

FORÊTS TROPICALES ET ÉMERGENCES VIRALES

Écologie et organisation sociale des primates de la forêt tropicale africaine : aide à la compréhension de la transmission des rétrovirus.

C. E. G. Tutin (1, 2)

(1) Centre international de recherches médicales, B.P. 769, Franceville, Gabon

(2) Department of Biological and Molecular Sciences, University of Stirling, Stirling FK9 4LA, Scotland, Royaume-Uni. E-mail : caroline.tutin@wanadoo.fr

Manuscrit n°2155/RIP 6. 3e colloque du Réseau international des Instituts Pasteur et instituts associés. 14-15 octobre 1999, Institut Pasteur de Paris.

Summary: Ecology and social organisation of African rainforest primates: relevance for understanding the transmission of retroviruses.

The risk of transmission of primate viruses to humans is great because of their genetic proximity. It is now clear that the HIV group of retroviruses came from primates and that the origin of HIV1 is the chimpanzee subspecies of Central Africa, Pan troglodytes troglodytes. Many African primates are natural hosts of retroviruses and details of the natural history of both hosts and viruses are essential to understand the evolution of the latter. Data on the demography, ecology and behaviour of three species of primates (gorillas, chimpanzees and mandrills), studied in the Lopé Reserve in Central Gabon since 1983, are analysed to identify the factors that allow, or favour, disease transmission within each species, between different species and between primates and humans. The comparison of the relative degree of risk suggests that of the three species, chimpanzees are the most susceptible to exposure to infection both from conspecifics and from other species. With respect to humans, the comparative analysis suggests greater exposure to viruses of mandrills and gorillas than to those of chimpanzees. For primates, major risk factors are: large social groups; bites inflicted in fights; social grooming; and predation on mammals. However, given that contacts between social groups of the same species are rare, the spread of a virus through a population will be slow and uncertain. Hunting wild animals is the behaviour most likely to provide transmission routes for primate viruses into human populations because of the high probability of blood-blood contact. Not only the hunters themselves, but also women who prepare bush meat for cooking and people involved in trade of carcases are at high risk of transmission of pathogens. Hunting of bush meat is increasing in Central Africa due to the economic recession and the spread of logging into the forests of the interior of the region. To counter the significant risk of transmission of known, as well as new, diseases from primates to humans, urgent measures are needed to attack the root causes of commercial hunting which is not only risk to public health but also a serious threat to biodiversity in the region.

Résumé :

Les primates sont les "cousins génétiques" les plus proches de l'homme et une origine simienne des rétrovirus VIH a été récemment démontrée. Plusieurs espèces de primates africains sont les hôtes naturels de rétrovirus et les informations sur la vie de ces animaux en milieu naturel sont pertinentes pour la compréhension de ces virus. Les variables démographiques, écologiques et comportementales de trois espèces de primates (gorille, chimpanzé et mandrill) sont analysées pour identifier les facteurs de risques dans la transmission d'agents pathogènes: au sein de chaque espèce; entre les espèces de primates; entre les primates et l'homme. La comparaison des risques suggère que, parmi les trois espèces, le chimpanzé est le plus exposé aux virus, aussi bien au sein de sa propre espèce qu'entre les espèces différentes, tandis que l'homme est plus exposé aux virus des mandrills et des gorilles qu'à ceux des chimpanzés. Chez les primates, les facteurs majeurs de risque de transmission sont les suivants: les groupes sociaux de grande taille; les bagarres, causes de blessures; l'épouillage social; et la prédation. Néanmoins, comme les contacts entre groupes sociaux d'une même espèce sont rares, la propagation des virus au sein d'une population sera lente et aléatoire. Chez l'homme, la chasse est le mode de transmission privilégié pour les agents pathogènes d'origine simienne, à cause du risque majeur des contacts sang-sang. À cause de la récession économique et de l'expansion de l'exploitation forestière en Afrique centrale, la chasse est une activité en pleine croissance. L'ampleur du risque de transmission de maladies connues, et nouvelles, demande que des actions soient mises en œuvre rapidement pour limiter la chasse commerciale qui représente une menace pour la santé publique et pour la biodiversité de la région.

