

### 2.1.1.2 - Mastication de tiges amères chez les chimpanzés

En 1989, Huffman et son collaborateur tanzanien Seifu (Huffman & Seifu, 1989) ont observé une femelle chimpanzé du site de Mahale, en Tanzanie : apathique, celle-ci présentait des signes de malaise intestinal et ne mangeait quasiment plus, si ce n'est des tiges d'un arbuste nommé *Vernonia amygdalina* (cf. Figure 5). Ces jeunes pousses n'étaient pas simplement ingérées : la femelle chimpanzé enlevait soigneusement les feuilles et l'écorce, puis mâchait longuement les tiges pour en extraire un jus amer. Dans les 24 heures qui suivirent la consommation de *V. amygdalina*, les chercheurs constatèrent que la femelle chimpanzés avait retrouvé sa vivacité, son appétit et un transit digestif normal (Huffman & Seifu, 1989).

Figure 5 : Femelle chimpanzé mâchant des tiges amères de *Vernonia amygdalina*. D'après Huffman (2001).



Des observations ultérieures ont montré que cette plante est peu répandue dans le domaine vital de ces chimpanzés : la trouver nécessite souvent de faire un détour. De plus, les pousses de cet arbuste sont très amères et habituellement ignorées par les chimpanzés. Les autres individus du groupe ne les consomment pas, si ce n'est quelques jeunes qui goûtent parfois les tiges épluchées par leurs mères. Cependant une femelle a tout de même été observée empêchant sa progéniture de consommer les restes de tiges. Enfin, de petites quantités sont ingérées (en moyenne 54 cm) et leur ingestion ne prend qu'une dizaine de minutes dans la journée : la consommation de ces tiges n'est donc certainement pas nutritionnelle (Huffman, 1997). Par ailleurs, *V. amygdalina* est disponible toute l'année de façon égale, mais les rares observations relatant son mâchonnement ont été faites lors de la saison des pluies. Ceci laisse donc penser que quelque chose d'autre que la disponibilité saisonnière influence la consommation de ces tiges (Huffman *et al.*, 1993).

Tout comme l'ingurgitation de feuilles entières, la mastication de tiges amères est étroitement associée à l'augmentation de l'incidence du parasitisme à *O. stephanostomum*, lors de la saison des pluies (Huffman *et al.*, 1997). Les symptômes provoqués par le parasitisme (diarrhée, douleurs abdominales, perte de poids, affaiblissement, ...) pourraient constituer un stimulus, poussant les animaux à des comportements particuliers comme la consommation de tiges amères (Huffman *et al.*, 1993).

Les plantes du genre *Vernonia* sont répandues en Afrique, en Asie et en Amérique. Beaucoup sont utilisées en ethnomédecine pour leur efficacité pharmacologique lors de désordres

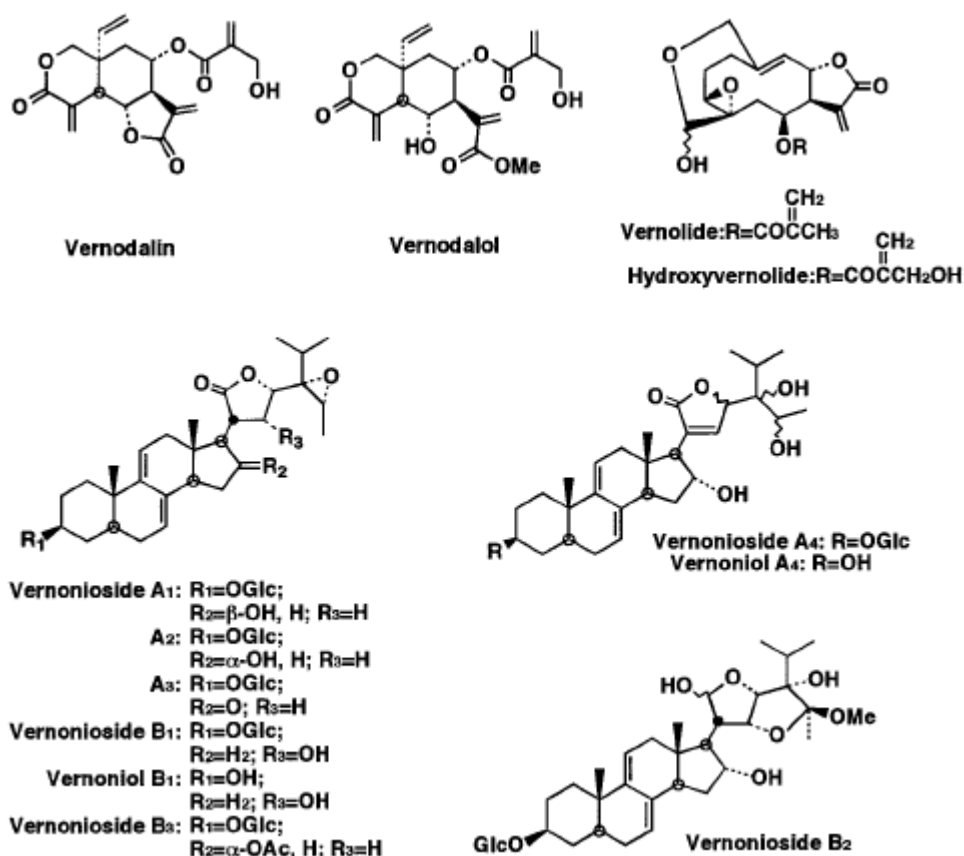
gastro-intestinaux, en particulier lors de parasitisme intestinal. Par exemple, comme son nom l'indique *V. anthelmintica* est un important traitement antihelminthique utilisé en médecine traditionnelle indienne. Diverses ethnies africaines utilisent *V. amygdalina* pour soigner les maux d'estomac, les fièvres paludiques, les schistosomiasés, les dysenteries amibiennes et les infestations parasitaires intestinales. Certains fermiers ougandais donnent même des pousses de *V. amygdalina* à leurs porcs afin de les vermifuger (Huffman, 2001).

Les analyses phytochimiques des *V. amygdalina* collectées à Mahale ont révélé la présence de deux catégories de composés chimiques : 4 lactones sesquiterpènes déjà connues (vernodaline, vernolide, hydroxyvernolide, vernodalol), sept nouveaux saponosides stéroïdiques (vernioniosides A1 à A4, B1 à B3) et deux aglycones correspondant à ces hétérosides (vernioniol A1 et B1) (Jisaka *et al.*, 1992b) (cf. Figure 6).

Ces lactones sesquiterpéniques possèdent des propriétés anthelminthiques, antiambiennes, antitumorales et antibiotiques (Jisaka *et al.*, 1993). Une action antipaludique de ces sesquiterpènes a également été mise en évidence *in vitro*, cependant les concentrations inhibitrices médianes (CI<sub>50</sub>) étaient 20 fois plus élevées que celles de la chloroquine diphosphatée. Les hétérosides stéroïdiques n'ont montré qu'une faible action antipaludique, mais leur aglycone se sont révélées plus actives, notamment le vernioniol A4 (Ohigashi *et al.*, 1994). Les deux principaux composés de *V. amygdalina*, la vernodaline et le vernonioside B1, ont montré des activités antischistosomiales *in vitro*. Ces molécules sont capables d'inhiber la mobilité des parasites adultes et d'inhiber la ponte des femelles (Jisaka *et al.*, 1992a).

Par ailleurs, la vernodaline est un composé très toxique, plus concentré dans les feuilles et l'écorce, mais en faible quantité dans la moelle des tiges. Cela pourrait expliquer le fait que les chimpanzés ne consomment que la moelle, évitant soigneusement de consommer l'écorce trop toxique (Jisaka *et al.*, 1992a ; Ohigashi *et al.*, 1994).

