

ARTICLE ORIGINAL

# La rage des chauves-souris hématophages\*

par

A. AGUILAR SETIEN<sup>1-3</sup>, B. BROCHIER<sup>2</sup>, E. LABRANDERO<sup>3</sup>, O. DE PAZ<sup>3</sup>,  
Ch. BAHOUL<sup>4</sup>, N. TORDO<sup>4</sup> et P.-P. PASTORET<sup>2</sup>

## SUMMARY : rabies in hematophagous bats.

In tropical and subtropical latin America the major sylvatic rabies vector is the vampire bat *Desmodus rotundus*. This species is responsible of heavy losses in livestock and is involved increasingly in human rabies transmission.

Presently, control of sylvatic rabies is attempted by reducing hematophagous bat populations (mainly by poisoning with anticoagulants), by pre-exposure immunizations of cattle and preventive vaccination and post-exposure treatments in humans.

Drawbacks to the population reduction include : immigration of bats from untreated areas and consequently an increase of the infectious contact rate, destruction of valuable non-target species and negative public perception of lethal methods.

Oral vaccination of bats is proposed as an alternative or complementary method of control and experimental studies are in progress.

\* Manuscrit reçu le 5 avril 1996 ; accepté le 22 janvier 1997.

Travail réalisé dans le cadre d'un projet de coopération internationale soutenu par l'Union Européenne (DG XII) - contrat n° CII\*-CT92-0068.

<sup>1</sup> Unidad de Investigacion Medica en Immunologia, Coordinacion de Investigacion Medica, IMSS, Apartado Postal 73-032, 03020 Mexico D.F.

<sup>2</sup> Service d'Immunologie-Vaccinologie, Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Liège, Boulevard de Colonster, Bât. B43 bis, Sart Tilman, 4000 Liège, Belgique.

<sup>3</sup> CENID-microbiologia, INIFAP-SAGAR Km. 15.5 carretera Mexico-Toluca, Cuajimalpa, Mexico D.F.

<sup>4</sup> Laboratoire des Lyssavirus, Institut Pasteur, 25 rue du Docteur Roux, 75724 Paris Cedex 15, France.

## RESUME

L'introduction du bétail par les conquérants espagnols a eu une importante répercussion sur l'écologie des populations locales de vampires communs (*Desmodus rotundus*). L'apport massif d'une nouvelle ressource alimentaire a permis à cette espèce de proliférer et élargir son aire de distribution. Depuis lors, les morsures du *Desmodus* constituent une menace pour les santés publique et animale. Dans ces pays, cet animal intervient en effet, avec le chien, comme réservoir — vecteur de la rage. Les bovins se trouvent au premier rang des victimes et l'impact économique de la rage paralytique bovine est loin d'être négligeable. Des cas de rage humaine attribués à des morsures de vampires sont également signalés et semblent même en augmentation dans certains pays. La vaccination préventive des espèces victimes et la réduction artificielle des populations de vampires sont actuellement les seules méthodes utilisées pour tenter de limiter la transmission de la maladie.

La vaccination orale des vampires contre la rage est proposée comme méthode de lutte alternative ou complémentaire. Celle-ci fait actuellement l'objet de recherches.

## Introduction

En vue d'informer son empereur CHARLES V sur la faune et la flore de l'Amérique latine récemment découverte, Gonzalo FERNANDEZ DE OVIEDO publia en 1526 son oeuvre intitulée « *Sumario de la Natural Historia de Indias* » (MOLINA, 1896). Dans cet ouvrage apparaît une description de chauves-souris hématophages, dénommées vampires, susceptibles d'infliger des morsures aux êtres humains et de transmettre par cette voie une maladie redoutable (probablement la rage). FERNANDEZ DE OVIEDO décrivit également un élément qui allait s'avérer très important dans l'épidémiologie de la rage sylvatique en Amérique latine : l'adaptation et l'expansion du bétail dans les régions subtropicales et tropicales du continent (DELPIETRO et ESTEVES, 1980). Cependant, ce n'est qu'en 1930 que fut démontré le rôle du vampire dans la transmission de la rage dans les Caraïbes (île de Trinidad) (HURST et PAWAN, 1931 ; PAWAN, 1936).

Actuellement, il est bien établi que l'introduction du bétail en Amérique latine a provoqué un accroissement spectaculaire de la démographie de ces chauves-souris et par conséquent une augmentation de l'incidence de la rage. L'ampleur du problème, tant sur le plan économique que sur celui de la santé publique, a engendré dès les années 60 une multitude de travaux sur la biologie des chauves-souris hématophages ainsi que sur l'épidémiologie de la rage sylvatique. Un projet d'une durée d'environ 10 ans fut notamment financé par les agences UNDP/FAO (United Nations Development Program/Food and Agriculture Organization) et AID (Agency for International Development,

USA). Les résultats de ces travaux ont permis de conclure que la rage transmise par le vampire pourrait être combattue par deux méthodes : d'une part, la réduction des populations de l'espèce vectrice et, d'autre part, la vaccination antirabique du bétail (BAER, 1975 ; HERNANDEZ, 1976 ; CORREA, 1981 ; AGUILAR SETIEN et GARZA, 1988 ; FLORES CRESPO et ARELLANO, 1991). L'application de ces mesures de lutte a permis de réduire l'incidence de la maladie dans le cheptel domestique. Toutefois, les efforts consentis restent insuffisants puisque au Mexique par exemple, le vampire est encore responsable de la mort d'environ 10 000 bovins par an (FLORES CRESPO, 1991), soit 0,065 % du cheptel présent dans les 16 états mexicains colonisés par les vampires. De plus, depuis quelques années, un phénomène préoccupant est apparu dans de nombreux pays d'Amérique latine : l'accroissement du nombre de morsures infligées aux humains. Au Mexique, le vampire occupe actuellement la deuxième place (après le chien) en tant que vecteur de rage humaine. Ce phénomène pourrait être expliqué par la colonisation humaine de certaines régions forestières ou encore par la diminution du cheptel bovin dans certaines régions rurales.