primate
disease transmission
ecology
behaviour
hunting
Sub-saharan Africa

primate
transmission des maladies
écologie
comportement
chasse
Afrique intertropicale

Introduction

Quels rapports existe-il entre les primates de la forêt tropicale africaine, la veille microbiologique et les émergences? Les recherches pionnières sur l'histoire naturelle de la fièvre jaune en Côte d'Ivoire et au Sénégal ont montré que le comportement, l'écologie et les facteurs démographiques des singes jouent un rôle clé dans la transmission et la périodicité de cette maladie (1, 4). Les recherches récentes ont montré que beaucoup d'espèces de primates africains sont les hôtes naturels des rétrovirus SIV (9). Pour comprendre et réagir face aux épidémies existantes et aux maladies nouvelles, une analyse de la vie naturelle des primates sauvages porteurs de ces rétrovirus peut apporter beaucoup d'éléments pertinents.

Le sida est un exemple où les observations des primates sauvages peuvent éclairer certains aspects de l'évolution et de la transmission des virus. Une analyse phylogénétique des virus montre que l'origine de VIH-2 est le virus du sooty mangabey d'Afrique de l'Ouest et celle de VIH-1 est le virus de la sous-espèce de chimpanzé *Pan troglodytes troglodytes*, d'Afrique centrale (5, 6). Ces deux virus sont d'origine simienne et ils ont évolué dans les milieux naturels en Afrique ; mais l'épidémie du sida, qui touche actuellement un nombre très élevé d'hommes, de femmes et d'enfants à travers le monde, est liée aux changements du comportement humain au cours des cinquante dernières années. La plupart des virus simiens a été détectée chez les primates captifs, mais certaines populations de singes sauvages ont été prélevées dans les milieux savaniques (3). Les fréquences d'infections naturelles et leurs évolutions, en fonction de l'âge et du sexe des individus, sont des données importantes pour comprendre l'histoire naturelle des virus, identifier les facteurs de risques pour la transmission entre espèces et minimiser les risques de nouvelle transmission vers l'homme. Il n'est pas possible d'obtenir les prélèvements sanguins des primates sauvages en milieu forestier mais des techniques nouvelles basées sur l'ADN extrait des fèces sont en cours de développement.

Méthodes

Depuis 1980, le Centre international de recherches médicales de Franceville (Gabon) mène un programme de recherche sur les primates sauvages. Ce programme a été lancé pour contribuer à la sauvegarde des chimpanzés et des gorilles de plaine de l'ouest. Le but initial a été d'étudier l'écologie et le comportement de ces deux espèces anthropoïdes, mais rapidement nous avons compris que les étudier isolées hors de leur milieu était impossible. Notre vision s'est donc élargie et, depuis 1983, dans la réserve de faune de la Lopé, au centre du Gabon, nous avons entrepris des études sur les grands mammifères, la composition floristique et la dynamique de leur milieu forestier, l'impact de l'exploitation forestière et de la fragmentation des forêts (11, 14, 15, 16).

Huit espèces de primates diurnes se trouvent dans notre zone d'étude. Dans cette publication, nous analyserons une partie de nos données sur l'écologie et le comportement de trois de ces primates gabonais : le mandrill (*Mandrillus sphinx*), le chimpanzé (*Pan t. troglodytes*) et le gorille (*Gorilla g. gorilla*). Les mandrills et les chimpanzés sont les hôtes naturels des virus SIV, tandis qu'aucune infection de type SIV n'a encore été découverte chez le gorille. Des comparaisons entre différents aspects de leur vie permettent l'identification des risques d'exposition aux agents pathogènes et aux risques de transmission au sein d'une même espèce, entre les espèces de pri-

mates et entre les primates et l'homme. Les voies de transmission probable pour les rétrovirus sont : contact sang-sang ; copulations ; et transmission mère-enfant. La connaissance de la vie naturelle de ces primates permet d'estimer la fréquence relative des comportements "à risque".

