approchant le plus possible des recommandations estimées à partir de la bibliographie et surtout du NRC. Ces recommandations ont été définies d'après différentes études sur plusieurs espèces et fournissent donc un ordre de grandeur. Elles permettent d'évaluer la qualité des rations distribuées et de définir les améliorations souhaitables.

L'observation, entre autres, de troubles digestifs, de problèmes de reproduction est aussi un moyen de savoir si l'alimentation donnée correspond aux besoins des animaux. En effet, certains symptômes peuvent être liés à une ration mal adaptée. Par exemple, pour les patas, face à l'amaigrissement et à la dégradation de l'état général des animaux de la harde (poils piqué), il aurait été utile de faire rapidement des coproscopies pour chercher d'éventuels parasites mais aussi d'étudier la ration distribuée. Par manque de moyens et de temps, le personnel du zoo n'a pas pu le faire, la mort d'un jeune et du mâle adulte n'ont pu être évitées. L'autopsie a mis en évidence une infestation importante ; et l'étude de la ration, faite par la suite lors de ce travail, a permis de constater que ces animaux étaient sous-

alimentés. Les calculs ont prouvé en effet, que la ration distribuée n'était pas adaptée aux besoins des patas sur le plan énergétique et protéique. Ainsi, faut-il prendre au sérieux toute baisse de l'état général, qui peut révéler une carence ou encore tout trouble de production (avortement, baisse du taux de natalité..) qui peut être lié à un déficit.

B. Difficultés à mettre en pratique la théorie

Ce travail a consisté à proposer de nouvelles rations adaptées et équilibrées qui répondent aux besoins des trois espèces de cercopithèques. Il faut impérativement que ces suggestions soient facilement applicables par le personnel peu nombreux du zoo. Tout d'abord, en ce qui concerne la composition des rations types corrigées. Dans beaucoup de parcs zoologiques les rations sont définies pour chaque jour de la semaine, et un programme quotidien (chaque jour à telle heure, tels aliments) ou hebdomadaire (chaque lundi, telle ration...) est suivi. Cela ne peut pas être mis en place au Reynou pour l'instant. En effet, les fruits et légumes disponibles, dépendent de la livraison et donc varient d'un jour à l'autre et les quantités sont imprévisibles. Il n'était donc pas possible d'établir un programme de rationnement précis. Le meilleur moyen a donc été de prendre pour chaque espèce un exemple de ration composée de fruits et légumes les plus souvent disponibles au cours de l'année. Cet exemple permet d'illustrer la démarche pour établir une ration équilibrée. De plus, il se veut simple à appliquer (une pièce par animal en général) et modifiable grâce au tableau récapitulatif des valeurs nutritionnelles des aliments (Annexe 1). L'inconvénient est qu'il n'y a pas de plan de rationnement détaillé et que la qualité des repas dépend de l'arrivage des matières premières et du travail du cuisinier.

En ce qui concerne la distribution, elle était très simple : un repas distribué le soir pour faire rentrer les animaux, un peu de graines distribuées au printemps et un peu de croquettes quelques fois dans l'année. De nouvelles propositions ont été faites et pour qu'elles soient appliquées, il ne faut pas qu'elles soient trop contraignantes pour les soigneurs. Par exemple, il est préférable théoriquement de diviser la ration quotidienne en plusieurs petits repas donnés au cours de la journée mais cela demande énormément de temps. Il n'est pas envisageable de mettre en place un tel mode de distribution dans le parc du Reynou qui compte seulement de

deux à cinq soigneurs (deux soigneurs salariés et des saisonniers ou des stagiaires dont le nombre varie au cours de l'année). Il a donc fallu réfléchir à un compromis entre le bien-être des animaux qui passe, entre autre par un enrichissement alimentaire, et le peu de temps que les soigneurs peuvent consacrer à la distribution des rations. Ainsi, la distribution quotidienne de croquettes et la mise en place de « casse-tête » alimentaires même très simples, telle qu'une boîte trouée remplie de fruits, représentent des moyens efficaces, et tout à fait réalisables, pour améliorer la vie des animaux en captivité. La charge de travail peut être allégée, en alternant l'utilisation de casse-tête avec la distribution de fruits et secs et de graines.