Depuis 1993, un programme de recherche sur la vaccination antirabique du vampire, en tant que méthode de lutte alternative ou complémentaire, est financé par l'Union Européenne.

## Le virus rabique

Le virus de la rage appartient à la famille des *Rhabdoviridae*. Les *Rhabdovirus* des mammifères sont divisés en trois genres sur la base de différences biochimiques, antigéniques, et génétiques : le genre *Vesiculovirus*, dont le prototype est le virus de la stomatite vésiculeuse (VSV), comprenant 14 sérotypes ; le genre *Ephémérovirus* qui regroupe des *Arbovirus* infectant les bovins australiens et le genre *Lyssavirus* (WUNNER *et al.*, 1996).

Ce dernier genre a successivement été divisé en 4 sérotypes sur base de données antigéniques (séroneutralisation croisée et profil de réactivité vis-à-vis d'anticorps monoclonaux) puis en 6 génotypes grâce à l'étude comparative des gènes viraux (BOURHY *et al.*, 1993 ; TORDO *et al.*, 1993 ; TORDO *et al.*, 1995). Le virus de la rage proprement dit correspond au séro(géno)type type 1. Il est présent dans le monde entier, excepté quelques régions insulaires, et les espèces animales qui le véhiculent sont très variées. Les 5 autres séro(géno)types regroupent les virus apparentés au virus de la rage, plus restreints tant au niveau de leur distribution géographique qu'à celui des vecteurs qu'ils utilisent. Ainsi, les séro(géno)types 2, 3 et 4 ont été exclusivement isolés en Afrique alors que les génotypes 5 et 6 sont transmis par certaines chauves-souris insectivores européennes.

Plus récemment, un nouveau génotype baptisé Pteropid Bat Lyssavirus (PBLV) a été identifié en Australie chez des chauves-souris frugivores (*Pteropus alecto* et *Pteropus scapulatus*) mortes d'encéphalite (FRASER *et al.*, 1996).

Le génome des *Lyssavirus* est un ARN négatif en simple brin, non segmenté, d'environ 12 000 ribonucléotides ( $4,6 \times 10$  Daltons) (LECOCQ et KIENY, 1985, TORDO et KOUZNETZOFF, 1993). Il est transcrit séquentiellement de l'extrémité 3' à l'extrémité 5' en un court ARN « leader » puis en 5 ARN messagers, codant successivement pour les protéines N, M1, M2, G puis L (FLAMAND et DELAGNEAU, 1978). Le virion possède une morphologie caractéristique, cylindrique avec une extrémité plate et l'autre arrondie, dite en « balle de revolver ». Le diamètre du cylindre avoisine 75 nanomètres (nm), sa longueur est d'environ 180 nm. Le virion peut être divisé en deux unités structurales distinctes : une enveloppe lipoprotéique extérieure fine (8 nm) hérissée de spicules englobant un noyau ribonucléoprotéique dense et de structure hélicoïdale. Le noyau ribonucléoprotéique est fonctionnellement autonome pour assurer la transcription des ARN messagers et la réplication du génome. Il se compose de l'ARN génomique protégé par environ 1300 molécules de nucléoprotéine N, 70 molécules de polymérase L et environ 700 molécules de phosphoprotéine M1 (FLAMAND *et al.*, 1993). L'enveloppe lipoprotéique contient environ 1150 molécules de protéine de matrice M2 et 1300 molécules de glycoprotéine G. Celle-ci constitue l'unique antigène de surface, et le principal en matière de vaccinologie puisqu'il est le seul à déclencher la synthèse des anticorps neutralisants et à être reconnu par eux (WIKTOR *et al.*, 1973).

## Variabilité du virus de la rage

Au cours de l'évolution, les séquences génomiques du virus ont été soumises à des pressions de sélection différentes, liées à leur rôle respectif dans le cycle viral (TORDO et KOUZNETZOFF, 1993 ; TORDO *et al.*, 1995). Ainsi, concernant les gènes d'intérêt vaccinal, celui codant pour la nucléoprotéine N (antigène interne) est moins variable, tandis que celui de la glycoprotéine G (antigène externe) l'est plus, comme attendu pour une protéine externe soumise à différents contacts directs avec l'hôte (système immunitaire, reconnaissance du récepteur). D'autre part, le génome des *lyssavirus* présente la caractéristique de posséder une longue région non codante entre les gènes G et L qui pourrait correspondre à un gène rémanent devenu inutile au cours de l'évolution (région dite du « pseudogène »). Cette région non traduite du génome est moins soumise à la pression de sélection et donc d'une grande variabilité (TORDO *et al.*, 1986 ; TORDO et KOUZNETZOFF, 1993).