**Figure 6** : Molécules isolées de *Vernonia amygdalina*. D'après Huffman (1997).



D'autres observations plus ponctuelles sont elles aussi troublantes. Au cours du suivi sanitaire effectué chez un jeune mâle chimpanzé souffrant d'une grave blessure à l'orteil faisant suite à une bagarre, l'équipe de recherche de Sabrina Krief (Krief *et al.*, 2006) a constaté un net changement de régime alimentaire chez ce jeune primate. Durant la semaine qui suivit sa blessure, le chimpanzé consomma des tiges d'*Acanthus pubescens*, une plante épineuse utilisée par les guérisseurs du Burundi pour lutter contre les infections cutanées et les dermatoses. Il consomma également des fruits de *Ficus sur*, traditionnellement prescrits par l'Homme en cas d'abcès et d'oedèmes, ainsi que des feuilles et écorces de *Ficus exasperata*, utilisées par les ethnies voisines pour traiter les ulcères et les abcès. Ces plantes ont toutes en commun de ne pas appartenir au régime habituel des chimpanzés et d'être utilisées en ethnomédecine pour des soins de plaies infectées. Les propriétés thérapeutiques de ces végétaux ont par la suite été évaluées *in vitro*. Les extraits d'écorces et de feuilles de *Ficus exasperata* ont alors révélé une activité bactériostatique (Krief *et al.*, 2006)

### 2.1.1.3 - Ingestion d'écorces chez les grands singes et les cervidés

Les écorces et le bois sont des parties végétales fibreuses, ligneuses, relativement indigestes, parfois toxiques et dont la valeur nutritive est souvent négligeable. Cependant, même lorsque les fruits abondent, les chimpanzés et les gorilles consomment des écorces et du bois (Huffman, 1997 ; Huffman *et al.*, 1998) (cf. Figure 7).

**Figure 7 :** Ingestion d'écorce de *myrianthus* par un jeune chimpanzé (Kanyawara, Parc National de Kibale, Ouganda). Crédit photo : JM Krief.



En se basant sur des données ethnopharmacologiques africaines, Huffman et son équipe ont constaté que 22% de ces écorces consommées par les grands singes sont utilisées par diverses ethnies pour traiter des parasitoses et autres désordres gastro-intestinaux (Huffman *et al.*, 1998). Par exemple, l'écorce de *Pycnanthus angolensis*, ingérée par les chimpanzés à Mahale (Tanzanie), est utilisée en Afrique de l'ouest comme purgatif, laxatif, stimulant de la digestion

et émétique (Huffman, 1997). Selon Huffman, il est donc raisonnablement envisageable que certaines écorces d'arbres soient consommées en tant que médication antiparasitaire.

Krief *et al.* (2005b) relatent quant à eux l'histoire d'une femelle chimpanzé souffrant de troubles digestifs caractérisés par une alternance diarrhée/constipation. Alors que les analyses de selles révèlent un parasitisme intestinal multiple, la femelle chimpanzé est observée consommant l'écorce d'un arbre, *Albizia grandibracteata*, n'appartenant pas au régime habituel du groupe (cf. Figure 8). Elle est d'ailleurs la seule de son groupe à consommer cette écorce. Deux jours après avoir observé ce comportement, d'autres analyses de selles sont effectuées : cette fois-ci les parasites ne sont plus présents.

**Figure 8** : Ingestion d'écorce d'*Albizia grandibracteata* par une femelle chimpanzé souffrant de parasitisme intestinal. D'après Krief (2004).



Des extraits de cette écorce, utilisée traditionnellement au Congo et en Ouganda contre les parasites intestinaux et les ballonnements, sont alors soumis à des analyses biochimiques, confirmant les propriétés anti-parasitaires et permettant de découvrir et d'isoler quatre nouvelles molécules appartenant à la famille des saponosides. D'autres tests *in vitro* révéleront ensuite une activité anti-tumorale significative à l'encontre de certaines lignées cellulaires tumorales (Krief *et al.*, 2005b).

Chez les magots (*Macaca sylvanus*) du Moyen-Atlas marocain, l'ingestion d'écorces admet toutefois d'autres interprétations n'ayant pas trait à l'automédication. Ces primates berbères pratiquent régulièrement l'écorçage des cèdres et cette pratique destructrice se serait amplifiée depuis une dizaine d'années, au point de préoccuper les autorités marocaines. Certains chercheurs se sont donc questionnés sur les raisons de cet écorçage. Selon Ménard & Qarro (1999), ce comportement ne répond ni à un manque d'eau libre, ni à un déficit de teneur en eau des aliments, ni à une réduction des disponibilités alimentaires, mais serait la conséquence d'un déficit en certains nutriments et/ou sels minéraux (calcium et manganèse) que les singes pourraient trouver dans la sève de cèdres. La sédentarisation des bergers entraînant le surpâturage des troupeaux, le biotope des forêts de cèdre se serait appauvri, contraignant les magots à écorcer les cèdres pour y trouver les nutriments et/ou sels minéraux



manquant. Les magots agiraient ainsi comme les « bio-indicateurs » du déséquilibre de l'écosystème des cédraies marocaines.

Les singes ne sont pas les seuls à consommer des écorces. Les cervidés en ingèrent régulièrement, si bien que chez cette espèce, on parle d'activité d' « écorçage ». Chez le cerf élaphe (*Cervus elaphus*), le comportement d'écorçage a lieu tout au long de l'année. En période hivernale, celui-ci peut s'expliquer par la recherche active de nourriture, rare à cette époque, ainsi que par la lutte contre d'éventuelles carences. En période printanière, l'activité d'écorçage pourrait être motivée par la recherche d'éléments à teneur en fibres élevée, visant à rééquilibrer une ration très riche à cette période et à pallier l'absence de réelle transition alimentaire. En été, en revanche, les raisons du phénomène d'écorçage demeurent inconnues. Une des hypothèses avancée est celle de la recherche active de tanins, des substances aux propriétés anti-helminthiques (Decors, 2005). Aucune étude n'a pour le moment prouvé que les cerfs écorcent les arbres dans le but de diminuer leur parasitisme lorsque celui-ci les incommode.

### 2.1.2 - Médecine préventive ?

Divisée en deux habitats distincts par des chutes d'eau, la vallée éthiopienne d'Awash héberge deux populations distinctes de babouins : en amont des chutes vivent des babouins Anubis (*Papio anubis*), en aval vivent des babouins hamadryas (*Papio hamadryas*) et des babouins hybrides anubis/hamadryas (Phillips-Conroy, 1986). Bien que les feuilles et les fruits de dattiers du désert (*Balanites aegyptica*) soient disponibles dans toute la vallée d'Awash, seuls les babouins vivant en aval des chutes les consomment régulièrement. Or chez ces derniers, le risque d'infection schistosomiale est beaucoup plus important, les escargots (*Biomphalaria sp.*) vecteurs du parasite étant abondants dans les zones humides en aval des chutes d'eau. Constatant que seule la population de babouins à risque de schistosomiase se nourrissait régulièrement de *Balanites aegyptica*, Phillips-Conroy (1986) émit alors l'hypothèse que cette plante puisse être ingérée pour une action préventive anti-schistosomiale. Les expériences menées *in vitro* ne confirmèrent malheureusement pas l'hypothèse. Le développement des schistosomes des souris infectées ne fut pas affecté par la diosgénine, hormone extraite des fruits de *Balanites aegyptica* (Phillips-Conroy & Knopf, 1986). L'hypothèse n'en demeure pas moins totalement infirmée : il est par exemple possible qu'un autre composé des fruits ou des feuilles de *Balanites aegyptica* soit impliqué ou bien que les composés chimiques de cet arbuste n'aient qu'une action symptomatique, aidant les primates à se sentir mieux.