Cette étude, réalisée au zoo du Reynou, a permis de mettre en évidence l'inadéquation des rations et de leurs distributions aux besoins des trois espèces de Cercopithèques. Ainsi, de nouvelles rations, plus riches en énergie, en protéines et plus équilibrées en minéraux et vitamines, sont-elles proposées. De plus, des propositions sur l'organisation du travail et des exemples d'enrichissement du milieu sont exposées afin d'améliorer le bien-être de ces trois espèces.

CONCLUSION

La nutrition est désormais reconnue comme une discipline fondamentale dans la gestion des animaux en captivité. Non seulement une ration équilibrée est indispensable pour la bonne santé des animaux, mais l'alimentation est aussi un élément essentiel de l'enrichissement du milieu. Etudier des rations revient donc à analyser leur composition ainsi que leur distribution. Dans cette thèse, ces deux aspects du rationnement ont été évalués et améliorés, afin de contribuer pleinement au bien-être des macaques à face rouge, des patas et des singes verts du zoo du Reynou.

La démarche de cette étude a consisté à calculer puis à comparer les apports aux besoins pour ensuite améliorer les rations de ces trois espèces de Cercopithèques, tout en tenant compte des contraintes économiques. L'analyse des rations a mis en évidence des déficits en énergie, en protéines, et en minéraux. De nouvelles rations, adaptées aux besoins nutritionnels des trois espèces de singes étudiées, ont donc été proposées. Elles pourront être modifiées, tout en restant équilibrées, en utilisant le tableau, fourni en annexe, sur les apports en énergie, en vitamines et en minéraux des fruits et légumes disponibles au zoo. Le cuisinier peut donc préparer des rations répondant aux besoins des animaux, quelques soient les aliments livrés, c'est-à-dire sans coût supplémentaire. Cependant, le zoo devra tout de même investir dans l'achat de croquettes pour chatons, afin de compléter les rations de fruits et légumes.

Dans ce travail, plusieurs études prouvant l'importance de l'enrichissement du milieu pour des animaux en captivité ont été citées. L'enrichissement, qu'il soit social, physique ou alimentaire, contribue au bien-être psychologique des animaux. Le personnel travaillant dans les parcs zoologiques doit y être sensibilisé et doit avoir les moyens de le développer. Des modifications du mode de distribution, simples à mettre en place et peu onéreuses, ont été proposées dans cette thèse. Prendre le temps de cacher certains aliments sur les îles et distribuer des graines régulièrement

AGREMENT ADMINISTRATIF

Je soussigné, A. MILON, Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, certifie que

Melle MALE Angélique, Claire

a été admis(e) sur concours en : 2001

a obtenu son certificat de fin de scolarité le : 6 Juillet 2006

n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

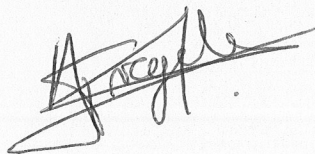
Je soussignée, Annabelle TROEGELER, Maître de Conférences, de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, autorise la soutenance de la thèse de :

Melle MALE Angélique, Claire

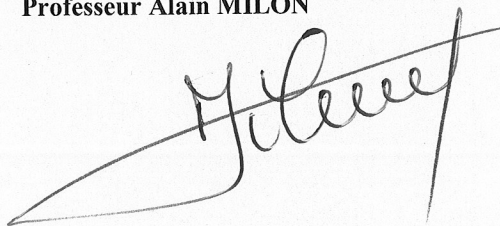
intitulée :

*Etude de l'alimentation de trois espèces de cercopithèques du zoo du Reynou : Les patas (*Erythrocebus patas*), les singes verts (*Cercopithecus aethiops*) et les macaques à face rouge (*Macaca arctoïdes*)*

**Le Professeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Docteur Annabelle TROEGELER**



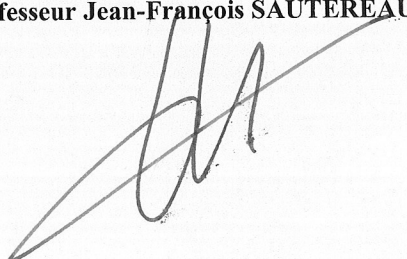
**Vu :
Le Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Professeur Alain MILON**



**Vu :
Le Président de la thèse :
Professeur Jean-Paul SEGUELA**



**Vu le : 21 DEC. 2006
Le Président
de l'Université Paul Sabatier
Professeur Jean-François SAUTEREAU**



sont des moyens simples, qui obligent l'animal à chercher sa nourriture, et donc augmentent la durée du comportement appétitif.