Depuis les années 90, une méthode de transcription inverse, amplification par polymérisation en chaîne puis séquence de l'amplicon, a été mise au point afin de pouvoir étudier la variabilité génétique des *Lyssavirus* par analyse des transcrits viraux présents dans un tissu infecté (SACRAMENTO *et al.*, 1991 ;

TORDO et KOUZNETZOFF, 1993 ; TORDO *et al.*, 1993 ; TORDO *et al.*, 1995). Des couples d'amorces spécifiques des *Lyssavirus* ont été sélectionnés. Ils permettent de changer rapidement la région étudiée. Pour des isolats très divergents (par exemple appartenant à des séro(géno)types différents), on préfère comparer les régions les mieux conservées du génome. Au contraire, lorsqu'il s'agit de différencier de manière précise des isolats très proches, appartenant par exemple à la même niche écologique, il est préférable de se concentrer sur des régions plus variables, très sensibles à l'évolution, comme la région non codante hypervariable entre les gènes G et L. Cette méthode a permis de nombreuses études d'épidémiologie moléculaire. Dans un travail récent, divers isolats du virus de la rage provenant de zones géographiques différentes d'Amérique latine (Mexique, Brésil, Paraguay) ont été analysés par PCR (Polymerase Chain Reaction) (TORDO *et al.*, 1993). Ils provenaient de mammifères terrestres (chiens, chats, renards, mouffettes, chevaux, bovins, etc.) et aériens (vampires communs). Sur les arbres phylogénétiques, il est apparu que les isolats se regroupaient en deux groupes majeurs correspondant aux deux cycles épidémiologiques qui co-circulent en Amérique latine — le cycle aérien dont le vecteur est le vampire commun mais dont les ruminants domestiques (surtout les bovins) sont les principales victimes. Le cycle terrestre dont le vecteur principal est le chien, particulièrement dangereux en matière de Santé Publique. Ainsi, il apparaît que deux variants particuliers, bien adaptés au(x) vecteur(s) qu'ils colonisent, maintiennent la rage en Amérique latine en étant transmis aux espèces victimes. Il est important de noter que cette adaptation (spécialisation) est telle qu'un isolat de vampire mexicain s'avère plus proche de celui d'un vampire brésilien (5000 km plus loin) que celui d'un chien mexicain de la même région et vice-versa (TORDO *et al.*, résultats non publiés). A l'intérieur de chacun des deux groupes, il est possible de distinguer les échantillons par leur provenance géographique, suggérant que bien qu'étant bien adapté à son vecteur, le virus est soumis à une lente évolution spatio-temporelle. Un outil de typage par RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) a été mis au point de manière à classer très rapidement des isolats inconnus dans le cycle « terrestre » ou « aérien ». Un tel classement est très utile dans le contexte de la politique de lutte contre la rage engagée en Amérique latine. En effet, un certain nombre d'espèces animales (bovins, chevaux) et même l'homme sont de plus en plus victimes des deux cycles épidémiologiques et il est important de savoir les distinguer rapidement. En conclusion, l'existence d'une souche aérienne du virus de la rage adaptée au vampire en Amérique latine est actuellement acceptée, tout comme cela a été décrit pour le renard roux en Europe.

## Sensibilité du vampire au virus rabique

Une souche de virus rabique isolée au Mexique (souche CASS-88), caractérisée par l'analyse de son génome comme appartenant au cycle aérien, a récemment été titrée simultanément sur vampires adultes et sur bovins. Les

résultats obtenus nous ont montré que les vampires étaient cent fois plus sensibles au virus homologue que les bovins. Néanmoins, au contraire de ce qui a été rapporté chez le renard, le vampire paraît moins sensible au virus homologue car, pour tuer un renard sur deux (avec un virus homologue injecté par voie intramusculaire), il suffit d'un tiers d'une dose léthale 50 intracérébrale souris tandis que 100 fois plus de virus aérien sont nécessaires pour tuer un vampire sur deux (AGUILAR SETIEN *et al.*, résultats non publiés).

## La biologie des chauves-souris hémato-phages

Parmi les quelques 900 espèces de chiroptères recensées dans le monde (environ 20 % des espèces connues de mammifères), trois seulement se nourrissent exclusivement de sang. La distribution géographique de ces trois espèces hémato-phages couvre les régions tropicales et subtropicales d'Amérique latine (à partir du Tropique du Cancer au Mexique jusqu'à celui du Capricorne en Argentine et au Chili), situées à une altitude inférieure à 900 mètres. Les vampires appartiennent à la famille des *Phyllostomidae* (« nez en forme de lance »). La sous-famille des *Desmodontinae* comprend trois genres comptant chacun une seule espèce : *Desmodus rotundus* (le vampire commun), *Diphylla ecaudata* et *Diaemus youngi*.

*Desmodus rotundus* est l'espèce la plus commune et dont l'aire de distribution est la plus large. Elle intervient également dans la plupart des foyers de rage sylvatique. Les genres *Diphylla* et *Diaemus*, nettement plus rares, se nourrissent préférentiellement de sang d'oiseau (VILLA, 1966). Vu la plus grande importance de *Desmodus* à plusieurs égards, nous nous limiterons à résumer la biologie de cette seule espèce. *Desmodus rotundus* est un microchiroptère dont la longueur corporelle, tête comprise, est de 65 à 99 mm de longueur. Son envergure varie de 300 à 350 mm. Les caractères distinctifs de l'espèce sont la présence de longues incisives fort tranchantes, l'absence de queue et le développement important du pouce (VILLA, 1966 ; BHATANAGAR, 1988). Cette dernière caractéristique anatomique favorise le déplacement au sol (marche et saut) qui occupe une place importante dans le comportement alimentaire de l'espèce.