Résultats

Les caractéristiques sociales et écologiques des trois espèces sont résumées dans le tableau I. La première chose à prendre en considération est le nombre d'individus qui se trouvent habituellement ensemble, car cela influence la probabilité mathématique de se trouver à proximité d'un porteur de virus. Tous les primates vivent en groupe mais, tandis qu'un gorille ne fréquente quotidiennement que 9 autres gorilles en moyenne, ce chiffre est 7 fois plus élevé pour un chimpanzé et jusqu'à 80 fois plus pour un mandrill (tableau I). Sur ces bases, nous pouvons déduire que, si un agent pathogène est réparti au hasard au sein d'une population à une fréquence de 1 %, il y aura 7 individus infectés dans chaque groupe de mandrills mais, chez les chimpanzés seulement 50% des groupes sociaux comprendront un individu infecté et, chez les gorilles, seulement un groupe sur 10. Ces informations suggèrent que, par simple probabilité, une infection nouvelle s'installe avec plus de facilité chez les mandrills que chez les chimpanzés ou les gorilles.

La transmission des rétrovirus entre individus ne se fait pas par simple proximité, mais par les contacts intimes. Outre la transmission verticale entre mère et enfant *in utero* ou lors de l'allaitement, la transmission de virus sera favorisée au travers de blessures qui saignent et peut-être lors d'accouplements. Le sex-ratio d'adultes et le type d'organisation sociale déterminent le nombre de partenaires sexuels potentiels. De plus, les bagarres sérieuses sont généralement limitées aux combats entre mâles adultes, reflétant une compétition entre mâles pour l'accès aux femelles au moment de la reproduction. Les paramètres décrivant la reproduction chez les différentes espèces influencent la fréquence des accouplements. La maturité sexuelle est atteinte relativement jeune chez le mandrill femelle et, en conséquence, elle peut avoir jusqu'à 8 enfants durant sa vie, comparée aux 4 ou 5 chez les femelles de grands

Tableau I.

Résumé des caractéristiques socio-écologiques des trois espèces de primates.
A summary description of the socio-ecological characteristics of mandrills, chimpanzees and gorillas.

	mandrill	chimpanzé	gorille
démographie :			
taille des groupes	± 700	± 50	± 10
ratio mâle/femelle (adultes)	1 : 250 (1 : 14)*	1 : 1	1 : 3
longévité (ans)	20 (estimation)	45	45
mortalité infantile (0-5 ans)	20+%	40%	42%
organisation sociale :			
type de groupe	multi-mâle	multi-mâle	harem
transfert entre groupes	mâles	femelles	mâle et femelle
reproduction :			
saisonnière	oui	non	non
âge à maturité sexuelle :			
mâles	10+	14	15
femelles	4	12	10
intervalle entre naissances (ans)	2	5,5	4,4
nombre moyen de naissances	8	4	5
écologie :			
domaine vital (km ²)	250+	50	25
parcours journalier (km)	1-5	1-10	0,5-5
régime alimentaire :			
plantes **	FR>GRN>FEU	FR>FEU>GRN	FR>FEU>TIG
invertébrés	oui	oui	oui
mammifères	oui	oui	non

* ratio variable : hors saison de reproduction (saison de reproduction)

** FR = fruits ; GRN = graines ; FEU = feuilles ; TIG = tiges

singes qui arrivent plus tard à maturité et qui ont un intervalle plus long entre les naissances.

Les contacts rapprochés entre groupes sont rares, mais ils représentent les seules occasions pour les agents infectieux de se répandre dans une population. Il y a deux types de contacts entre groupes : la migration d'individus et les affrontements territoriaux. Le mouvement d'individus d'un groupe à l'autre est rare et ne se fait, en général, qu'une seule fois dans la vie (8). Les femelles mandrilles et les mâles chimpanzés passent toute leur vie dans le groupe où ils sont nés. La plupart des femelles chez les chimpanzés et les gorilles changent de groupe à l'adolescence. Elles entrent dans un groupe voisin, souvent au moment de l'oestrus. Les mâles mandrills et gorilles quittent généralement leur groupe de naissance à l'adolescence, mais passent une période de temps seuls avant d'intégrer un autre groupe. Chez les mandrills, les mâles adultes ne sont pas les membres permanents des groupes : lors de la saison de reproduction, les mâles intègrent les groupes, mais, durant le reste de l'année, ils restent seuls ou entre eux, en petites bandes. Nous ne savons pas encore si les mâles mandrills, une fois adultes, s'associent toujours avec le même groupe social durant les saisons de reproduction successives. Les recherches en cours à la Lopé, grâce à la radio-télémetrie, apporteront la réponse à cette question et beaucoup d'autres informations sur cette espèce.