Cette étude se voulait être un outil pratique pour le cuisinier et les soigneurs du zoo du Reynou. Il serait intéressant de faire un suivi de ces trois hardes quelques mois après la mise en place des nouvelles rations. Par ailleurs, cette démarche pourrait être appliquée aux autres espèces d'animaux présentes au zoo.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. BALY D.L., GOLUB M.S., GERSHWIN M.E., HURLEY L.S. Studies of marginal zinc deprivation in rhesus monkeys. III. Effects on vitamin A metabolism. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1984, 40(2) : 199-207.
2. BERNSTEIN I.S. Activity patterns in a stump-tail Macaques group (*Macaca arctoides*). *Folia Primatol.*, 1980, 33 : 20-45.
3. BONNOTTE S. Maintien en captivité des primates simiens de l'ancien monde : problématique et proposition de solutions. Th. : Med.vet. : Toulouse : 1997-TOU 3-4081. 194 pages.
4. BYRNE G.D., SUOMI S.J. Effects of woodchips and buried food on behavior patterns and psychological well-being of captive rhesus monkeys. *Am. J. Primatol.*, 2005, 23(3) : 141-51.
5. CHEEK D.B., HOLT A.B., LONDON W.T., ELLENBERG J.H., HILL D.E., SEVER J.L. Nutritional studies in the pregnant rhesus monkey--the effect of protein-calorie or protein deprivation on growth of the fetal brain. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1976, 29(10) : 1149-57.
6. CHIVERS D.J., HLADIK C.M. Morphology of the gastrointestinal tract in primates: comparisons with other mammals in relation to diet. *J. Morphol.*, 1980, 166(3) : 337-86.
7. DIAU G.Y., LOEW E.R., WIJENDRAN V. SYARKADI-NAGY E., NATHANIELSZ P.W., BRENNAN J.T. Docosahexaenoic and arachidonic acid influence on preterm baboon retinal composition and function. *Invest Ophthalmol. Vis. Sci.* 2003, 44 : 4559-66.
8. DIERENFELD E.S. Vitamin E: metabolism, sources, unique problems in zoo animals, and supplementation. In : Fowler M. E., Miller R.E. Zoo and wildlife medicine. Philadelphia : W.B. Saunders company, 1999, 79-83.
9. DUNBAR R., BARRETT L. Planète singes : nos cousins les primates. Paris : Bordas, 2001, 240 pages.
10. EISELE P.H., MORGAN J.P., LINE A.S., ANDERSON J.H. Skeletal lesions and anemia associated with ascorbic acid deficiency in juvenile rhesus macaques. *Lab. Anim. Sci.*, 1992, 42(3) : 245-9.
11. ESTES R.D. The Behavior Guide to African Mammals. Californie : University of California Press, 1991, 611 pages.
12. FAUCHEUX B. Influence du milieu sur le développement post-natal du macaque à face rouge (*Macaca arctoides*). Th.D : Sciences biologiques fondamentales et appliquées : Paris, Université Pierre et Marie Curie ; 1977.
13. FERNANDES D. Aspects of the ecology and psychology of feeding and foraging. In : Kleiman D.G., Allen M.E., Thompson K.V., Lumpkin S Wild mammals in captivity: principles and techniques. Part. 2: Nutrition. Chicago : The University of Chicago Press, 1996, 372-376.
14. FIEDLER W. Les Cercopithèques et leurs parents. In : Grzimech B. Le monde animal en 13 volumes, encyclopédie des bêtes, Tome X. Zurich : Stauffacher S.A., 1975, 381-442.
15. FIEDLER W., THENUS E. Les primates. In : Grzimech B., Le Monde animal en 13 volumes, encyclopédie de la vie des bêtes, Tome X. Zurich : Stauffacher S.A., 1975, 239-245.