Les vampires communs vivent en colonies dans une grande variété de refuges naturels (grottes, arbres,...) et artificiels (bâtiments, mines et tunnels désaffectés,...). Le choix d'un refuge est conditionné par la température (22 à 25 °C) et l'humidité relative (> 45 %).

En revanche, ces deux derniers paramètres influent peu l'activité de nourrissage. En effet, plusieurs auteurs ont pu observer une activité de nourrissage durant des nuits très chaudes (plus de 30 °C), des nuits très froides (au dessous de 0 °C), des nuits pluvieuses ou non (VILLA, 1966 ; FLORES CRESPO *et al.*, 1974). Grégaires, les vampires vivent en colonies de quelques dizaines à plu-

sieurs centaines d'individus (plus rarement de milliers) selon la disponibilité alimentaire et les conditions climatiques du milieu. Des études sur le comportement social du vampire commun ont pu montrer qu'une même colonie dispose de plusieurs refuges situés dans un rayon de 5 à 10 km (WILKINSON, 1988 ; FLORES CRESPO, 1992 ; GREENHALL, 1993). D'où l'hypothèse de l'auteur FLORES CRESPO de l'existence d'une « grande communauté mobile » utilisant plusieurs refuges au sein d'un territoire donné (BURNS et FLORES CRESPO, 1975 ; FLORES CRESPO, 1992). Pour ce qui concerne la structure sociale au sein d'une colonie, plusieurs hypothèses ont été proposées : une structure de type « harem » composée de femelles et de quelques mâles dominants, les autres mâles non reproducteurs étant réunis en groupes séparés, ou encore une structure constituée de « groupes maternels ». GREENHALL (1993) a proposé l'existence de groupes maternels surveillés par des vieux mâles et de groupes de mâles séparés qui luttent pour la dominance et pour les femelles. Les individus d'une même colonie peuvent partager la nourriture ingérée par régurgitation. Au refuge, une part du temps (plus de 30 minutes par jour) est consacrée au toilettage, individuel ou mutuel (FLORES CRESPO, 1978 ; LORD, 1988).

Le cycle de reproduction, indépendant de toute influence saisonnière, peut avoir lieu à n'importe quelle période de l'année. Si l'on considère le faible poids corporel de l'espèce (30 grammes), les durées de gestation et de lactation (toutes deux de 5 mois) apparaissent remarquablement longues. Le vampire commun est unipare ; toutefois, des gestations gemellaires sont occasionnellement observées (BURNS, 1979 ; AGUILAR SETIEN, observation personnelle).

Pour se déplacer, le vampire utilise deux techniques : soit le vol à basse altitude (maximum 1,5 mètre) pour les longues distances, soit la course ou le bond au sol lorsque l'animal se trouve à proximité de sa victime. Le vol rasant a pu être constaté par la pose de filets de capture à la sortie des refuges et autour de corrales.

Si les vampires possèdent un système d'écholocation à l'instar des autres chiroptères, leur comportement indique qu'ils utilisent également leurs sens de la vue, de l'odorat et de la thermoperception pour localiser leurs victimes (MITCHEL *et al.*, 1973 ; MANSKE et SCHMIDT, 1976 ; KURTEN et SCHMIDT, 1982 ; KURTEN *et al.*, 1984 ; JOREMAN, 1984). A l'inverse des genres *Diphylla* et *Diaemus* dont le régime alimentaire est presque exclusivement constitué de sang aviaire, *Desmodus rotundus* peut se nourrir de sang d'une grande variété d'espèces de vertébrés. Des individus maintenus en captivité acceptent en effet le sang de reptiles, d'oiseaux et de mammifères, qu'il soit présenté chaud ou refroidi (AGUILAR SETIEN, non publié). L'analyse du contenu stomacal de sujets capturés dans la nature a montré que le sang était le plus souvent d'origine bovine. Viennent ensuite par ordre d'importance, le cheval, l'âne, la chèvre, le porc, la poule, le mouton, le chien et enfin l'homme (GREENHAL, 1988 ; FLORES CRESPO, 1992 ; GREENHALL, 1993). Le vampire est capable de mordre sa victime (de préférence en position couchée) à n'importe quel endroit du corps ; cependant, les morsures sont plus fréquentes au niveau du cou, des oreilles, des

pattes et de la queue. Une substance anticoagulante, présente dans la salive du vampire, facilite l'écoulement sanguin et retarde donc le processus de cicatrisation de la plaie (HAWKEY, 1966 ; HAWKEY, 1967 ; GARDELL *et al.*, 1989). Alourdis par un repas d'environ 20 ml de sang, les vampires sont souvent incapables de prendre leur envol et restent au sol pour digérer.

Ces animaux se nourrissent durant la nuit. FLORES CRESPO et collaborateurs (1972) ont montré que cette activité de nourrissage est fortement influencée par la lune. Ces animaux ne quittent préférentiellement leur refuge que lorsque la lune est cachée. Ce comportement pourrait être une stratégie pour échapper à la prédation ou encore pour faciliter l'approche des victimes.