Plus récemment, l'équipe de recherche de Sabrina Krief (Krief *et al.*, 2006) s'est intéressée à la consommation très occasionnelle de petites quantités de feuilles provenant d'un arbre appelé *Trichilia rubescens*, chez les chimpanzés de Kibale (Ouganda). En dix mois, seuls quinze chimpanzés ont été observés consommant ces feuilles (cf. Figure 9). Aucun de ces chimpanzés n'était malade au moment de la consommation des feuilles, à l'exception de l'un d'entre eux, souffrant d'une blessure et observé ingurgitant des centaines de feuilles. Un autre chimpanzé en apparence asymptomatique fut également observé ingurgitant des centaines de feuilles en quelques minutes seulement (Krief *et al.*, 2006).

En raison de ces intrigants modes de consommation, des extraits de feuilles de *Trichilia rubescens* ont alors été prélevés et analysés, permettant d'isoler par la suite deux nouvelles molécules appartenant à la famille des limonoïdes : les trichirubines A et B (Krief *et al.*, 2004). *In vitro*, ces molécules ont révélé une activité antipaludique significative à l'encontre du parasite *Plasmodium falciparum*. Par ailleurs, plusieurs analyses ultérieures ont montré que ces limonoïdes étaient concentrés préférentiellement dans les jeunes pousses de *Trichilia*

*rubescens*, parties ingérées préférentiellement par les chimpanzés. Selon Krief *et al.* (2006), les feuilles de *Trichilia rubescens* pourraient être consommées en petite quantité à titre préventif, participant ainsi au maintien du bon état général des chimpanzés de Kibale.

**Figure 9 :** Chimpanzé ingérant des feuilles de *Trichilia rubescens* (Kanyawara, Parc National de Kibale, Ouganda). Crédit photo : JM Krief.



## 2.2 - Géophagie

La géophagie, ingestion délibérée de terre, est universellement répandue dans le règne animal. Ainsi, il existe des animaux géophages sur tous les continents à l'exception de l'Antarctique (Brightsmith, 2004). La majorité d'entre eux sont des oiseaux, des mammifères herbivores ou omnivores, voire même des Hommes.

### 2.2.1 - Géophagie chez les primates

Les primates sont certainement les mammifères chez lesquels la géophagie a été le plus observée et étudiée. Parmi les 185 espèces de primates, 39 espèces (21,1%) ont été observées pratiquant la géophagie en captivité ou dans leur milieu naturel. Plus précisément, 25% sont des grands singes, 19,4% des prosimiens, 26% des singes de l'Ancien Monde, ainsi que 15,6% des singes du Nouveau Monde (Krishnamani & Mahaney, 2000).

Les gorilles des montagnes (*Gorilla gorilla beringei*) font partie des grands singes qui pratiquent occasionnellement (5 à 6 fois par an) la géophagie. Dans les altitudes de la chaîne volcanique des Virunga au Rwanda, ces gorilles folivores consacrent parfois jusqu'à trente minutes de leur temps à creuser des sols appelés « regolith » et ingérer la terre obtenue sous la forme d'une poudre sèche (Mahaney *et al.*, 1990).

Les chimpanzés (*Pan troglodytes schweinfurthii*) de Mahale en Tanzanie ingèrent également de la terre de façon occasionnelle. Ces sols proviennent en revanche de termitières. Des chimpanzés de tout âge pratiquent la géophagie. Des pièces de termitière d'en moyenne 2,5

cm<sup>3</sup> sont cassées, puis mâchées plusieurs minutes avant d'être avalées (Mahaney *et al.*, 1996 et 1997).

Les singes folivores ou frugivores semblent quant à eux pratiquer la géophagie plus régulièrement. C'est le cas par exemple des atèles à ventre blanc (*Ateles belzebuth*), singes strictement frugivores, ainsi que celui des singes hurleurs roux (*Alouatta seniculus*) (Blake *et al.*, 2010 ; Izawa, 1993).

Les macaques japonais (*Macaca fuscata*) d'Arashiyama ingèrent d'importantes quantités de terre de façon régulière et égale sur toute l'année. Les macaques choisissent de grignoter certains morceaux, tandis qu'ils en rejettent d'autres sans même les avoir goûté (Wakibara *et al.*, 2001).

Les Orangs-outans (*Pongo pygmaeus abelii*) de l'île indonésienne de Sumatra ingèrent également régulièrement de l'argile. Chez ces grands singes, les observations montrent que le choix des morceaux d'argile dépendrait d'un stimulus olfactif (Stambolic-Robb, 1997).

Les sols ingérés ne sont pas n'importe lesquels et proviennent toujours d'un petit nombre d'endroits restreints. Selon les espèces, il s'agit de sols de termitière (*Pan troglodytes*, *Alouatta seniculus*, *Ateles belzebuth*), de sols de forêts (*Gorilla gorilla beringei*, *Lemur catta*), de sols avec des troncs d'arbres morts (*Colobus guereza*), de sols riches en sel : « Salado » (*Alouatta seniculus*), de sols parsemés de feuilles coupées par les fourmis ou de matériels provenant de nids de paruline couronnée (*Seiurus aurocapilla*) (*Pongo pygmaeus*, *Alouatta caraya*) (Krishnamani & Mahaney, 2000).

Krishnamani & Mahaney (2000) envisagent six hypothèses non exclusives pour expliquer la géophagie chez les primates :

- Adsorption des toxines
- Action antidiarrhéique
- Rôle d'anti acide, contrôle du pH gastrique
- Action anti endoparasites
- Supplémentation de régimes pauvres en nutriments/minéraux
- Apport supplémentaire en fer en hautes altitudes.

Selon ces auteurs, il est probable que les primates déclenche la géophagie pour plusieurs raisons simultanées. Quelque soit l'hypothèse envisagée, une forme d'automédication semble toujours évoquée.

### **2.2.1.1 - Hypothèse de détoxification**

Les primates des forêts tropicales n'ont accès qu'à une nourriture riche en composés métabolites secondaires, souvent toxiques (cf. II). En effet, le taux de métabolites secondaire d'une plante est lié à la qualité de l'environnement : ainsi un sol pauvre en nutriment est souvent occupé par des plantes riches en métabolites secondaire. La meilleure stratégie sur un sol pauvre en nutriments, comme celui des forêts tropicales, consistant à miser une grande partie de l'énergie sur un système défensif chimique, que sont les composés métabolites secondaires (Freeland & Janzen, 1974).

Mis à part certains singes comme les colobes ou les semnopithèques rubiconds (*Presbytis rubicunda*), qui ont la capacité de détoxifier en partie les feuilles ingérées grâce aux bactéries symbiotiques de leur estomac compartimenté, la majorité des singes folivores sont exposés à de nombreux composés métabolites secondaires toxiques (Oates, 1978 ; Davies & Baillie, 1988).

Les sols ingérés par les primates ont pour caractéristiques communes leur finesse granulométrique et leur plasticité à l'état humide. De fait, leur pouvoir adsorbant est considérable (Hladik, 1977). Hladik (1977) et Oates (1978) ont ainsi été les premiers à émettre l'hypothèse selon laquelle l'ingestion de d'argile constitue une façon de détoxifier les composés toxiques de la nourriture.

De multiples observations, des plus simples aux plus complexes, soutiennent cette hypothèse. Gurian *et al.* (1992) ont par exemple observé que les populations de macaques rhésus (*Macaca mulatta*) pratiquant régulièrement la géophagie s'alimentaient d'un régime riche en tanins, des composés phénoliques toxiques à hautes doses. De façon similaire, chez les macaques japonais (*Macaca fuscata yakui*) de l'île de Yakushima, l'ingestion quotidienne d'argile est significativement plus importante lorsque augmente la consommation de glands (*Lithocarpus edulis*) et de « yangmei » (*Myrica rubra*), tout deux à forte teneur en tanins (Dagg, 2009). D'autres observations réalisées en captivité, au zoo français de Thoiry, ont montré que la consommation de terre des makis catta (*Lemur catta*) est positivement corrélée aux jours où la consommation de plantes riches en tanins est plus conséquente (Perrony, 2005).