Les rencontres entre groupes se limitent en général aux échanges de vocalisations et de mimiques sans contact physique. Pour ces primates, les bagarres portent un très grand risque de blessures à cause de la taille des mâles et de leurs grandes canines. Les bagarres physiques sont réservées aux situations critiques dans la vie des primates mâles, quand il faut s'imposer pour gagner le statut de dominant qui donne accès aux femelles. Chez le gorille, les bagarres avec blessures se limitent aux rares occasions où un jeune mâle essaie d'entrer dans un nouveau groupe pour prendre le contrôle des femelles. Chez le chimpanzé, la situation est différente car cette espèce est territoriale. Très occasionnellement, de véritables "guerres" éclatent entre deux groupes voisins avec des attaques très sévères, voire fatales. De telles guerres n'ont été observées que deux fois (malgré un total cumulatif d'au moins 100 années d'observation des chimpanzés sauvages sur une dizaine de sites en Afrique) mais, chaque fois, sur une période de plusieurs mois, tous les mâles d'un groupe ont été éliminés par ceux de l'autre (7). Il semble que, dans certains cas, la perturbation causée par l'exploitation forestière provoque le déplacement de groupes de chimpanzés, ce qui a pour conséquence d'augmenter la fréquence de contacts entre les groupes voisins (17). Cette hypothèse n'a pas encore été vérifiée mais, si elle s'avère juste, il y a des raisons de craindre que ce genre de "guerre" soit en train d'augmenter avec l'expansion de l'exploitation forestière à l'intérieur des pays d'Afrique centrale.

L'épouillage social est un comportement très important chez les primates. Il sert à nettoyer les poils et à enlever les ectoparasites comme les tiques, mais il a également une fonction sociale. Les liens de parenté et d'amitié entre individus s'expriment au travers de l'épouillage et les blessures attirent une attention particulière. La bouche est utilisée directement et, de plus, les particules enlevées manuellement des blessures ou de la peau du partenaire sont ensuite portées à la bouche et ingérées. Chez le chimpanzé, l'épouillage est l'activité sociale la plus commune et les individus de tous les âges y passent plusieurs heures par jour (7). Chez le mandrill et surtout le gorille, l'épouillage est moins fréquent et concerne surtout les femelles et leurs progénitures.

Le cannibalisme a été décrit chez le chimpanzé et chez le gorille, mais pas chez le mandrill. Ce comportement est rare, mais les jeunes non-sevrés sont vulnérables si leurs mères rencontrent des mâles adultes d'un autre groupe. Si, par exemple, le grand mâle d'un groupe de gorilles meurt ou se fait détrôner par un autre, il est fort possible que le nouveau mâle tue les jeunes de moins de 3 ans et ensuite mange une partie de leur corps. Chez le chimpanzé, les incidents de cannibalisme commis par les mâles et les femelles ont été observés rarement, mais chaque fois envers un jeune de moins de 2 ans.

Les données écologiques montrent que les trois espèces utilisent un espace d'une grande superficie au cours d'une année et sont capables de déplacements de plusieurs kilomètres dans une journée. Leurs mouvements sont liés à la recherche de nourriture. Les plantes dominent les régimes alimentaires de chaque espèce et, à cause de l'importance des fruits et des graines dans leur alimentation, leurs régimes varient avec les saisons. Malgré la dominance d'aliments d'origine végétale, les trois espèces mangent certaines espèces animales. Chez le gorille, c'est uniquement les invertébrés – les fourmis ou les termites suivant la région (12), mais les mandrills et surtout les chimpanzés consomment des proies vertébrées en plus d'une large gamme d'insectes (10, 13). Les chimpanzés chassent les petits singes arboricoles et mangent également des jeunes céphalophes, des oiseaux et des tortues. Des fragments d'os, de peau ou de poils témoignant d'épisodes carnivores se trouvent dans 2 % des fèces de chimpanzés et, à la Lopé, le colobe noir (*Colobus satanas*) est la proie préférée des chimpanzés. La chasse se fait en groupe et généralement la viande est partagée entre plusieurs individus. La prédation est un comportement clairement "à risque" pour la transmission de maladies entre différentes espèces.