## La rage des vampires

### Epidémiologie

Le vampire est à la fois vecteur et victime de la rage. Le virus rabique (génotype 1) est véhiculé dans la salive d'un animal infecté et la morsure est probablement le mode le plus fréquent de contamination. Ces morsures seraient principalement occasionnées lors des combats entre mâles pour la dominance. Une agressivité des mâles envers les juvéniles a pu être observée lors de l'établissement d'une colonie en captivité. Il n'est pas exclu qu'entre congénères, le toilettage mutuel (FLORES CRESPO, 1992) et l'échange de nourriture par régurgitation (WILKINSON, 1984 ; GREENHALL, 1993) jouent également un rôle important dans la transmission de la maladie.

A l'instar des autres mammifères, *Desmodus rotundus* succombe généralement à la rage. La période d'incubation qui précède la maladie clinique peut varier en fonction de la souche et de la dose de virus inoculée ainsi que de la voie et du site d'inoculation.

Chez des animaux infectés expérimentalement (AGUILAR SETIEN, non publié), la maladie clinique apparaît généralement 24 à 48 heures avant la mort. Les symptômes se manifestent surtout par une altération des réflexes, de la prostration et des paralysies. Aucune agressivité particulière n'a pu être observée.

En 1988, LORD suggérait que les foyers de rage sylvatique se propagent à une vitesse de 5 à 10 km par an et que les directions suivies par ces épizooties migratoires dépendent directement des densités de population de vampires.

De cette façon, l'évolution géographique d'un foyer peut être prédite et la maladie contrôlée en réduisant la population de vampires située en aval. Cependant, la topographie du terrain semble également jouer un rôle important dans la vitesse de propagation d'un foyer. En 1994, dans l'Etat mexicain de Chiapas, un foyer a progressé de 145 km en 6 mois, depuis une région

montagneuse vers l'océan. Dans ce cas, un couloir formé par un canyon semble avoir accéléré la propagation de la maladie (AGUILAR SETIEN, non publié).

Les autres espèces impliquées dans les épizooties de rage sylvatique ne sont en général que des victimes : par ordre d'importance, bovins, équins, caprins, ovins, porcs et humains. Ces espèces ne transmettent que très rarement la maladie et constituent donc des culs de sac épidémiologiques. S'il est possible que les vampires transmettent la rage aux vecteurs terrestres (ex : chien), une souche « aérienne » de virus n'a jamais pu être isolée chez les vecteurs terrestres, même si vecteurs aériens et terrestres partagent le même milieu.

Dans les Amériques, les chiroptères vecteurs de rage (vampires et plusieurs espèces de chauves-souris insectivores) véhiculent le génotype 1 du virus rabique à l'instar des vecteurs « terrestres ». Les risques de transmission de la maladie à d'autres espèces y compris l'homme sont relativement élevés, surtout pour ce qui concerne le vampire.

La situation est différente en Europe et en Australie, où les chauves-souris hébergent des génotypes très distincts de virus rabique qu'elles ne transmettent qu'exceptionnellement à des espèces animales « terrestres ». Vu que les risques sanitaires sont considérés comme très faibles, le fait qu'il y ait ou non de la rage chez les chiroptères ne change pas actuellement le statut, indemne ou infecté de rage, des pays. Ainsi, le Danemark et l'Australie, par exemple, restent officiellement indemnes malgré l'existence de rage chez les chiroptères.

## Prophylaxie

La rage transmise par les vampires est une zoonose responsable de pertes économiques importantes en élevage bovin. Actuellement, la seule mesure de lutte consiste à limiter le nombre d'animaux contaminés par la vaccination des animaux domestiques et par la réduction artificielle des populations de vampires. Même en région indemne de rage sylvatique, la destruction des vampires est souhaitée en raison des blessures et pertes de sang occasionnées au bétail. En région d'élevage, cette espèce est toujours considérée comme une peste. Ainsi, des colonies de vampires ont été détruites par gazage ou même dynamitage des refuges. Certaines espèces animales non ciblées, essentiellement des chiroptères insectivores occupant les mêmes refuges, ont payé un lourd tribut à ces opérations non sélectives (LORD, 1988). Avant les années 70, la seule méthode « sélective » d'élimination des vampires était la capture de ceux-ci à l'aide de filets posés à la sortie des refuges ou autour des corrals à bestiaux. L'application de cette technique n'a pas abouti à une réduction significative des populations (SCHMIDT *et al.*, 1970). En outre, cette méthode nécessitait une bonne connaissance du milieu et du comportement de *Desmodus*.

Durant les années 70, apparurent diverses méthodes de destruction basées sur l'usage de substances anticoagulantes.

Deux caractéristiques comportementales des vampires ont été exploitées pour faciliter leur intoxication orale à l'aide d'anticoagulants : d'une part leur comportement alimentaire, d'autre part le toilettage (léchage individuel et mutuel). Une première technique consiste à capturer quelques sujets d'une colonie, de les enduire à l'aide d'un anticoagulant puis de les relâcher dans la nature (LINHART *et al.*, 1972). Les autres membres de la colonie s'empoisonnent alors en léchant les animaux traités. De cette façon, un seul sujet est susceptible d'empoisonner de 10 à 40 congénères. Les anticoagulants peuvent également être appliqués au niveau des plaies infligées aux animaux domestiques. Les vampires manifestent en effet une prédilection pour les plaies préexistantes. Enfin, les anticoagulants peuvent être administrés aux bovins eux-mêmes (THOMSON *et al.*, 1972 ; SAID et FLORES CRESPO, 1991). Dans ce cas, le toxique circule dans le sang des bovins à une dose inoffensive pour ces derniers, mais létale pour le vampire. Même si ces méthodes ont longtemps été considérées comme efficaces et sélectives, il s'avère nécessaire d'effectuer des contrôles supplémentaires d'efficacité et d'innocuité (effet cumulatif des anticoagulants chez certaines espèces nécrophages et prédatrices, degré de contamination directe du milieu, innocuité de l'administration parentérale au veau, innocuité de la consommation régulière par l'homme de viande de bovins traités,...). La lenteur du cycle de reproduction de *Desmodus* (uniparité, longue période de gestation,...) a fait supposer certains que ces méthodes de contrôle étaient performantes. Il faut toutefois souligner qu'à la suite de ces mesures, aucun suivi scientifique de la dynamique de population de *Desmodus* n'a été réalisé. Si une diminution de l'incidence de la rage semble faire suite à l'application de ces mesures de lutte, les mortalités animales et humaines restent encore considérables dans les régions atteintes.

