

PARTIE 1

COMMENT FONCTIONNE LA VIE SUR TERRE ?

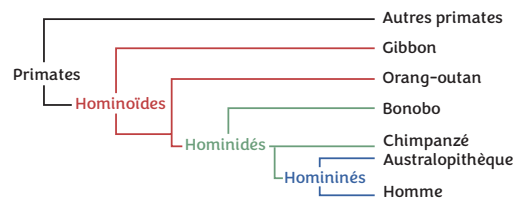
De la naissance de notre planète
à la prise de conscience
de sa destruction par l'humanité





L'évolution particulière d'*Homo sapiens*

L'origine parmi les primates d'*Homo sapiens* est largement reconnue de nos jours, même si certains créationnistes du « design intelligent » contestent encore cette origine... Rappelons aussi que les primates appartiennent aux mammifères. Observons l'histoire évolutive des primates sur le schéma suivant.



L'évolution des primates conduit tout d'abord à l'apparition de la famille des Hominoïdes, puis des Hominidés qui divergent des autres singes (gibbon, puis orang-outan) il y a environ 16 millions d'années. Ensuite, la sous-famille des Homininés (*Australopithecus* et *Homo*) se sépare de celle des chimpanzés et bonobos, il y a environ 7 millions

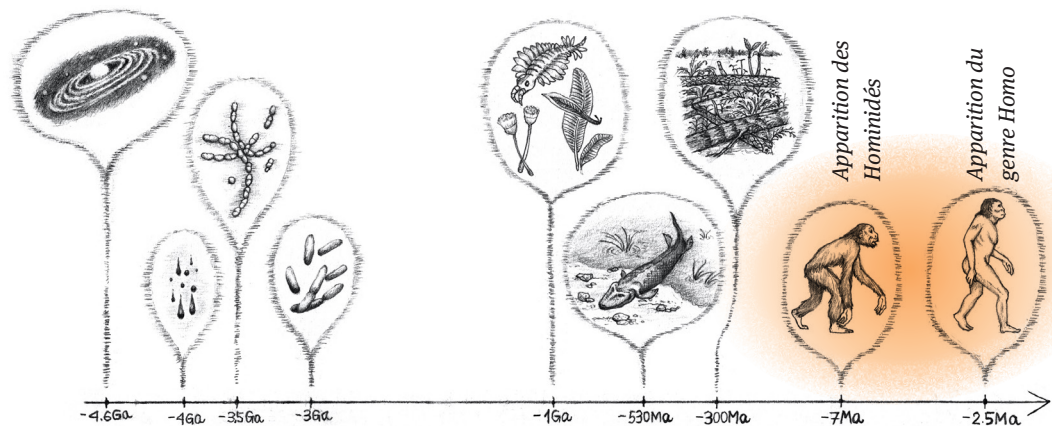
d'années. Cette dernière évolution est datée grâce à la découverte du plus ancien préhumain, Toumaï (*Sahelanthropus tchadensis*), au Tchad en 2001, par l'équipe du paléontologue Michel Brunet. Le genre *Australopithecus* apparaît plus tard, vers -4,2 millions d'années en Afrique de l'Est, où il forme de nombreuses espèces, dont l'australopithèque dénommée Lucy, découverte en Éthiopie et datée de -3,2 millions d'années. Enfin apparaît le genre *Homo* : *Homo habilis*, vers -1,9 millions d'années, fabrique des outils, *Homo erectus*, qui lui succède, se redresse et migre vers l'Europe et l'Asie. On a décrit une quinzaine d'espèces du genre *Homo*, dont l'*Homo* de Neandertal, il y a 500 000 ans et l'*Homo* de Florès à -100 000 ans ; ces deux dernières espèces d'*Homo* ont donc été, à un moment, contemporaines de *Homo sapiens* (voir schéma ci-contre).