Chez de nombreux singes vivant à l'état sauvage, le passage à la saison sèche s'accompagne d'une augmentation marquée de la géophagie. C'est le cas des gorilles des montagnes (*Gorilla gorilla beringei*) (Mahaney *et al.*, 1995), des hurleurs roux (*Alouatta seniculus*) (Blake *et al.*, 2010 ; De Souza *et al.*, 2002 ; Izawa, 1993), et des singes araignées à ventre blanc (*Ateles belzebuth*) (Blake *et al.*, 2010 ; Izawa, 1993). Cette corrélation peut s'expliquer par l'hypothèse de détoxification. En effet, chez ces singes, le passage de la saison des pluies à la saison sèche s'accompagne d'une transition alimentaire contrainte, durant laquelle les aliments nouvellement consommés sont plus riches en composés métabolites secondaires, notamment en tanins. Les singes hurleurs roux passent par exemple d'un régime essentiellement frugivore à un régime quasi exclusivement folivore (De Souza *et al.*, 2002). Les gorilles de montagnes quant à eux consomment plus de tiges de bambous (*Arundinaria alpina*), riches en cyanure et pouvant occasionner des diarrhées à la saison sèche (Mahaney *et al.*, 1995). Cette augmentation marquée de la géophagie pourrait correspondre à un besoin de détoxification des nouveaux aliments consommés lors du passage à la saison sèche.

Cette hypothèse permettrait aussi d'expliquer pourquoi les colobes (*Procolobus kirkii*) de l'île de Zanzibar ont été observés ingérant non pas de la terre mais du charbon provenant de tronc d'arbres calcinés (Struhsaker *et al.*, 1997) (cf. Figure 10).

**Figure 10 :** Singe colobe (*Procolobus kirkii*) consommant un morceau de charbon de bois. D'après BBC Wild Life (Novembre 2003).





Le charbon est connu en médecine humaine pour son fort pouvoir d'adsorption de toutes sortes de toxines. Ainsi, la consommation de charbon permettrait d'atténuer les effets néfastes des composés phénoliques contenus dans les feuilles de badamiers (*Terminalia catappa*) et de manguiers (*Mangifera indica*) qui constituent l'alimentation principale des colobes. L'ingestion de charbon pourrait même présenter un intérêt adaptatif. En effet, les populations de colobes ayant accès au charbon présentent des taux de natalité et des densités de population plus fortes que celles n'ayant pas accès au charbon.

En comparant les compositions minérales des sols ingérés par les chimpanzés de Mahale (Tanzanie) avec celles des sols non ingérés, Mahaney *et al.* (1999) ont montré que les termitières sélectionnées pour la géophagie possèdent des caractéristiques minérales particulières. Ces sols se caractérisent par de fortes proportions en fer, en sodium, ainsi qu'en aluminium. Leur combinaison minérale mêlant métahalloysite de smectite est très proche de celle de l'argile médicinale nommée «eko», utilisée par les ethnies ouest-africaine. La métahalloysite est également très proche de la kaolinite, principal constituant du Kaopectate<sup>®</sup>, médicament vétérinaire antidiarrhéique à forte capacité d'adsorption de toxines. Ces capacités d'adsorption des sols ingérés par les chimpanzés ont été testées *in vitro* par Aufreiter *et al.* (2001). Des modèles de métabolites toxiques des plantes ont été utilisés : des alcaloïdes de type quinolizidine (spartéine, lupanine), tropane (atropine) et quinoléine (quinine). Les résultats obtenus ont montré que les sols ingérés par les chimpanzés possédaient de très bonnes capacités d'adsorption, comparables à celles des charbons par exemple.

Idéalement, prouver l'hypothèse de détoxification implique que les sols consommés soient majoritairement composés d'argile, qu'ils soient régulièrement ingérés, que la nourriture consommée par les géophages soit riche en composés toxiques et que les sols soient capables d'absorber ces agents toxiques (Wakibara *et al.*, 2001). Finalement peu d'études réussissent à réunir l'ensemble de ces critères. L'étude de Wakibara *et al.* (2001) réfute d'ailleurs cette hypothèse chez les macaques japonais (*Macaca fuscata*), le régime de ces singes étant relativement pauvre en composés métabolites secondaires toxiques et l'argile ingérée n'ayant qu'un faible pouvoir adsorbant sur les tanins et les saponins. Seuls les alcaloïdes étaient adsorbés efficacement.

Néanmoins, l'hypothèse de détoxification par ingestion d'argile reste la plus favorablement documentée, aussi bien chez les primates que chez les oiseaux ou autres herbivores.

### 2.2.1.2 - Hypothèse antidiarrhéique

En Tanzanie, certains chimpanzés des montagnes de Mahale ont été observés à plusieurs reprises en train d'ingérer des sols de termitière, alors qu'ils étaient en proie à des troubles gastro-intestinaux, parfois provoqués par du parasitisme (Mahaney *et al.*, 1996). Chez les gorilles de montagnes, la consommation de tiges de bambous augmente lors de la saison sèche et ce changement alimentaire peut occasionner des diarrhées. Or à cette période, l'ingestion de terre est plus marquée chez ces gorilles. Cette pratique plus régulière de la géophagie permettrait entre autres d'éviter ces diarrhées (Mahaney *et al.*, 1995).

Selon Knezevich (1998), la géophagie préviendrait la symptomatologie du parasitisme en ayant un effet protecteur anti diarrhéique efficace. En effet, les macaques rhésus (*Macaca mulatta*) de Cayo Santiago présentent une faible incidence de diarrhée malgré un important taux de parasitisme intestinal par des nématodes (près de 89% de la population). Or ces singes

sont régulièrement géophages (76% des individus). Il est probable que les particules d'argile ingérées agissent comme une barrière protectrice des muqueuses digestives.

La majorité des terres ingérées par les primates possèdent d'ailleurs une minéralogie proche des préparations pharmaceutiques prescrites contre la diarrhée et les maux d'estomac. Elles contiennent notamment beaucoup de kaolinite, composé principal du Kaopectate<sup>®</sup>, spécialité vétérinaire prescrite en cas de diarrhées. L'argile à base de kaolinite est capable d'absorber d'importantes quantité d'eau et donc d'absorber l'excès d'eau présent dans les matières fécales en cas de diarrhée (Mahaney *et al.*, 1993, 1996, 1997 et 1999).

### **2.2.1.3 - Hypothèse anti-acide**

Les « pré-estomacs » des primates folivores, comme le semnopithèque rubicund (*Presbytis rubicunda*) par exemple, produisent d'importantes quantités d'acides gras volatils lors de la fermentation anaérobie de leur contenu. Ces acides gras sont à l'origine d'une forte acidité gastrique pouvant être délétère pour les primates. Les particules d'argile ingérées et en particulier la kaolinite, agiraient par effet tampon contre cette acidité (Davies & Baillie, 1988 ; Oates, 1978).

Les régimes alimentaires riches en carbohydrates et pauvres en fibres, comme celui des macaques japonais (*Macaca fuscata*) d'Arashiyama, prédisposent certains primates aux problèmes d'acidité gastrique. L'ingestion régulière de terre pourrait constituer une médication préventive (Wakibara *et al.*, 2001).

Les mécanismes de cet effet anti-acide des sols ingérés par les primates ne sont pour le moment pas encore élucidés. Il est possible que les sols ingérés agissent directement en régulant la production d'acides gras volatils, mais il est également envisageable que ces sols agissent indirectement sur la population bactérienne symbiotique. Les microorganismes présents dans les sols pourraient également avoir un rôle à jouer (Krishnamani & Mahaney, 2000).