16. GANGLOFF L. Généralités sur la pathologie de nutrition chez les animaux de zoo. *In* : Comptes rendus du Congrès NutriZoo, SNDPZ (Syndicat National des Directeurs de Parcs Zoologiques français), Besançon, 1990, 6-13.
17. GOLUB M.S., GERSHWIN M.E., HURLEY L.S., BALY D.L., HENDRICKX A.G. Studies of marginal zinc deprivation in rhesus monkeys: II. Pregnancy outcome. *Am J.Clin Nutr.*, 1984, 39(6) : 879-87.
18. GROVES C.P. Primate taxonomy. London : Smithsonian Institution Press, 2001. 350 pages.
19. HALL K.R.L., BOELKINS R.C., GOSWELL M. Behaviour of patas monkeys, *Erythrocebus patas*, in captivity, with notes on the natural habitat. *Folia primat.*, 1965, 3, 22-49.
20. HALL K.R.L., MAYER B. Social interactions in a group of captive patas monkeys (*Erythrocebus patas*) *Folia primat.*, 1967, 5, 213-236.
21. HANNIER I. Le bien-être des animaux en parcs zoologique : influence de l'enrichissement du milieu. *Le point vétérinaire*, 1995, 26 : 37-44.
22. HANSEN B.C., BODKIN N.L., ORTMAYER H.K. Calorie restriction in Nonhuman Primates: mechanisms of reduced morbidity and mortality. *Toxicol. Sci.*, 1999, 52 : 56-60.
23. HANYA G. Seasonal variations in the activity budget of Japanese macaques in the coniferous forest of Yakushima: effects of food and temperature. *Am. J. primatol.*, 2004, 63(3) : 165-77.
24. HLADIK C.M. Le comportement alimentaire des primates : de la socio-écologie au régime éclectique des hominidés. *Primatologie*, 2002, 5 : 421-66.
25. HLADIK C.M. Les stratégies alimentaires des primates. *In* : Roeder J.J., Anderson J.R. Primates : recherches actuelles. Paris : Masson, 1990, 35-52.
26. HLADIK C.M. Régime alimentaire des primates et son adaptation aux ressources du milieu forestier. Th. : Sciences Naturelles : Paris IV : 1977. 196 pages.
27. INNIS S.M. Essential fatty acids in growth and development. *Progr.Lipid res.*, 1991, 30 : 39-103.
28. INNIS S.M. Essential fatty acids in infant nutrition: lessons and limitations from animal studies in relation to studies on infant fatty acid requirements. *Am.J.Clin.Nutr.*, 2000, 71(1) : 238-44.
29. JANSEN W.L., NIJBOER J. Zoo Animal Nutrition, Tables and Guidelines, première édition. Amsterdam: EZNC, 2003, 119 pages
30. KAVANAGH M. The diet and feeding behaviour of *Cercopithecus aethiops tantalus*. *Folia Primatol.*, 1978, 30 : 30-63.
31. KEMNITZ J.W., EISELE S.G., LINDSAY K.A., ENGLE M.J., PERELMAN R.H., FARREL P.M. Changes in food intake during menstrual cycles and pregnancy of normal and diabetic rhesus monkeys. *Diabetologia*, 1984, 26(1) : 60-4.
32. KLEIMAN D.G., GEIST V., MAC DADE M.C., TRUMPEY J.E. Mammals. *In* : Grzimek's animal life encyclopedia, Tome XIV, 2^e édition. Détroit : Edition Gale, 2004, 352-441.
33. KRUIH J. Biochimie, tome I : Biologie cellulaire et moléculaire. 5^e édition. Paris : Hermann, 1995. 341pages.
34. LECOINTRE G., LE GUYADER H. Les Primates. *In* : LECOINTRE G., LE GUYADER H, Classification phylogénétique du vivant, Paris : Belin, 2001, 470-93.