## La vaccination antirabique du vampire

Depuis peu, une nouvelle idée fait son chemin : substituer la vaccination orale à l'intoxication, toujours en tirant profit du comportement social (« toiletages » individuel et mutuel) ou alimentaire de l'espèce.

Le caractère nuisible du vampire, même dans les régions indemnes de rage, a suscité une certaine opposition à cette nouvelle alternative.

L'application à grande échelle de cette méthode est problématique à plusieurs égards et il est clair qu'une élimination complète de la maladie relève de l'utopie. Cependant, la vaccination de colonies situées dans des régions à forte densité de bétail est déjà plus concevable et pourrait diminuer l'incidence de la rage. Les colonies de vampires sont très stables sur le plan spatial sauf lorsque le taux de mortalité est élevé (suite aux opérations d'empoisonnement, par exemple). Une importante mortalité dans une colonie crée en effet un « vide » dans la population et provoque la migration de nouveaux individus qui reconstituent l'effectif initial de la colonie. Ces mouvements de population favorisent d'autant plus la propagation de la rage. A l'inverse des mesures de réduction de

population, la vaccination offrirait donc l'avantage de maintenir la stabilité spatiale des colonies, et par là, de réduire les mouvements de population et le taux de contacts infectieux (LORD, 1988).

Depuis 1992, des recherches portant sur la vaccination antirabique du vampire ont été menées au Mexique. L'efficacité et l'innocuité d'un vaccin recombinant vaccine-rage ont pu être démontrées chez des vampires captifs (Aguilar Setien et al., soumis pour publication).

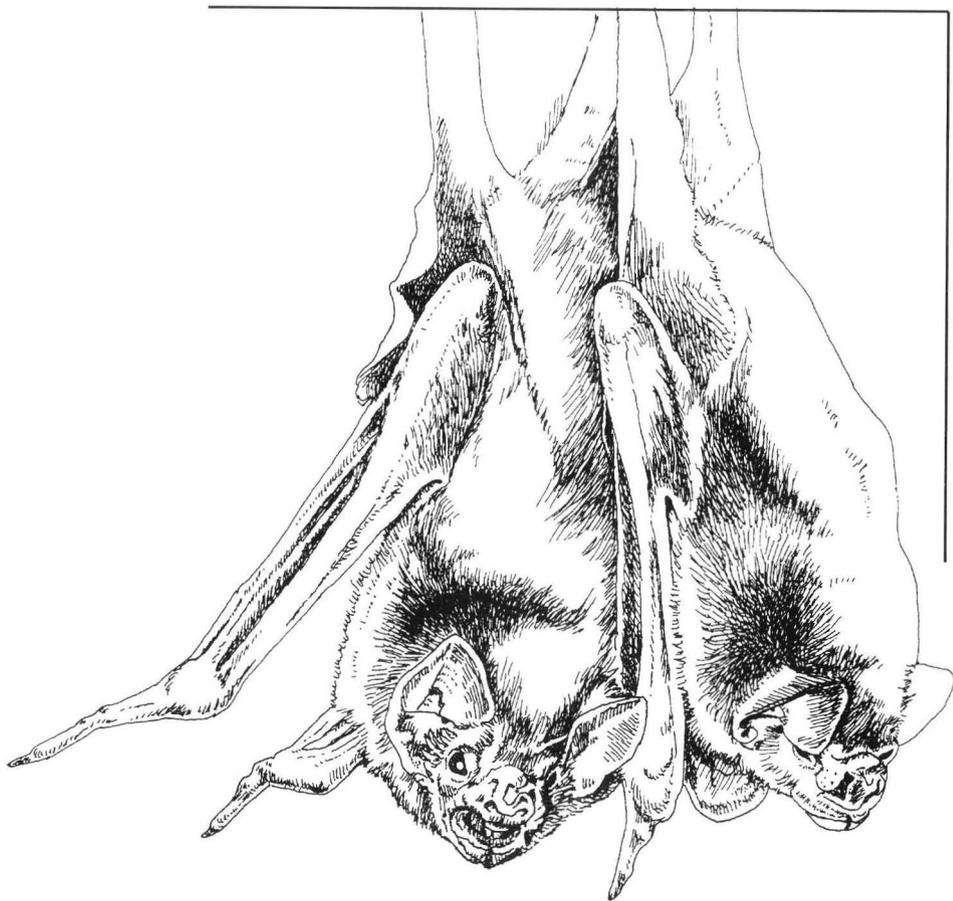
Une protection contre la maladie a notamment pu être obtenue par administration orale de ce vaccin suspendu dans 1 ml de sang défibriné de bovin. Toutefois, il ressort de ces premiers résultats que l'immunité conférée est de courte durée.