### **2.2.1.4 - Hypothèse de complémentation minérale et ionique**

Selon certains auteurs, la géophagie jouerait un rôle de supplémentation minérale. Heymann & Hartmann (1991) ont étudié la géophagie chez les tamarins moustachus (*Saguinas mystax*) vivants sur les berges du Rio Blanco, au Pérou. Le régime alimentaire de ces tamarins n'incluant pas la consommation de feuilles ou de graines, ces primates sont peu exposés à d'importantes quantités de métabolites secondaires toxiques. Il semble donc peu probable que la géophagie ait une fonction de détoxification dans le cas présent. Les analyses géochimiques des sols ingérés ont conduit Heymann & Hartmann (1991) à supposer un rôle de supplémentation minérale.

Diverses analyses géochimiques de sols ingérés par les primates montrent que ces sols constituent d'importantes sources de minéraux essentiels et d'éléments traces. Le regolith ingéré par les gorilles des montagnes est par exemple particulièrement riche en sodium et en fer (Mahaney *et al.*, 1990). Selon Mahaney *et al.* (1990), la géophagie de ces primates répondrait à un besoin sodique accru, conséquence de la pauvreté sodique des plantes de l'environnement tropical des gorilles. D'autres analyses géochimiques menées par Mahaney *et al.* (1996) ont montré que les sols de termitières ingérés par les chimpanzés de Mahale étaient eux aussi particulièrement riches en sodium, en fer et en aluminium.

Selon Mahaney, une déficience en fer pourrait expliquer la géophagie des populations d'animaux vivant en hautes altitudes (2500-3000 m), comme les gorilles des montagnes (*Gorilla gorilla beringei*) ou les buffles africains du mont Kenya (*Syncerus caffer*) (Mahaney, 1987 et 1993 ; Mahaney & Hancock, 1990). En effet, les animaux vivant en hautes altitudes présentent une érythroïose intensifiée et des besoins en fer conséquemment accrus. Néanmoins, à ce jour, aucune étude n'a testé la biodisponibilité du fer contenu dans les sols ingéré. Or, il est connu que les anti-acides diminuent l'absorption de fer. Il est donc possible que le fer contenu dans ces argiles soit peut disponible pour les animaux qui l'ingèrent. Ainsi, il est difficile de savoir si l'anémie stimule la géophagie ou si la géophagie provoque l'anémie... Cependant, une faible biodisponibilité du fer pourrait tout de même bénéficier aux animaux géophages, puisque de nombreux agents pathogènes bactériens et fongiques prospèrent en présence de fer. Les individus en hypersidérémie sont effectivement connus pour être plus sensibles à divers agents pathogènes (Aufreiter *et al.*, 2001).

### 2.2.1.5 - Autres hypothèses

Les sols peuvent également être des sources de microfaune et microflore. Aufreiter *et al.* (2001) ont évoqué la possibilité que les microorganismes ciliés *Troglodytella abrassarti* et *T. gorillae* agissent en symbiotes, facilitant la digestion de la cellulose et permettant ainsi le maintien en bonne santé des primates. De fait, sans géophagie possible en captivité, ces microorganismes du système digestif disparaissent, en même temps que se développent des troubles digestifs.

Ketch *et al.* (2001) ont quant à eux montré qu'il existe une plus forte concentration d'actinomycètes dans les termitières ingérées par les chimpanzés. Ces actinomycètes sont des bactéries productrices d'antibiotiques et sont présentes à la surface de l'abdomen des fourmis de l'espèce *Acromyrmex octospinosus*. L'impact thérapeutique éventuel de la consommation de ces terres riches en micro-organismes reste cependant à évaluer.

Enfin, selon Mahaney *et al.* (1993), il est également possible que la géophagie ne serve à rien. En effet, les sols ingérés par les macaques japonais (*Macaca fuscata*) ne semblent remplir aucune des fonctions mentionnées précédemment. Il est possible que la géophagie résulte d'une tradition comportementale et n'ai plus aucun rôle à présent.

### 2.2.2 - Géophagie chez les oiseaux

De nombreuses espèces d'oiseaux sont également géophages. La géophagie est particulièrement répandue chez les psittacidés vivant en Amérique du Sud. De nombreuses falaises d'argile bordant l'Amazone péruvien sont ainsi connues pour être des sites de géophagie visités quotidiennement par des psittacidés tels que les conures de Weddell (*Aratinga weddellii*), les amazones à front jaune (*Amazona ochrocephala*), les aras chloroptères (*Ara chloroptera*) (cf. Figure 11), les aras macaos (*Ara macao*), les pionies à tête bleue (*Pionus menstruus*), les caïques à ventre blanc (*Pionites leucogaster*) (Brightsmith & Munoz-Najar, 2004 ; Diamond *et al.*, 1999 ; Gilardi *et al.*, 1999).

Contrairement aux gallinacés et aux columbiformes, tous ces psittacidés tropicaux n'ingèrent que de très fines particules d'argile, laissant penser que dans leur cas, la géophagie n'est pas pratiquée pour broyer les graines du jabot (Brightsmith & Munoz-Najar, 2004 ; Gilardi *et al.*, 1999).

**Figure 11** : Aras Chloroptères sur une falaise d'argile. Crédit photo : Nick Pattinson.



Les sites de géophagie des psittacidés tropicaux sont concentrés autour du bassin amazonien ouest, inégalement répartis entre six pays : le sud du Pérou (50% des sites), le nord de la Bolivie, l'Equateur, la Colombie, le Brésil, ainsi que le Paraguay (Lee *et al.*, 2010). D'après ces auteurs, la répartition des sites de géophagie en Amérique du sud ne s'explique pas uniquement par la géologie des terrains. Selon eux, cette répartition témoigne avant tout de la nécessité qu'on ces psittacidés à recourir à l'ingestion d'argile pour détoxifier les graines, les fruits et les feuilles qu'ils ingèrent. En effet, ces oiseaux des forêts tropicales n'ont accès qu'à des végétaux riches en composés métabolites secondaires (alcaloïdes, composés phénoliques, terpènes ...), dont les effets sont toxiques à hautes doses. A l'inverse, en zones tempérées, l'alimentation des oiseaux contient très peu de toxines végétales : aucun des sites se prêtant à la géophagie n'y est exploité.

Beaucoup de publications interprètent donc cette géophagie comme un moyen de détoxification vis-à-vis des composés métabolites secondaires contenus dans leur alimentation (Diamond *et al.*, 1999 ; Gilardi *et al.*, 1999 ; Brightsmith *et al.*, 2008).

Brightsmith (Brightsmith, 2004) a étudié les comportements géophages des psittacidés au sein d'un important site de géophagie situé dans la réserve de Tambopota, au sud-ouest du bassin de l'Amazone. Ses observations ont montré que la pratique de la géophagie est saisonnière : le nombre d'oiseaux se rassemblant sur les sites de géophagie diminuant à la fin de la saison des pluies, lorsque les ressources alimentaires sont moins abondantes. Il est possible que, parce que la saison de migration des divers oiseaux coïncide avec la diminution des ressources alimentaire, les sites de géophagie soient moins fréquentés durant cette période. A l'inverse, chaque espèce présente un pic de fréquentation des falaises d'argile qui lui est propre et qui correspond avec sa propre période de reproduction, période pendant laquelle les ressources alimentaire redeviennent abondantes. Selon Brightsmith, deux hypothèses sont envisageables : la consommation d'argile augmente avec les besoins en calcium pour la ponte des œufs et/ou la nécessité d'un apport plus important d'argile aux jeunes poussins. En effet, au cours de leurs premières semaines, les poussins psittacidés grandissent très vite et doivent consommer d'importantes quantités de nourriture : ils ingèrent donc d'importantes quantités toxines végétales durant cette période. Il est probable que les



mères ingèrent plus d'argile pour en nourrir leur poussin dont la résistance aux toxines végétales est plus faible que celle des adultes. Par la suite, des expériences menées *in vitro*, ont confirmé l'hypothèse d'une action détoxifiante (Brightsmith *et al.*, 2008). Le peu de smectite contenu dans les sols ingérés par les perroquets suffisant à lier 25 fois plus de quinine que la kaoline ou le mica, dont les pouvoirs adsorbants sont pourtant connus pour être efficaces.