35. LUTZ C.K., NOVAK M.A. Use of foraging racks and shavings as enrichment tools for groups of rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Zoo Biol.*, 1995, 14(5) : 463-74.
36. MAC CANN J.C., AMES B.B. Is docosahexaenoic acid, an n-3 long-chain polyunsaturated fatty acid, required for development of normal brain function? An overview of evidence from cognitive and behavioral tests in humans and animals. *Am.J.Clin.Nutr.*, 2005, 82 (2) : 281-95.
37. MARRINER L.M., DRICKAMER L.C. Factors influencing stereotyped behaviour of primates in a zoo. *Zoo Biol.*, 2005, 13(3) : 267-75.
38. MARTIN A., CNERNA, AFSSA. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. 3^e édition. Paris : TEC and DOC, 2001. 605 pages.
39. MAX LANG C. Organoleptic and other characteristics of diet which influence acceptance by non human primates. *In* : Harris R.S. Feeding and nutrition of nonhuman primates. New-York : Academic Press, 1970, 263-275.
40. MEYER B.J., MANN N.J., LEWIS J.L., MILLIGAN G.C., SINCLAIR A.J., HOWE P.R. Dietary intakes and food sources of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Lipids*, 2003, 38(4) : 391-8.
41. MURCHISON M.A., NOLTE R.E. Food puzzle for singly caged primates. *Am.J.Primatol.*, 2005, 27(4) : 285-92.
42. NAKAGAWA N., OHSAWA H., MUROYAMA Y. Life-history parameters of a wild group of West African patas monkeys (*Erythrocebus patas patas*). *Primates*, 2003, 44, 281-290.
43. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Nonhuman Primates. 2^e édition. Washington : The Academic Press, 2003. 286 pages.
44. NEURIGER M., CONNOR W.E., LIN D.S., BARSTAD L., LUCK S. Biochemical and functional effects of prenatal and postnatal omega 3 fatty acid deficiency on retina and brain in rhesus monkeys. *Proc. Natl. Acad Sci. USA*, 1996, 83 : 4021-5.
45. OFTEDAL O.T., ALLEN M.E. Nutrition and dietary evaluation in zoos. *In* : Kleiman D.G., Allen M.E., Thompson K.V., Lumpkin S. Wild mammals in captivity: principles and techniques. Part. 2 : Nutrition. Chicago : The University of Chicago Press, 1996 (a), 109-116.
46. OFTEDAL O.T., ALLEN M.E. The feeding and nutrition of omnivores with emphasis on primates. *In* : Kleiman D.G., Allen M.E., Thompson K.V., Lumpkin S. Wild mammals in captivity: principles and techniques. Part. 2 : Nutrition. Chicago : The University of Chicago Press, 1996 (b), 148-157.
47. OFTEDAL O.T., ALLEN M.E. Essential nutrients in mammalian diets. *In* : Kleiman D.G., Allen M.E., Thompson K.V., Lumpkin S. Wild mammals in captivity: principles and techniques. Part. 2 : Nutrition. Chicago : The University of Chicago Press, 1996 (c), 117-128.
48. PORRINI M. Toujours en forme avec vitamines et minéraux. Paris : De Vecchi, 1998, 190 pages.
49. RATTERREE M.S., DIDIER P.J., BLANCHARD J.L., CLARKE M.R., SCHAEFFER D. Vitamin C deficiency in captive nonhuman primates fed commercial primate diet. *Lab.Anim.Sci.*, 1990, 40(2) : 165-8.

50. ROEDER J.J., ANDERSON J.R. Primates : recherches actuelles. Paris : Masson, 1990. 232 pages.
51. SCHAPIRO S.J., BLOOMSMITH M.A. Behavioral effects of enrichment on singly-housed, yearling rhesus monkeys: an analysis including three enrichment conditions and a control group. *Am.J.Primatol.*, 2005, 35(2) : 89-101.
52. SCHOLL T.O. Iron status during pregnancy: setting the stage for mother and infant. *Am. J. Clin. Nutr.* 2005, 81(5) : 1218S-1222S.
53. SCHULTZ A.H. Les primates. *In* : Schaeffer C. La Grande encyclopédie de la nature, vol. 17. Lausanne : Ed. Rencontre, 1972, 120-152.
54. SWENERTON H., HURLEY L.S. Zinc deficiency in rhesus and bonnet monkeys, including effects on reproduction. *J. Nutr.*, 1980, 110(3) : 575-83.
55. TURNER L. Etude de l'alimentation des gibbons à mains blanches (*Hylobates l. lar*) en captivité à la Réserve Africaine de Sigean. Th. : Med.vet. : Alfort : 2006-064. 191 pages.
56. ULLREY D.E., BERNARD J.B. Vitamin D: metabolism, sources, unique problems in zoo animals, meeting needs. *In* : Fowler M. E., Miller R.E. Zoo and wildlife medicine. Philadelphia : W.B. Saunders company, 1999, 64-78.
57. VALLOIS H.V. Ordre des primates. *In* : GRASSE P.P., Traité de zoologie, Vol.XVII. Paris : Masson, 1955. 1172 pages.
58. VICK S.J., ANDERSON J.R., YOUNG R. Maracas for *Macaca*? Evaluation of three potential enrichment objects in two species of zoo-housed macaques. *Zoo Biol.*, 2000, 19(3) : 181-191.
59. WEISBARD C., GOY R.W. Effect of parturition and group composition on competitive drinking ordre in Stumptail macaques (*Macaca arctoides*). *Folia primatol.*, 1975, 25 : 95-121.
60. WIXSON S.K., GRIFFITH J.W. Nutritional deficiency anemias in nonhuman primates. *Lab.Anim.Sci.*, 1986, 36(3) : 231-6.