Pour faire une comparaison globale des risques de transmission d'agents pathogènes, les trois espèces ont été regroupées dans le tableau II, de manière à évaluer l'ordre de grandeur relative de chaque comportement à risque, la valeur "1" étant la plus faible et la valeur "3", la plus forte. Les mandrills, à cause de la grande taille de leurs groupes sociaux, ont la probabilité la plus élevée d'entrer en contact avec un individu malade mais, comme le montre le tableau II, la valeur totale élevée du "niveau de risque" indique que le chimpanzé est l'espèce la plus exposée aux événements favorables à la transmission, aussi bien au sein de leur propre espèce qu'avec d'autres espèces. Les gorilles par contre semblent être relativement peu exposés aux risques de transmission d'agents pathogènes.

L'origine simienne des virus VIH 1 et 2 nous conduira à réfléchir sur les voies possibles de transmission entre les primates et l'homme. Le tableau III résume les diverses interactions

Tableau II.

Comportement à risque pour la transmission des agents pathogènes : comparaison entre les trois espèces.

A comparison between the three primate species of risk factors for disease transmission.

	mandrill	chimpanzé	gorille
intra-espèce :			
taille du groupe	3	2	1
morsures	2,5	2,5	1
épouillage social	2	3	1
activité sexuelle mâle	3	2	1
activité sexuelle femelle	2	3	1
mouvements entre groupes	1	2	3
bagarres entre groupes	1	3	2
cannibalisme	1	2	3
total intra-espèce	15,5	19,5	13
entre espèces d'animal :			
prédation	2	3	1
total entre espèces	2	3	1
total global	17,5	22,5	14

Tableau III.

Les relations entre les hommes et les trois espèces de primates.
A summary of interactions between humans and the three species of primates.

	mandrill	chimpanzé	gorille
la chasse :	+++	+	++
aux pièges	++	-	+
au fusil	++	+	+
les conflits :			
plantations	++	-	+
fruits sauvages	+	+	++
autodéfense	+	+	+++
croyances	-	+	++
attaques sur enfants	-	+	-

actuelles entre les hommes et les trois espèces de primates en Afrique centrale et donne des valeurs qualitatives sur leur importance potentielle pour la transmission des virus. La faune sauvage est chassée pour les besoins alimentaires des populations rurales et urbaines en Afrique centrale. Deux techniques de chasse sont répandues: la chasse aux pièges et la chasse au fusil. L'impact de la chasse sur les primates varie suivant les facteurs démographiques, culturels et économiques, mais est également influencé par le comportement de la proie. Les mandrills sont plus vulnérables à la chasse que les grands singes. Etant terrestres, ils sont susceptibles d'être pris au piège et, une fois qu'un groupe est repéré par un chasseur au fusil, leur grand nombre les rend vulnérables, surtout si le chasseur est accompagné d'un chien face auquel les mandrills se réfugient dans les arbres où ils deviennent des cibles faciles. Les chimpanzés et les gorilles sont un peu moins vulnérables, car ils semblent capables d'éviter les pièges ou de pouvoir s'en dégager de force. Les chasseurs au fusil utilisent généralement des cartouches "double zéro" chargées de petit plomb capable de blesser les grands singes, mais rarement de les tuer. De plus, dans plusieurs groupes ethniques de la région, des tabous existent qui interdisent la consommation de ces espèces à cause de leur ressemblance avec l'homme. L'impact de la chasse est actuellement en augmentation à cause de la récession économique qui a renversé la tendance de l'exode rural des années qui ont suivi l'Indépendance. L'extension de l'exploitation forestière vers l'intérieur de la région a été accompagnée d'une expansion de la chasse commerciale pour ravitailler les grandes villes, une activité rendue rentable grâce aux infrastructures réalisées par les sociétés d'exploitation forestière. Les guerres civiles et l'instabilité politique ont également contribué à augmenter la pression de chasse dans plusieurs pays de la région. Les trois espèces de primates attirées par les produits des plantations s'approchent des villages et donc des hommes. Les mandrills sont attirés par les plantations de manioc où ils mangent les tubercules et détruisent les plants. Les gorilles mangent parfois les tiges de bananiers. Les déprédations des plantations ont lieu surtout aux périodes où peu de fruits sont disponibles en forêt et de réels conflits peuvent alors exister entre les villageois et les primates. Les mêmes genres de conflits peuvent se produire en forêt quand les primates et les hommes sont attirés par les mêmes fruits sauvages.