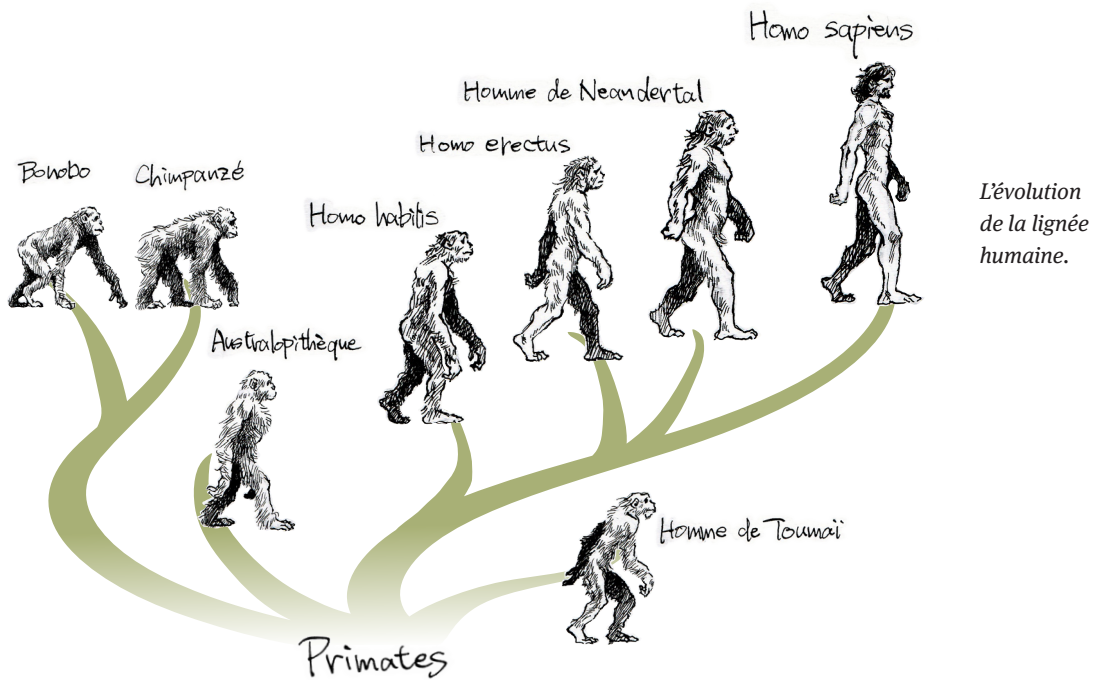
Les succès obtenus par *Homo sapiens* sont principalement dus à l'acquisition de quatre organes essentiels :

- la locomotion bipède a libéré les membres antérieurs, désormais adaptés à des fonctions non locomotrices, avec notamment le développement de la main, une avancée majeure ;
- l'expansion de la boîte crânienne et du volume du cerveau (de 600 cm³ chez *Homo habilis* à 1 350 cm³ en moyenne chez l'Homme moderne), c'est-à-dire de trois à quatre fois celui des chimpanzés ;
- le développement de la vision, notamment de la vision des couleurs ;
- et enfin la possibilité de parler, grâce à l'organe phonateur et au larynx particulièrement élaboré pour communiquer de manière complexe.

L'histoire de *Homo sapiens*

Homo sapiens ou l'« Homme moderne », originaire d'Afrique, occupe au cours de son histoire toute la planète, hormis l'Antarctique. Il est le seul représentant actuel du genre *Homo*. Les plus anciens fossiles connus d'*Homo sapiens* ont été découverts sur le site marocain de Jebel Irhoud et sont datés d'environ -300 000 ans. À partir d'environ -30 000 ans, seul *Homo sapiens* survit après s'être parfois hybridé avec *Homo neandertalensis* – et peut être avec *Homo floresiensis* ? Il s'implante alors en Australie et sur le continent nord, puis sud-américain, en passant par le détroit de Béring, accessible à cette époque froide.





Pour conclure : relativisons notre existence dans ce grand bouillonnement biologique !

Le raccourci évolutif, abordé ici de façon synthétique, a pour but de reconsidérer notre approche du vivant, en apportant des éléments de connaissance et de compréhension sur le cheminement de la vie sur Terre, et notamment de préciser d'où nous venons, pour finalement relativiser notre propre existence... La présence d'*Homo sapiens* sur Terre ne représente presque rien à l'échelle des temps

géologiques : si nous ramenons les 4,6 milliards d'années d'existence de notre planète à un tour de cadran de 60 minutes, la période de -7 millions d'années de l'Homme moderne occupe seulement les 17 dernières secondes ; et l'essentiel de ce que nous appelons de nos jours « notre histoire » correspond au mieux aux trois dernières secondes de cette heure !

L'Homme et ses mains, une réussite évolutive pour la planète ?

La main chez l'Homme est ainsi devenue un organe extrêmement important et capable d'actions multiples. Peu de structures de l'anatomie humaine sont aussi uniques que la main. Cette main est très mobile, grâce à la position des quatre doigts et du pouce. La main doit aussi être coordonnée pour effectuer des tâches de motricité fine. Ces fonctions nécessitent un contrôle neurologique complexe. La main est notamment un organe de préhension, de pronation, de supination, de manipulation des objets..., et elle est également dotée d'une grande sensibilité tactile. La main permet en fait de démultiplier la capacité conceptuelle du cerveau par un travail manuel très varié, associé au développement intellectuel et artistique de l'Homme moderne. Darwin a même écrit à ce sujet que l'Homme n'aurait jamais atteint sa place prépondérante dans le monde sans l'usage de ses mains !