## BIBLIOGRAPHIE

- AGUILAR SETIEN A., GARZA RAMOS J. (1989). — La rabia : una enfermedad antigua y un nuevo paradigma. *Ciencia y Desarrollo*, **15** (88) : 33-39.
- ALTENBACH J.S. (1988). — Locomotion. 71-83 in Greenhall A.M. and Schmidt U. : *Natural History of Vampire Bats*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- ARELLANO S.C. (1988). — Vampire bat-transmitted rabies in cattle. *Review of Infectious Diseases*, **10** (S4) : 707-709.
- BAER G.M. (1975). — Bovine paralytic rabies and rabies in the vampire bats. In Baer G.M. : *The Natural History of Rabies*. Academic Press, New York, Vol. II : 155-175.
- BHATNAGAR K.P. (1988). — Anatomy. In Greenhall A.M. and Schmidt U. (Ed.) : *Natural History of Vampire Bats*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida : 41-68.
- BOURHY H., KISSI B., TORDO N. (1993). — Molecular diversity of the *Lyssavirus* genus. *Virology*, **194** : 70-81.
- BURNS R.J. (1970). — Twin Vampire bats born in captivity. *Journal of Mammalogy*, **51** (2) : 391-392.
- CORREA G.P. (1981). — La rabia : manifestaciones clinicas, transmision, prevencion y tratamiento. 103-146 en : Moreno Chan R. (Ed.) : *Ciencia Veterinaria*, Vol. 3. Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico D.F.
- DELPIETRO H.A., ESTEVEZ J.O. (1980). — Observaciones de interes veterinario en el Sumario de la Natural Historia de Indias de Gonzalo Fernandez de Oviedo (1525). Primer tratado sobre la naturaleza de America. *Revista de medicina Veterinaria*, **71** (8) : 254-259.
- FEKADU M. (1993). — Bat rabies : Pathogenesis and vaccine efficacy. 73-106 in : Greenhall A.M., Artois M. and Fekadu M. (Ed.) : *Bats and rabies*. Edition Fondation Marcel Méricux, Lyon.
- FERNANDEZ DE OVIEDO G. (1526). — *Sumario de la natural historia de Indias*. Archivo General de la Nacion, ciudad de Mexico, 225 pp.
- FLAMAND A., DELAGNEAU J.F. (1978). — Transcriptional mapping of rabies virus in vivo. *Journal of Virology*, **28** : 518-523.
- FLAMAND A., RAUX H., GAUDIN Y., RUIGROK R.W.H. (1993). — Mechanism of rabies neutralization. *Virology*, **194** : 302-313.

- FLORES CRESPO R. (1978). — La rabia, los murciélagos y el control de los hematofagos. 37-70 *en* : Moreno Chan R. (Ed.) : *Ciencia Veterinaria, Vol 2*. Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico.
- FLORES CRESPO R. (1991). — Rabia en humanos transmitida por murciélagos vampiros en países de America. *Téc. Pevu. Mex.*, **29** (1) : 25-33.
- FLORES CRESPO R. (1992). — *El mundo de los vampiros*. Cronica de una investigacion. Ed. INIFAP, SARH, PAIPEME, Mexico, 171 pp.
- FLORES CRESPO R., ARELLANO SOTA C. (1991). — Biology and control of the vampire bat. *In* : Baer G.M. (2<sup>nd</sup> Ed.) : *The Natural History of Rabies*. CRC Press, Boca Raton, Florida : 461-476
- FLORES CRESPO R., LINHART S.B., BURNS R.J., MITCHELL C.G. (1972). — Foraging behavior of the common vampire bat related to moonlight. *Journal of Mammalogy*, **53** (2) : 366-368.
- FLORES CRESPO R., SAID F.S., BURNS R.J., MITCHELL G.C. (1974). — Observaciones sobre el comportamiento del vampiro comun (*Desmodus rotundus*) al alimentarse en condiciones naturales. *Tec. Pecu. Mex.*, **27** : 39-45.
- FRASER C.F., HOOPER P.T., LUNT R.A., GOULD A.R., GLEESON L.J., HYATT A.D., RUSSEL G.M., KATTENBELT J.A. (1996). — Encephalitis caused by a Lyssavirus in fruit bats in Australia. *Emerging Infectious Diseases*, **2** (4) : 327-331.
- GARDELL S.J., DUONG L.R., DIEHL R.C., YORK J.D., HARED T.R., REGISTER R.B., JACOBS J.W., DIXON R.A.F., FRIEDMAN P.A. (1989). — Isolation, characterization and c DNA cloning of vampire bat salivary plasminogen activator. *Journal of Biology and Chemistry*, **264** : 17947-17952.
- GREENHALL A.M. (1988). — Feeding behavior. 111-129 *in* Greenhall A.M. and Schmidt U. (Ed.) : *Natural History of Vampire Bats*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- GREENHALL A.M. (1993). — Ecology and bionomics of vampire bats in Latin America. 3-57 *in* : Greenhall A.M., Artois M. and Fekadu M. (Ed.) : *Bats and rabies*. Edition Fondation Marcel Mérieux, Lyon.
- HAWKEY C.M. (1966). — Plasminogen activator in saliva of the vampire bat *Desmodus rotundus*. *Nature*, **211** : 434-436.
- HAWKEY C.M. (1967). — Inhibitor of platelet aggregation present in the saliva of the vampire bat. *British Journal of Haematology*, **13** : 1014- 1024.
- HERNANDEZ B.E. (1976). — La rabia pareasiente bovina. Definicion del problema y metodologia de control. 103-129 *en* : Moreno Chan R. : *Ciencia Veterinaria, Vol 1*. Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Mexico.
- HURST E.W., PAWAN J.L. (1931). — An outbreak of rabies in Trinidad. *Lancet*, **2** : 622-628.
- JOERMANN G. (1984). — Recognition of spatial parameters by echolocation in the vampire bat, *Desmodus rotundus*. *Journal of Comparative Physiology, A.*, **155** : 6775.
- KURTEN L., SCHMIDT U. (1982). — Thermoperception in the common vampire bat *Desmodus rotundus*. *Journal of Comparative Physiology, A.*, **146** : 223-231.
- KURTEN L., SCHMIDT U., SCHAFFER K. (1984). — Warm and cold receptors in the nose of the vampire bat *Desmodus rotundus*. *Naturwissenschaften*, **71** : 327-334.
- LECOCQ J.P., KIENY M.P. (1985). — La biologie moléculaire du virus rabique. *Annales de Médecine Vétérinaire*, **122** : 249-261.