Le gorille est capable de se défendre face à un homme qui le menace. Le mâle adulte défend son groupe avec des mimiques d'intimidation très impressionnantes (charges, martèlements de poitrine et cris). Si l'intrus ne s'éloigne pas, une attaque physique peut suivre avec morsures, surtout si le gorille a été blessé. Ce comportement d'autodéfense explique la réputation d'animal dangereux du gorille et inspire une très grande peur à la plupart des populations locales. Les mâles chimpanzés et mandrills ne défendent pas systématiquement leurs femelles et leurs jeunes face à un chasseur, mais ils sont capables de faire des mimiques impressionnantes s'ils se sentent mena-

cés. De plus, si les chimpanzés rencontrent un enfant humain non accompagné par un adulte, ils sont capables de le considérer comme une proie et de l'attaquer. Plusieurs incidents d'attaque grave, même fatale, sur des enfants en bas âge sont survenus aux abords des villages ou des plantations.

Les croyances et les cérémonies locales demandent parfois l'utilisation de certaines parties du corps des grands singes comme médication ou objet fétiche. Ces pratiques exposent les gens aux contacts potentiellement dangereux si l'animal est porteur d'agents pathogènes.

Les estimations des grandeurs relatives concernant les "facteurs de risque" dans la transmission des virus entre les trois espèces de primates et l'homme (tableau III) suggèrent qu'il y a plus de risque que l'homme soit exposé aux agents pathogènes des mandrills et des gorilles qu'à ceux des chimpanzés.

Conclusions

L'analyse comparative de l'écologie et du comportement des trois espèces de primates étudiés au Gabon depuis 16 ans a apporté des éléments pertinents à la compréhension de la transmission des virus au sein d'une espèce et, entre espèces différentes, en milieu naturel. Les études épidémiologiques en cours et prévues permettront d'établir le statut sérologique des individus dans les groupes de primates de la Lopé à partir d'analyse des fèces. Ces données apporteront d'importants éclaircissements et rendront nos analyses plus concrètes. Les tableaux II et III restent quelque peu théoriques, mais ils permettent d'émettre certaines hypothèses et des recommandations pratiques pour la santé publique des populations de l'Afrique centrale.

Les chiffres du tableau II suggèrent que la transmission d'un virus au sein d'une espèce est plus facile chez le chimpanzé, suivi par le mandrill et que cette transmission est plus difficile chez le gorille. Pour le moment, il est impossible de valider ces chiffres sur des valeurs numériques, mais le classement des trois espèces est compatible avec le fait que des rétrovirus SIV existent chez le chimpanzé et chez le mandrill, mais pas chez le gorille. Néanmoins, il faut attendre les résultats de l'étude des fèces pour avoir un échantillon plus large, car l'absence de ces virus chez le gorille peut être un artefact dû au nombre restreint d'individus qui ont été testés.

Les données actuellement disponibles suggèrent que le virus des chimpanzés d'Afrique centrale, SIVcpz_{gab}, a été transmis à l'homme plusieurs fois et serait l'ancêtre de plusieurs groupes de VIH-1 (5). Le tableau III montre que plusieurs voies de transmission existent mais, vraisemblablement, la chasse mise à part, les événements concernés sont tous très rares. La chasse est largement pratiquée en Afrique centrale et les données récentes suggèrent qu'à la suite de la récession économique et des troubles politiques et sociaux dans plusieurs pays, la chasse est en augmentation, surtout là où les infrastructures des exploitants forestiers permettent l'acheminement de la viande de brousse vers les villes (2). La chasse et la consommation de viande de brousse impliquent plusieurs actions à haut risque dans la transmission des virus. En premier lieu, le chasseur est en contact avec les carcasses d'animaux fraîchement tués et le contact sang-sang peut se réaliser, par exemple, si le chasseur a des égratignures aux mains. Les carcasses de grande taille sont découpées sur place pour faciliter leur transport et débitées de nouveau avant d'être vendues ou préparées. Plusieurs personnes seraient donc en contact avec chaque carcasse fraîche, et le cas de l'épidémie d'Ebola au nord-est du Gabon, où un cadavre de chimpanzé trouvé en forêt a infecté directement