Gilardi *et al.* (1999) ont également testé diverses hypothèses attendant à la géophagie de perroquets d'Amazonie : effet tampon anti-acide, aide à la digestion mécanique, supplémentation minérale, cytoprotection gastro-intestinale et détoxification des toxiques végétaux. Seule ces deux dernières hypothèses peuvent être soutenues par des résultats probants. Les tests pratiqués *in vitro*, sur les sols consommés par les perroquets, ont montré que chaque gramme de terre consommé peut adsorber de 90 à 125 mg de quinine et 6 à 8 mg d'acide tannique. Les expériences réalisées *in vivo*, chez des perroquets élevés en captivité, ont montré que l'administration orale d'argile permettait de réduire de 60 % la biodisponibilité des solutions de quinidine (alcaloïde) administrées aux perroquets. Par ailleurs, l'argile restant tapisser le tractus gastro-intestinal minimum 12h, Gilardi *et al.* (1999) n'excluent pas un possible rôle de protection des muqueuses digestives.

Une autre étude en faveur du rôle détoxifiant de la géophagie est celle de Wink *et al.* (1993). Intrigués par la capacité des oies à tolérer d'importantes concentrations de métabolites secondaires toxiques, Wink *et al.* (1993) ont observé attentivement le comportement des volatiles, aboutissant à la conclusion que ces dernières surmontent la toxicité des métabolites secondaires en pratiquant la géophagie. Leurs expériences *in vitro* ont corroboré cette hypothèse, démontrant que les sols ingérés par les oies possèdent une importante capacité d'adsorption d'alcaloïdes.

L'hypothèse de détoxification par l'argile n'est cependant pas exclusive, d'autres hypothèses coexistent. Ainsi la géophagie est aussi considérée par d'autres comme un moyen de supplémentation sodique (Brightsmith *et al.*, 2008 ; Brightsmith & Munoz-Najar, 2004). En effet, le sodium fait souvent défaut aux herbivores en raison de la faible teneur sodique des plantes. Or, le sodium est indispensable au fonctionnement des organismes animaux : il intervient dans d'importants processus tels que la transmission nerveuse ou encore le maintien de la balance osmotique. Les sols impliqués dans la géophagie et analysés par Brightsmith *et al.* (2008) ont révélé des teneurs sodiques deux fois plus élevées que la normale et en moyenne 40 fois plus élevées que les concentrations sodiques des plantes.

### 2.2.3 - Géophagie chez d'autres mammifères

Les éléphants des savanes d'Afrique (*Loxodonta africana*) ingèrent également régulièrement de la terre. Au mont Elgon, à la frontière entre le Kenya et l'Ouganda, ou encore dans la forêt de Ngorongoro en Tanzanie, de véritables sites d'excavation à flanc de montagne témoignent de cette pratique géophage (Houston *et al.*, 2001). En zone de savane boisée, les éléphants africains ont également été observés occupés à creuser des termitières et en manger la terre (Ruggiero & Fay, 1994). Les termitières exploitées par ces éléphants ne sont généralement plus occupées par les termites et possèdent une couverture végétale bien développée et caractéristique.

Les analyses géochimiques pratiquées sur les terres ingérées ont systématiquement mis en évidence l'existence de fort pourcentage d'argile (Ruggiero & Fay, 1994 ; Houston *et al.*, 2001). Les sols de Ngorongoro possèdent ainsi jusqu'à 35% de kaolin. Etant donné les

propriétés pharmaceutiques du kaolin précédemment citées, les hypothèses de détoxification et de protection de la muqueuse digestives ont donc été envisagées les premières chez les éléphants. Une autre étude menée au Sri Lanka, soutient les analyses précédentes, montrant que la principale différence entre les sols ingérés par des éléphants d'Asie (*Elephas maximus*) et les sols non ingérés constitue leur teneur en kaolinite et en illite : les sols ingérés en sont bien plus riches (Chandrajith *et al.*, 2009).

La pratique de la géophagie permettrait ainsi aux éléphants des forêts (*Loxodonta africana cyclotis*) vivant dans des écosystèmes appauvris en nutriments, d'élargir leur régime alimentaire à d'autres plantes habituellement évitées en raison de leur teneur en composés phénoliques par exemple (Klaus *et al.*, 1998).

Les analyses géochimiques pratiquées par Ruggiero & Fay (1994) ont également mis en évidence l'existence d'importantes concentrations en bases échangeables (cations basiques) : jusqu'à sept fois supérieures à celles des terres environnantes. Les termitières étant souvent associées à des mares salines, il est possible qu'elles puissent être sources de sels minéraux, rarement disponibles dans les savanes et forêts africaines.

La géophagie a également été rapportée de façon plus anecdotique chez d'autres ongulés tels que les buffles du mont Kenya (*Syncerus caffer*) (Mahaney, 1987 ; Mahaney & Hancock, 1990), les cerfs muets (*Odocoileus hemionus*) (Arthur & Alldredge, 1979), les tapirs (*Tapirus terrestris*), les pacas (*Agouti paca*), les daguets (*Mazama sp.*) (Izawa (1993) ainsi que les aurochs « reconstitués » (*Bos primigenius*) (Mahaney *et al.*, 1996).

Selon Kreulen (1985), l'ingestion de terre chez les herbivores constituerait une source essentielle de minéraux, procurerait un effet tampon bénéfique en cas d'acidose et serait un moyen de détoxification lors d'ingestion de composés métaboliques secondaires (tanins, alcaloïdes ...).

La géophagie a également été rapportée chez des chauves souris de la forêt amazonienne. Voigt *et al.* (2008) montrent que les chauves souris se rendant plus fréquemment aux sites de géophagie sont celles ayant consommé des fruits en grande quantité, en particulier les femelles gestantes ou en lactation. Cette ingestion d'argile aurait pour but de tamponner les effets toxiques des fruits ingérés en grande quantité lors de ces périodes où la demande d'énergie augmente significativement. L'ingestion d'argile permettrait également de protéger les fœtus de certains produits métabolites secondaires tératogènes.

Autrefois considérée comme pathologique, la géophagie semble désormais abordée comme une forme d'automédication.

Quelque soit le mode d'automédication suspecté, les observations seules ou même accompagnées d'expériences *in vitro* ne suffisent pas : les expériences menées *in vivo* sont indispensables dès lors que l'on souhaite tester l'existence d'automédication chez l'animal. Certains scientifiques ont donc créé des situations expérimentales visant à tester les capacités d'automédication des animaux *in vivo*.

### **C - Prouver l'automédication ? Expériences *in vivo* chez les animaux captifs**

Rares sont les études ayant exploré les capacités d'automédication d'animaux élevés en captivité. Parmi ces études figure celle de Danburry *et al.* (2000) sur l'auto-administration d'analgésiques chez des poulets d'élevage boiteux.