- LINHART S.B., FLORES CRESPO R., MITCHELL C.G. (1972). — Control of vampire bats by topical application of anti coagulant, chlorophacinone. *Bulletin of Pan. America Health Organization.*, **6** : 31-38.
- LORD D.L. (1988). — Control of vampire bats. 215-226 in Greenhall A.M. and Schmidt U. (Ed.) : *Natural History of Vampire Bats*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- MANSKE U., SCHMIDT U. (1976). — Visual acuity of the vampire bat *Desmodus rotundus*, and its dependence upon light intensity. *Z. Tierpsychol.*, **42** : 215-227.
- MITCHELL G.C., BURNS R.J., KOLZ A.L. (1973). — Rastreo del comportamiento nocturno de los murciélagos vampiros por radiotelemetría. *Tec. Pevu. Mex.*, **24** : 47-50.
- MOLINA SOLIS J.F. (1896). — *Historia del descubrimiento y conquista de Yucatan con una reseña de la historia antigua de la península*. Archivo del Estado de Yucatan, Merida Mexico, I-LX + 1-911.
- PAWAN J.L. (1936). — The transmission of paralytic rabies in Trinidad by the vampire bat. *Annales Trop. Med. Parasit.*, **30** : 101 - 130.
- SACRAMENTO D., BOURHY H., TORDO N. (1991). — PCR technique as an alternative method for diagnosis and molecular epidemiology of rabies virus. *Molecular and Cellular Probes*, **6** : 229-240.
- SAID F.S., FLORES CRESPO R. (1991). — Control del vampiro común (*Desmodus rotundus*) con difenadiona aplicada al ganado por vía intramuscular. *Vet. Mex.*, **22** (2) : 165-168.
- SCHMIDT U., GREENHALL A.M., LOPEZ FORMENT W. (1970). — Vampire bat control in Mexico. *Bijdr. Dierk.*, **40** (1) : 74-76.
- THOMPSON R., MITCHELL G.C., BURNS R.J. (1972). — Vampire bat control by systemic treatment of livestock with an anticoagulant. *Science*, **177** : 806-808.
- TORDO N., POCH O., ERMINE A., KEITH G., ROUGEON F. (1986). — Walking along the rabies genome : is the large G-L intergenic region a remnant gene ? *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **83** : 3914 - 3918.
- TORDO N., BADRANE H., BOURHY H., SACRAMENTO D. (1993). — Molecular epidemiology of Lyssaviruses : focus on the glycoprotein and pseudogenes. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, **60** : 315-323.
- TORDO N., KOUZNETZOFF A. (1993). — The rabies virus genome : an overview. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*, **60** : 263-269.
- TORDO N., BOURHY H., SACRAMENTO D. (1995). — PCR technology for *Lyssavirus* diagnosis. 125-145 in J.P. Clewley (Ed.) : *The polymerase chain reaction for human diagnosis*. CRC Press, London.
- VILLA R.B. (1966). — *Los murciélagos de México*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, México D.F., 491 p.
- WIKTOR T., GYORGY E., SCHRUMBERGER H.D., SOKOL F., KOPROWSKI H. (1973). — Antigenic properties of rabies virus components. *Journal of Immunology*, **110** : 269-276.
- WILKINSON G.S. (1984). — Reciprocal food sharing in the vampire bat. *Nature*, **308** : 181.
- WILKINSON G.S. (1988). — Social Organization and Behavior. 85-98 in Greenhall A.M. and Schmidt U. (Ed.) : *Natural History of Vampire Bats*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- WUNNER W.H., CALISHER C.H., DIETZGEN R.G., JACKSON A.O., KITAJIMA E.W., LAFON M.F., LEONG J.C., NICHOL S.T., PETERS D., SMITH J.S., WALKER P.J. (1996). — *Rhabdoviridae*. In : *Classification and Nomenclature of Viruses*. Springer Verlag, New-York, in press.



Dessin A.M. MASSIN d'après photo p. 126 in *L'univers de l'étrange : Etonnants animaux*. Editions Time-Life, Amsterdam, 1991.