* *

*

[A]. ASSOCIATION NATIONALE DES PARCS ZOOLOGIQUES DE FRANCE. (page consultée le 11 septembre 2006). Site de l'ANPZ, rôle des parcs zoologiques, [en ligne].

Adresse URL: <http://www.anpz.org/>

[B]. EUROPEAN ASSOCIATION OF ZOO AND WILDLIFE VETERINARIANS. (page consultée le 28 octobre 2006). Site de l'EAZWV, [en ligne].

Adresse URL: <http://www.eazwv.org/php/>

[C]. EUROPEAN ASSOCIATION OF ZOOS AND AQUARIA. (page consultée le 11 septembre 2006). Site de l'EAZA, mission statement, [en ligne].

Adresse URL : <http://www.eaza.net/>

- [D]. EUROPEAN ZOO NUTRITION CENTRE. (page consultée le 28 octobre 2006). Site de l' EZNC, [en ligne].
Adresse URL : <http://www.eznc.org/>
- [E]. INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES. (page consultée le 11 septembre 2006). 2006 IUCN red list of threatened species [en ligne].
Adresse URL : <http://www.redlist.org/>
- [F]. INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES. (page consultée le 11 septembre 2006). The World Conservation Union, IUCN overview, [en ligne].
Adresse URL : <http://www.iucn.org/>
- [G]. PARC ZOOLOGIQUE ET PAYSAGER DU REYNOU. (page consultée le 3 novembre 2006). Site du parc du Reynou, [en ligne].
Adresse URL : <http://www.parczooreynou.com/>
- [H]. SAINT LOUIS ZOO (page consultée le 28 octobre 2006). Site du zoo Saint-Louis, [en ligne].
Adresse URL: <http://www.stlzoo.org/>
- [I]. THE CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE IN ENDANGERED SPECIES. (Page consultée le 11 septembre 2006). Site de la CITES, [en ligne].
Adresse URL : <http://www.cites.org/>
- [J]. UNITED STATES OF DEPARTMENT OF AGRICULTURE. (page consultée en novembre 2006). Site de la base de données de l'USDA sur la composition des aliments.
Adresse URL : <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>
- [K]. WORLD ASSOCIATION OF ZOOS AND AQUARIUMS. (Page consultée le 11 septembre 2006). Site de WAZA, [en ligne].
Adresse URL : <http://www.waza.org/>

Annexes

ANNEXE 1 : Apports en énergie, en minéraux et vitamines réalisés par certains fruits et légumes utilisés dans l'alimentation des singes du zoo du Reynou.

ANNEXE 2

Composition des croquettes pour chatons, Science Plan Kitten® au poulet de Hill's

Ingrédients : poulet : 52% minimum, poulet et dinde combinés : 70% minimum : protéines déshydratées de poulet et de dinde, maïs moulu, graisses animales, farine de gluten de maïs, huile de poisson, œuf entier en poudre, graines de lin, hydrolysate, chlorure de potassium, fibres d'avoine, écales de soja, sel, DL-méthionine, phosphate de calcium, hydrochlorure de L-lysine, taurine, L-tryptophane, vitamines et oligo-éléments. Agents conservateurs naturels.