- **La préhension** est la possibilité de saisir des objets avec la main.
- **La pronation** consiste en un mouvement de rotation interne de la main (avec l'aide du coude), qui revient à tourner la paume de la main vers le bas.
- **La supination** est le mouvement inverse de la pronation, qui revient à tourner la paume de la main vers le haut.
- **La manipulation** est l'habileté à tenir et à déplacer des objets dans la main, en utilisant le pouce opposable et les doigts : elle permet par exemple de tenir un crayon ou un outil. C'est une habileté complexe de la motricité fine.

PARTIE 2

QUELLES PERSPECTIVES POUR L'HUMANITÉ ?

Les approches environnementales
à l'aune du développement durable



La gestion des milieux naturels

Comment protéger et gérer durablement les écosystèmes ?



Eucalyptus d'Australie (à gauche) et pins des Landes (à droite) sont des espèces introduites par l'Homme pour peupler des forêts de production.



Mieux comprendre les différents types de forêts

Les forêts anthropiques de boisement ou de reboisement

Les forêts plantées sont gérées dans l'objectif premier de produire du bois industriel. Elles sont ainsi appelées des forêts de production. Ces forêts existent en zones tempérées et froides, mais aussi dans la zone intertropicale. L'ensemble des forêts plantées couvre à ce jour de 7 à 8 % de la superficie forestière totale du monde. Il existe de fait deux types de forêts anthropiques :

- **Les forêts de boisement** : c'est une conversion anthropique directe de terres non forestières depuis au moins dix ans, voire depuis plusieurs siècles, en forêts plantées.

- **Les forêts de reboisement** : le reboisement consiste à recréer des zones boisées ou des forêts qui ont été supprimées par coupe rase (ou « coupe à blanc ») ou détruites par différentes causes (surexploitation, incendie de forêt, surpâturage). Qu'il s'agisse de forêts de boisement ou de reboisement, le fonctionnement écologique procède des mêmes caractéristiques pour la FAO, et pose problème :

- d'une part, les (re)boisements étant constitués d'une ou de quelques espèces d'arbres seulement, la biodiversité spécifique est très faible, d'autant plus que ce sont souvent des espèces introduites, comme les pins de Douglas ;
- d'autre part, ces forêts faisant souvent l'objet de

sélections génétiques (pour satisfaire les techniques forestières productivistes), le fonctionnement de leurs écosystèmes est fortement artificialisé et très simplifié.

Ces forêts sont donc souvent plus fragiles et moins bien adaptées au milieu. Elles sont beaucoup plus sensibles aux feux ou aux parasites de toutes sortes. C'est par exemple le cas de la forêt de pins dans les Landes (voir encadré), des épicéas en zone tempérée, des eucalyptus ou d'autres conifères en zone tropicale... Ces problèmes liés à la conduite et à la gestion des forêts de (re)boisement ont justement conduit à l'établissement de labels de production, nous y reviendrons plus loin (voir p. XXX).

De manière générale, la superficie des forêts anthropiques tempérées des pays industrialisés s'accroît grâce aux efforts de reboisement. En Europe, la superficie des terres forestières et boisées a augmenté de 2 millions d'hectares entre 1980 et 1990. Ces forêts sont le plus souvent coupées régulièrement ; elles sont la plupart du temps replantées ou se régénèrent plus ou moins « naturellement », mais à partir d'espèces non autochtones.

Il faut souligner dès à présent que les forêts anthropiques sont d'une grande utilité pour la production de bois et de tous ses dérivés, indispensables aux besoins de développement de nos sociétés en tant que bois énergie, bois d'œuvre, cellulose, etc. Dans les pays en développement, le bois de feu est utilisé par près de 80 % de la population... Quant à la cellulose, il s'agit d'un important polymère végétal utilisé comme matière première industrielle pour la fabrication du papier ou, après transformation par l'industrie chimique, pour fabriquer des fibres

textiles synthétiques, des fibres de carbone et autres matériaux (cellophane, celluloïd, etc.). En conséquence, **il ne s'agit pas de limiter ces formes de production, mais au contraire d'encourager leur développement dans les zones dégradées des milieux tropicaux ou tempérés**, ce qui ne manque malheureusement pas. L'intérêt majeur de ces forêts de production est de satisfaire des besoins humains en ressources forestières pour ainsi épargner les forêts naturelles.