Cette étude a eu pour but de comparer la consommation volontaire d'un aliment supplémenté en carprofène, un anti inflammatoire non stéroïdien, chez des poulets boiteux et des poulets

sains. Les deux groupes de gallinacés ont eu un accès libre à deux types de nourritures : une complétement en carprofène et une autre témoin, non complétement. Les concentrations plasmatiques en carprofène, linéairement corrélées aux quantités de carprofène ingérées, sont suivies. Les résultats montrent que la concentration plasmatique en carprofène est significativement plus élevée chez les poulets boiteux, démontrant que les poulets boiteux ont une consommation d'aliments supplémentés en anti inflammatoires une fois et demie plus importante que les poulets sains. Au contraire, les poulets sains ont tendance à éviter la nourriture supplémentée en anti-inflammatoires. Les effets secondaires indésirables liés à la prise d'anti-inflammatoires (ulcères gastriques) peuvent expliquer cette aversion des poulets sains pour la nourriture complétement. Une seconde expérience démontre que les gallinacés corrént leur prise d'anti-inflammatoires à la sévérité de leur boiterie. En effet, sur une échelle de 0 à 5 indiquant la gravité de la boiterie, les animaux proches de 5 consomment plus de nourriture supplémentée en anti-inflammatoires. Ces expérimentations montrent que de simples poulets d'élevage sont donc en mesure de sélectionner, mais aussi de doser, leurs besoins thérapeutiques : régulant l'ingestion d'anti-inflammatoires de telle sorte à diminuer la douleur occasionnée par leur boiterie.

Karban & English-Loeb (1997) se sont interrogés sur la capacité de survie des chenilles lépidoptères *Platyrepia virginalis*, en dépit du parasitisme exercé par des larves de mouches *Thelaira americana*. Ainsi, ils ont mis au point une expérience visant à déterminer si l'infestation par le parasitoïde influence le choix alimentaire de l'hôte. Des chenilles parasitées et saines ont été placées dans un enclos contenant du lupin (*Lupinus arboreus*) et de la ciguë (*Conium maculatum*). Les résultats montrent que les chenilles parasitées ont tendance à se nourrir de *Conium maculatum*, tandis que les chenilles non parasitées préfèrent *Lupinus arboreus*. L'alimentation proposée affecte leur survie : les chenilles parasitées accroissent leurs chances de survie dans un milieu riche en ciguë, tandis que les chenilles non parasitées ont un meilleur taux de survie dans un enclos de lupin. Enfin, la fécondité des chenilles parasitées est meilleure lorsqu'elles ont mangé *C. maculatum* : la masse de leur pupes est augmentée.

Dans cette étude, les insectes choisissent donc l'espèce de plante qui leur permet une survie plus longue. Le choix de la plante hôte serait modulé par les interactions entre l'insecte et son parasite.

De façon similaire, une étude de 2009 (Singer *et al.*, 2009), portant sur une autre espèce de chenilles (*Grammia incorrupta*) soulève trois points essentiels :

- Le parasitisme des chenilles par des endoparasites létaux appelés tachinides provoque l'ingestion de toxines végétales de la classe des alcaloïdes pyrrolizidiniques.
- L'ingestion d'alcaloïdes pyrrolizidiniques améliore la survie des chenilles parasitées.
- Une ingestion excessive de ces toxines réduit la survie des chenilles non parasitées

Les expériences de Vitazkova *et al.* (2001) ont exploré la capacité de souris de laboratoire, infectées par l'agent du paludisme murin (*Plasmodium berghei berghei*), à tirer profit de solutions inappétentes de chloroquine, un antipaludique amer de la famille des amino-4-quinoléines.

Pour ce faire, trois groupes ont été constitués :

- Des souris saines ayant accès à de l'eau pure et à une solution de chloroquine
- Des souris impaludées n'ayant que de l'eau pure à disposition
- Des souris impaludées ayant le choix entre ces deux boissons

Sept jours après l'inoculation du parasite, les résultats obtenus furent les suivants :

- Les souris impaludées ayant eu accès à la solution de chloroquine ont présenté une parasitémie et une mortalité statistiquement moins élevées que celles n'ayant eu accès qu'à de l'eau pure. En effet, 40% des souris n'ayant pas accès à la chloroquine sont mortes dès le 12<sup>ème</sup> jour post-infection, tandis qu'au 20<sup>ème</sup> jour post-infection aucune souris ayant eu accès à la solution de chloroquine n'est morte.
- La capacité à résister au paludisme est attribuable au fait que la consommation de solution à la chloroquine représentait environ 20% des fluides consommés.
- Cependant la quantité de chloroquine consommée par les souris infectées étant statistiquement équivalente à celle consommée par les souris saines, la malaria ne semblait pas être à l'origine de la consommation de solution de chloroquine.

L'expérience ne permet pas de conclure que des souris, lorsqu'elles sont malades, développent une préférence envers une substance thérapeutique. Néanmoins, cela montre que même si la solution amère de chloroquine n'est pas plaisante, elle a tout de même été consommée de façon répétée par les deux types de souris, les faisant bénéficier dans un cas d'une excellente action curative et dans l'autre cas d'une excellente chimioprophylaxie.

Vitazkova *et al.* (2001) suggèrent qu'en consommant une variété de substances amères en petites quantités, les animaux réduisent la probabilité d'ingérer des doses létales tout en augmentant leur chance de consommer des plantes à valeur médicinale potentielle.

De multiples expérimentations menées *in vivo* chez des moutons ont montré que ces derniers sont parfaitement capables d'associer un état de malaise à sa médication.

Après avoir nourris des agneaux avec des régimes alimentaires riches en énergie ou en azote, Villalba & Provenza (1997a, b) ont étudié le comportement alimentaire de ces derniers vis-à-vis d'aliments pauvres en énergie et en protéines, comme la paille. Les observations ont montré que suite à ces régimes complémentés à l'excès, les agneaux déclaraient une nette préférence alimentaire pour la paille, fourrage habituellement ignoré en raison de son faible apport énergétique et protéique. De part ce comportement adaptatif, les ruminants évitaient ainsi un excès d'acides gras volatils et d'azote.

Phy & Provenza (1998) ont montré quant à eux que des moutons nourris exclusivement aux grains, et donc en situation d'acidose, sélectionnent préférentiellement des nourritures ou solutions riches en bicarbonates de sodium, propres à atténuer cet état d'acidose.

Les moutons sont également capables d'apprendre à consommer du polyéthylène glycol (PEG), une substance chimique atténuant les effets aversifs des tanins. Des expérimentations *in vivo*, ont démontré que les moutons ajustent leur consommation de PEG de façon proportionnelle aux concentrations tanniques de la nourriture proposée. Dès lors que les tanins sont supprimés de l'alimentation, la consommation de PEG s'annule progressivement (Provenza *et al.*, 2000).

Plus intéressant encore, les moutons sont capables de discriminer les effets médicaux bénéfiques du PEG des effets non médicaux des autres substances proposées simultanément suite à un régime riche en tanins (Villalba & Provenza, 2001).

Dans une de leurs études les plus abouties, Villalba *et al.* (2006) ont montré que des moutons sont capables d'apprendre à sélectionner trois types de « médicaments » : le bentonite de sodium, le PEG et le phosphate de dicalcium, afin de surmonter les effets délétères provoqués par un excès de grains, de tanins ou d'acide oxalique respectivement. L'étude a compris deux groupes de moutons soumis à des intoxications ou « malaises expérimentaux », au moyen de régimes alimentaires déséquilibrés (excès d'amidon, de tanins



ou d'acide oxalique). Les moutons du groupe dit « conditionné » ont été soumis à un des trois types de « malaises » induits par la nourriture, puis ont reçu une nourriture contenant le traitement correspondant. Les moutons du groupe témoin ont également été soumis à ces « malaises », en l'absence de traitement. Les résultats obtenus montrent que les moutons ayant été conditionnés sont capables de discriminer le traitement correspondant au malaise induit, ce parmi les trois propositions de remèdes.

## **D - Scepticisme et limites**

Nombres de « preuves » d'automédication animale ne sont en réalité basées que sur des observations, souvent secondées d'extrapolations anthropomorphiques. D'étroites corrélations sont établies tout au mieux, mais rigoureusement, rien n'est prouvé (Forbey *et al.*, 2009).