Analyse moyenne :

Energie métabolisable (kcal/100g)	430
Protéines (% Aliment)	37,8
Matières grasses (% Aliment)	25
Glucides (ENA) (% Aliment)	24,3
Cellulose brute (% Aliment)	1,5
Humidité (% Aliment)	5,5
Calcium (% Aliment)	1,01
Phosphore (% Aliment)	0,85
Sodium (% Aliment)	0,38
Potassium (% Aliment)	0,76
Magnésium (% Aliment)	0,08
Oméga 3 (% Aliment)	0,98
Oméga 6 (% Aliment)	3,74
Vitamine A (UI/kg)	13 100
Vitamine D (UI/kg)	680
Vitamine E (mg/kg)	550
Vitamine C (mg/kg)	70

ANNEXE 3

Composition de l'aliment minéral et vitaminé, VitaCalcion Porc® de Coophavet

Il s'agit d'un complément nutritionnel en poudre pour porcelets, porcs et truies en gestation ou en allaitement.

Liste des constituants nutritionnels : vitamines A, D₃, E, K₃, B₁, B₂, B₆, B₁₂, PP, acide folique, panthoténate de calcium, biotine, carbonate de calcium, phosphate bicalcique, fer, cuivre, iode, fenouil, fenugrec, romarin, reine des prés.

Teneurs garanties au kg :

Vitamine A (UI/kg)	425 000
Vitamine D3 (UI/kg)	190 000
Vitamine E (mg/kg)	80
Calcium (g/kg)	302
Phosphore (g/kg)	32
Cuivre (mg/kg)	17
Fer (mg/kg)	3400

Toulouse, 2007

NOM : MALÉ

Prénom : Angélique

TITRE : ÉTUDE DE L'ALIMENTATION DE TROIS ESPÈCES DE CERCOPITHÈQUES DU ZOO DU REYNOU : LES MACAQUES À FACE ROUGE (*MACACA ARCTOIDES*), LES PATAS (*ERYTHROCEBUS PATAS*) ET LES SINGES VERTS (*CERCOPITHECUS AETHIOPS*).

RESUME : L'élevage des animaux sauvages en captivité nécessite de bien maîtriser leur alimentation car elle contribue largement à leur bien-être, d'une part en les maintenant en bonne santé et d'autre part en limitant les comportements anormaux. Trois espèces de cercopithèques ont été étudiées : les patas (*Erythrocebus patas*), les singes verts (*Cercopithecus aethiops*) et les macaques à face rouge (*Macaca arctoides*). Ils sont dits « semi terrestres » et vivent en harde de taille importante et bien hiérarchisée. Ils sont omnivores à dominance frugivore et la recherche de nourriture tient une place importante dans leur quotidien. Les besoins théoriques des trois espèces ont été estimés et comparés aux apports réalisés par les rations actuellement distribuées. Ces rations n'étant pas équilibrées, des améliorations ont été proposées tant pour la composition que pour la distribution des aliments.

MOTS-CLES : Primate, Alimentation, *Macaca arctoides*, *Erythrocebus patas*, *Cercopithecus aethiops*, Captivité.

ENGLISH TITLE: A FEEDING STUDY OF THREE SPECIES OF CERCOPITHECUS FROM THE REYNOU ZOO: STUMPTAIL MACAQUES (*MACACA ARCTOIDES*), PATAS (*ERYTHROCEBUS PATAS*) AND GREEN MONKEYS (*CERCOPITHECUS AETHIOPS*).

ABSTRACT: Wild animal breeding in captivity requires a good control of their feeding. It contributes widely to their well-being in order to have healthy animals and avoid abnormal behaviours. Three species of Cercopithecus were studied: patas (*Erythrocebus patas*), green monkeys (*Cercopithecus aethiops*) and stumptail macaques (*Macaca arctoides*). They are known to be "semi-terrestrial" and to live in big and well hierarchical herds. They are omnivorous with a frugivorous dominance. Daily, they spend lot of time to search and grab foods. Theoretical requirements of these three species were estimated and compared with the rations distributed currently in the zoo. Since these rations are not correctly balanced, some measures were proposed to improve composition and distribution of food.

KEYWORDS : Nonhuman primate, Feeding, *Macaca arctoides*, *Erythrocebus patas*, *Cercopithecus aethiops*, Captivity.