Les forêts primaires tropicales

Les forêts tropicales primaires se présentent sous de nombreuses formes adaptatives différentes, car la zone intertropicale est très contrastée sur le plan climatique. Ainsi, la forêt tropicale peut être sèche ou humide, en fonction du type de climat et du type de sol. Le climat peut être en effet chaud et humide, ou très sec à désertique. Les régions tropicales couvrent 40 % des terres émergées et abritent au moins 70 % de la biodiversité mondiale. Les forêts tropicales primaires sont principalement composées :

- **de forêts tropicales humides**, voire per-humides (c'est-à-dire avec une pluviométrie annuelle de plus de trois à quatre mètres d'eau par an) sont situées dans les zones équatoriales et intertropicales de tous les continents. La stratification de ces forêts est complexe avec au moins cinq strates ;
- **de forêts humides dites nuageuses**, à plus de 1 500 mètres d'altitude, dans les montagnes tropicales ;

La forêt des Landes : un exemple de forêt anthropique

C'est un massif forestier totalement artificiel, à but de production de bois, conquis pour l'essentiel sur des dunes et marais. Ce massif a une superficie de près d'un million d'hectares, c'est la plus grande forêt artificielle d'Europe occidentale. À l'origine, les pâturages et l'élevage constituaient l'essentiel des activités des populations des Landes. C'est une loi établie par Napoléon III, en 1857, qui mit fin à ces activités pastorales pour lancer un vaste programme de reboisement de la forêt des Landes, obligeant les propriétaires, dont les communes, à accélérer des plantations de pins afin de drainer et assainir la terre landaise. Le pin des Landes (*Pinus pinaster*) est originaire du Bassin méditerranéen-Macaronésie. Il est considéré comme une espèce envahissante dans les pays où il a été introduit (Afrique du Sud, Australie, Chili, etc.). En France, il couvre environ 10 % de la surface boisée. Depuis les années 1960, l'INRA travaille à l'amélioration génétique des conifères et notamment du pin maritime pour obtenir des arbres ayant une meilleure rectitude du tronc et une croissance plus rapide. Cette amélioration génétique a contribué à augmenter la productivité moyenne du massif landais depuis les années 1960. Le rendement a ainsi triplé en 50 ans, passant de 4,8 m³/ha/an en 1960 à 15 m³/ha/an en 2015 avec une rectitude améliorée de 40 %. Les rendements ont également progressé par la fertilisation phosphatée, le contrôle de la végétation adventice et des éclaircies précoces et plus rapprochées.



Photo Dominique Delfino

*Forêt tropicale
humide en
Équateur.
Quelque
53 000 espèces
différentes
d'arbres couvrent
les forêts
tropicales.*

- **de forêts tropicales beaucoup plus sèches**, dites caducifoliées, si le milieu est caractérisé par une saison sèche bien marquée ; la stratification est beaucoup moins marquée (pas plus de trois strates) ;
- **de forêts broussailleuses** (aussi nommées le *bush*). Ce sont des forêts arbustives, à feuilles réduites, et dotées de nombreux piquants. Le *bush* est présent au sud de l'Amérique du Nord, en Afrique du Sud, en Australie et à Madagascar

Les forêts tropicales françaises des départements et territoires d'outre-mer

Ces forêts sont plus particulièrement importantes en Guyane française, où elles couvrent 8 millions d'hectares environ. Elles sont en grande majorité très peu exploitées, donc considérées comme primaires, et sont constituées d'un mélange de très nombreuses espèces : on compte 1 300 espèces d'arbres dans la forêt guyanaise, dont plusieurs centaines par hectare.

principalement. Il se compose uniquement d'une strate arbustive et du sol ;

- **de mangroves** (ou palétuviers). Ces forêts se trouvent dans les régions littorales de la zone intertropicale, où elles supportent la salinité de l'eau de mer (voir encadré p. XXX).

70 % de la biodiversité spécifique mondiale

Les forêts primaires tropicales s'étendent sur plus de 2 000 millions d'hectares. Cela représente 15 % des terres émergées. Les forêts tropicales humides et nua-geuses occupent à elles seules environ 1 200 millions d'hectares, soit 9 % des terres émergées. Ces forêts jouent un rôle majeur dans les cycles de l'eau, du dioxygène et du carbone. **Plus de la moitié des pluies qui tombent sur ces forêts sont provoquées par l'évapotranspiration de leur biomasse végétale. La disparition de ces écosystèmes induit des climats régionaux aussitôt plus arides, pouvant entraîner une diminution de 40 % à 60 % du niveau moyen de la pluviométrie !**