En psychologie comparée, les bases d'une méthodologie rigoureuse sont parfaitement résumées le « Canon de Morgan » (Morgan, 1903), ou principe de parcimonie : « Nous ne devons en aucun cas interpréter une action comme relevant de l'exercice de facultés de haut niveau, si celle-ci peut être interprétée comme relevant de l'exercice de facultés de niveau inférieur. » Sorte de rasoir d'Ockham appliqué à la psychologie expérimentale et à l'éthologie cognitive, ce principe doit toujours être gardé à l'esprit de celui qui interprète un comportement, sans quoi nombres d'interprétations anthropomorphiques hâtives et erronées seraient formulées.

Certains comportements comme le « formicage » ou le « fur-rubbing » font ainsi partie des situations pour lesquelles d'autres interprétations plus simples que celle de l'automédication existent.

Selon Hladik (1998), attribuer aux animaux, y compris aux primates, la capacité de distinction entre aliment et médicament relève d'interprétations anthropomorphiques réductrices, propres à nos concepts de sociétés occidentales. La dichotomie aliment/médicament n'est d'ailleurs pas toujours évidente, y compris chez les Humains et en particulier dans les sociétés traditionnelles. Le proverbe japonais « Isaku Dougen », littéralement « produits médicinaux et nourriture ont une même origine », illustre parfaitement cette difficulté à distinguer aliments et médicaments. Certains parlent ainsi d'« alicaments » (Huffman *et al.*, 1998). Certaines substances comme les vitamines sont impossible à classer et de nombreux condiments, légumes et épices traditionnels de la cuisine asiatique, tels que la racine de gingembre ou les algues marines, sont connus pour être d'importantes sources d'agents anti-tumoraux et aider lutter contre certaines infections parasitaires ou virales. Autre exemple très étudié, celui de la consommation des fruits et de la moelle des espèces *Afromonum* (famille du gingembre sauvage), couramment ingérés par les chimpanzés, les gorilles des plaines et les bonobos. Des études montrent que les fruits d'une de ces espèces de gingembre sauvages présentent une activité antimicrobienne considérable. Ces fruits sont par ailleurs traditionnellement vendus sur les marchés africains en tant qu'antihelminthiques, antibactériens et antifongiques (Huffman, 2003).

Toute la difficulté de l'étude de l'automédication animale réside donc dans cette difficulté à faire la distinction entre aliment et médicament : autrement dit savoir repérer les bienfaits médicaux tirés indirectement de plantes riches en composés bioactifs et censées être ingérées en raison de leur valeur nutritionnelle, par opposition aux bienfaits médicaux secondaires à l'ingestion d'une quantité limitée d'un item utilisé uniquement dans une situation de mal-être et en raison de ses bienfaits thérapeutiques (Huffman, 2003).

Sapolsky (1994) fait parti des scientifiques sceptiques quant à l'existence de capacités d'automédication chez l'animal. Selon lui, il existe trois « freins » nuisant à la confirmation de l'automédication animale : beaucoup d'expérimentations ne font pas intervenir d'individus témoins, de nombreuses études *in vitro* ne sont pas suivies d'études *in vivo*, enfin aucun mécanisme comportemental n'a clairement permis d'expliquer l'émergence et le maintien des comportements d'automédication au sein d'une population animale.

Lozano (1998) fait quant à lui remarquer que la détection de composés bioactifs au sein d'items supposés impliqués dans des comportements d'automédication n'est pas nécessairement gage d'automédication. En effet, la seule présence de ces composés ne permet pas d'établir un lien de cause à effet immédiat, ne serait-ce que parce que la plupart des plantes contiennent des composés chimiques bioactifs assurant leur protection à l'encontre des herbivores, des vers, des champignons ou encore des insectes. Pour pouvoir établir ce lien de cause à effet, il faut être en mesure de prouver que l'individu observé est malade, que les composés biochimiques contenus dans la plante ou la terre utilisée sont thérapeutiques à l'égard de la maladie contractée et qu'un effet positif est directement ressenti suite à la mise en place du comportement suspect d'automédication. Bien souvent l'item médicinal utilisé ne fera pas partie du régime alimentaire habituel de l'animal et souvent seule une partie (écorce, jeunes pousses...) sera utilisée d'une façon peu habituelle (frottement pelage, mâchonnement, ingurgitation...).

Lozano (1998) souligne également l'importance des témoins : il s'agit non seulement de comparer le comportement de l'animal déclenchant un supposé acte de médication avec celui des autres congénères, mais aussi de comparer les propriétés biochimiques de la supposée plante médicinale avec celles des autres plantes du régime habituel. L'étude de Messner & Wrangham (1996) constitue l'une des rares études ayant utilisé des groupes témoins, en particulier en comparant des effets de la supposée plante médicinales avec ceux des autres plantes consommées régulièrement. Leurs expérimentations *in vitro* ont abouti à la conclusion qu'il n'existe aucune différence d'activité biologique anti-strongyloïdes entre les extraits méthanolés de *Rubia Cordifolia* et six autres extraits de plantes appartenant au régime habituel des chimpanzés étudiés. Messner & Wrangham (1996) ont néanmoins conclu en affirmant que ce résultats ne signifiaient pas nécessairement que *Rubia Cordifolia* n'affecte pas les nématodes intestinaux des chimpanzés, ce pour diverses raisons : la possibilité d'une méthode d'extraction des composés bioactifs de *R. Cordifolia* inappropriée, l'utilisation exclusive de nématodes au stade adulte, non parasitaire et enfin, la faible représentativité des tests *in vitro* au regard des interactions complexes ayant lieu *in vivo*. A noter que le dernier argument aurait aussi bien pu être valable dans le cas d'une différence significative d'activité anti-strongyloïdes entre *R. Cordifolia* et les six autres plantes ... Messner & Wrangham (1996) ont souligné un autre point important : la nécessité de test *in vivo*. Théoriquement idéale, la pratique de tests *in vivo* s'avère difficile à mettre en place en pratique. En premier lieu pour des raisons éthiques, il est délicat de rendre à dessein des animaux sauvages malades, ou même d'utiliser des méthodes invasives visant à évaluer leur état de santé au cours des expériences.

\*

Les réelles preuves d'automédication animale demeurent minces à l'heure actuelle. Néanmoins, diverses études menées chez les grands singes africains semblent se détacher et convaincre la sphère scientifique de l'existence de comportements d'automédication. Certains, comme Krief (2003) vont même jusqu'à distinguer deux modes d'automédication : un mode préventif et un autre thérapeutique. Ainsi, l'ajout de matériel frais dans les nids, la

friction du corps par des produits insectifuges, l'ingestion de *Trichilia rubescens* par les chimpanzés ou encore l'échantillonnage de produits amers par les souris illustreraient l'aspect prophylactique de l'automédication. En revanche, la mastication de tiges amères de *Vernonia amygdalina* par les chimpanzés malades ou encore la consommation d'analgésiques par les poulets souffrant de boiterie approuveraient l'existence de comportements de type curatif, induit par une sensation de malaise physique. Cependant, la limite entre les deux types d'action n'est pas toujours franche : ainsi, la géophagie peut être considérée à la fois comme un moyen prophylactique (régulation du pH gastrique, protection des muqueuses digestives) et thérapeutique (anti-diarrhéique, détoxification des métabolites secondaires).

Deux questions principales restent cependant en suspend et sont largement débattues par les scientifiques s'intéressant à la zoopharmacognosie :

- Quel est le déterminisme des comportements d'automédication ? Peut-on parler d'un acte volontaire et conscient ou simplement de réponses à des stimuli physiologiques ?
- Comment se transmettent ces comportements ? Sont-ils culturels et traduisent-ils une tradition communautaire ?

Etudier les comportements d'automédication des animaux nécessite la compréhension des stratégies écologiques employées par les animaux pour vivre en bonne santé dans leur milieu naturel. C'est pourquoi, pour quiconque veut étudier la zoopharmacognosie, il est indispensable de s'intéresser aux métabolites secondaires, molécules à la base des interactions écologiques entre les végétaux et leur environnement.