11 personnes l'ayant manipulé, apporte une preuve de la réalité de ce risque. Les femmes qui préparent les repas ainsi que les vendeurs et revendeurs éventuels sont, avec les chasseurs eux-mêmes, les groupes à haut risque d'infection. Ces individus représentent une voie privilégiée pour faire entrer les nouveaux agents pathogènes dans les populations locales et doivent être ciblés de toute urgence dans les campagnes de sensibilisation et de prévention.

L'intensification de la chasse est inquiétante à cause des risques pour la santé publique, mais également parce que cette activité n'est pas écologiquement durable quand il s'agit d'une chasse commerciale pour approvisionner les centres urbains. Des actions urgentes sont nécessaires pour s'attaquer aux facteurs responsables de cette situation (par exemple : campagnes de sensibilisation; renforcement des aires protégées et lutte anti-braconnage; contrôles sanitaires; "plein emploi") et pour aider les pays de la région à développer leur secteur agro-alimentaire. Le lien entre l'environnement et la santé publique doit être souligné pour que ces préoccupations soient intégrées dans les politiques de développement.

L'épidémie du sida et l'émergence des nouvelles maladies sont des phénomènes récents liés d'une part aux changements de comportement de l'homme, mais probablement aussi aux changements écologiques au sein des forêts d'Afrique centrale. Pour lutter contre les effets néfastes de ces maladies, il faut étendre l'approche pluridisciplinaire pour tenir compte des facteurs environnementaux. Les écosystèmes forestiers d'Afrique centrale enferment une diversité très élevée d'espèces d'animaux et de plantes qui fournit à l'homme des denrées alimentaires, des matériaux de construction et des ressources comme le bois d'œuvre. Au sein des écosystèmes, les processus et les interactions complexes entretiennent les cycles de nutriments et d'éléments et assurent la régénération du milieu. Avec l'intensification des activités humaines et les changements de comportement associés au développement économique et social, certains processus naturels peuvent être rompus ou perturbés. Pour pallier les changements inattendus qui auront, tôt ou tard, des impacts négatifs sur les hommes, il est très important d'avancer notre compréhension du fonctionnement des écosystèmes forestiers au travers de programmes de recherches pluridisciplinaires. L'existence de techniques nouvelles permettant de suivre la santé des populations de primates sauvages de façon non-invasive est un exemple prometteur pour une veille microbiologique. L'interprétation des résultats sur le statut microbiologique se fera à la lumière des données à long terme sur l'écologie et le comportement de ces primates et elle peut apporter les éléments nouveaux sur les réservoirs de virus et les contextes potentiels de leur transmission vers l'homme.

Remerciements

Le Centre international de recherches médicales de Franceville, financé par l'État gabonais, Elf-Gabon et La Coopération française, a soutenu nos recherches depuis 1980 et nous remercions tous ces bailleurs de fonds pour leur confiance. Des aides financières supplémentaires ont été accordées à la station de terrain de la Lopé par: Wildlife Conservation Society, Leakey Foundation et Disney Foundation. Je remercie vivement les nombreux collègues qui ont contribué à la récolte des données sur le terrain, surtout Kate ABERNETHY, Lee WHITE et Michel FERNANDEZ, ainsi que les collègues du laboratoire du CIRMF qui, au

fil des années, ont permis le développement de l'approche pluridisciplinaire, notamment Jean WICKINGS, Martine PEETERS, Eric DELAPORTE, Alain GEORGES, Claudie GEORGES-COURBOT, Eric NERRINET, Preston MARX et François SIMON. Je remercie également le Professeur DUROSOR et son équipe de m'avoir invité au Colloque du réseau international des Instituts Pasteur et Instituts associés, tenu à Paris en octobre 1999.

Références bibliographiques

- 1 BIBOLLET-RUCHE F, GALAT-LUONG A, CUNY G, SARNI-MANCHADO P, GALAT G *et al.* - Simian immunodeficiency virus infection in a patas monkey (*Erythrocebus patas*): evidence for cross-species transmission from African green monkeys (*Cercopithecus aethiops sabaues*) in the wild. *J Gen Virol*, 1996, **77**, 773-781.
- 2 BOWEN-JONES E & PENDRY S - The threat to primates and other mammals from the bushmeat trade in Africa, and how this threat could be diminished. *Oryx*, 1999, **33**, 233-246.
- 3 GALAT G & GALAT-LUONG A - Circulation des virus en milieu tropical, socio-écologie des primates et équilibre des écosystèmes. *Cahiers Santé*, 1997, **7**, 81-87.
- 4 GALAT-LUONG A, BIBOLLET-RUCHE F, POURRUT X & GALAT G - Social organisation and SIV sero-epidemiology of a patas monkey population in Senegal. *Folia primatol*, 1995, **63**, 226-228.
- 5 GAO F, BAILES E, ROBERTSON DL, CHEN Y, RODENBURG CM *et al.* - Origin of HIV-1 in the chimpanzee *Pan troglodytes troglodytes*. *Nature*, 1999, **397**, 436-441.
- 6 GAO FL, YUE L, WHITE AT, PAPPAS PG, BARCHUE J *et al.* - Human infection by genetically diverse SIVsm-related HIV-2 in West Africa. *Nature*, 1992, **358**, 495-499.
- 7 GOODALL J - *The Chimpanzees of Gombe*. Belknap Press, Harvard, 1986.
- 8 HARCOURT AH - Strategies of emigration and transfer by primates, with particular reference to gorillas. *Z Tierpsychol*, 1978, **48**, 401-420.
- 9 HIRSCH VM & JOHNSON PR - Genetic diversity and phylogeny of primate lentiviruses. In: MORROW J & HAIGWOOD N (Eds) - *HIV Molecular Organisation, Pathogenicity and Treatment*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1993, pp 221-240.
- 10 LAHM S - Diet and habitat preference of *Mandrillus sphinx* in Gabon: Implications of foraging strategy *Am J Primatol*, 1986, **11**, 9-26.
- 11 ROGERS ME, MAISELS F, WILLIAMSON EA, FERNANDEZ M & TUTIN CEG - Gorilla diet in the Lopé Reserve, Gabon: A nutritional analysis. *Oecologia*, 1990, **84**, 326-339.
- 12 TUTIN CEG & FERNANDEZ M - Insect-eating by sympatric lowland gorillas (*Gorilla g. gorilla*) and chimpanzees (*Pan t. troglodytes*) in the Lopé Reserve, Gabon. *Am J Primatol*, 1992, **28**, 29-40.
- 13 TUTIN CEG & FERNANDEZ M - Composition of the diet of chimpanzees and comparisons with that of sympatric lowland gorillas in the Lopé Reserve, Gabon. *Am J Primatol*, 1993, **30**, 195-211.
- 14 TUTIN CEG, HAM RM, WHITE LJT & HARRISON MJS - The primate community of the Lopé reserve, Gabon: Diets, responses to fruit scarcity and effects on biomass. *Amer J Primatol*, 1997, **42**, 1-24.
- 15 TUTIN CEG, WHITE LJT & MACKANGA-MISSANDZOU A - The use by rain forest mammals of natural forest fragments in an equatorial African savanna. *Conservation Biology*, 1997, **11**, 1190-1203.
- 16 WHITE LJT - The effects of commercial mechanised logging on forest structure and composition on a transect in the Lopé Reserve, Gabon. *J Trop Ecol*, 1994, **10**, 309-318.
- 17 WHITE LJT & TUTIN CEG - Why chimpanzees and gorillas respond differently to logging: A cautionary tale from Gabon. In: WEBER B, WHITE LJT, VEDDER A & SIMONS MORLAND H (Eds.) - *African Rain Forest Ecology and Conservation*. Yale University Press, Ithaca (in press).