Environ 50 % des forêts tropicales humides et

nuageuses se trouvent sur le continent américain, 30 % en Afrique et 20 % en Asie. Ces forêts sont de véritables « points chauds » de diversité d'espèces végétales et animales – « chauds » est pris dans le sens d'une grande valeur patrimoniale (ou *hot spot* pour les Anglo-Saxons). Les autres types de forêts tropicales couvrent donc au mieux 800 millions d'hectares (forêts sèches et mangroves). N'ayant pas ou peu été affectées par les dernières glaciations, ces forêts sont de très loin les plus riches du monde, au regard de la biodiversité spécifique. Ces forêts primaires représentent ainsi un enjeu majeur dans le domaine de la protection de la biodiversité de notre planète.

Des espèces nombreuses, mais rares et dispersées

En contrepartie de cette riche biodiversité, chaque espèce est très dispersée. Par exemple, dans ces écosystèmes forestiers, ce sont plusieurs dizaines de mètres qui séparent les arbres adultes d'une même espèce, ce qui est totalement l'inverse en forêts primaire tempérées et tempérées froides, où beaucoup moins d'espèces sont représentées mais

les individus sont très fortement densifiés, proches les uns des autres.

Un sol à la fertilité relative

Le sol des forêts tropicales n'est pas particulièrement fertile. Il n'y a pas, comme c'est le cas dans les forêts tempérées, une épaisse couche de feuilles riches en matières organiques et en humus. **En zone tropicale, la matière organique est immédiatement décomposée et recyclée par la végétation, ce qui contribue aussi à un appauvrissement du sol.** Heureusement, la couverture forestière protège assez bien les sols de l'érosion et y maintient une forte humidité – humidité favorable à une grande biodiversité spécifique de la faune du sol. **Mais si le sol se trouve privé de sa couverture forestière, par destruction de la forêt, il subira un rayonnement solaire total, transformant ainsi radicalement les conditions de la faune du sol.** Les processus érosifs seront bouleversés, passant de quelques kilogrammes de terre par hectare, à plusieurs tonnes par hectare.

Troupeau de buffles africains dans une forêt sèche très abîmée du Botswana.



Sous la pression humaine, des forêts anciennes disparaissent, à mesure que les sols sont convertis en terres agricoles ou d'élevage. Il arrive que ces cultures elles-mêmes soient abandonnées et que des forêts y fassent à nouveau leur apparition. Ces forêts secondaires, à régénération naturelle, constituent plus de la moitié des forêts tropicales actuelles. Mais il faut entre six et huit siècles à une forêt secondaire pour revenir à un état proche d'une forêt primaire équilibrée.

Les maladies infectieuses émergentes

Quelle relation avec la perturbation des écosystèmes ?

Préambule : qu'est-ce qu'une maladie infectieuse ?

Une maladie infectieuse est une maladie provoquée par la pénétration dans l'organisme d'un micro-organisme ou d'un agent infectieux (virus, bactéries, champignons, protozoaires, parasites végétaux ou animaux, etc.). Ces maladies, plus ou moins contagieuses, peuvent se transmettre, directement ou indirectement, d'une personne à l'autre. La guérison correspond à un état d'immunité plus ou moins intense et prolongé vis-à-vis de l'agent pathogène. Cette immunité spécifique peut être naturellement acquise, ou provoquée par la vaccination.

Ce sont les découvertes de Pasteur, de Koch et de leurs écoles, dans les années 1880-1990, qui ont ouvert l'époque du grand développement de la bactériologie médicale. En 25 ans, la plupart des agents bactériens des maladies humaines et animales ont été isolés et décrits, et des méthodes de prévention ont été mises au point contre certaines de ces maladies. Les virus, parasites obligatoires des organismes cellulaires vivants, invisibles au microscope optique, ont été identifiés plus tard, à partir des années 1950.

Les maladies infectieuses ont toujours eu une influence importante sur les sociétés humaines et ont même parfois déterminé le cours de plusieurs événements historiques (pestes, choléras...). Mais les cycles d'apparition des pandémies étaient beaucoup plus espacés dans le temps – et la médecine sans réels moyens de lutte. Le terme de maladie infectieuse émergente (MIE) a été établi par l'Organisation mondiale de la santé dans les années 1980, avec l'apparition de nouveaux et

nombreux pathogènes, comme le VIH, Ebola, le SRAS, et maintenant la Covid-19. Le caractère nouveau de la maladie se traduit notamment par un changement d'hôtes.

Quand maladies humaines et animales se rencontrent

Les termes endémie, épidémie et pandémie s'appliquent **aux maladies infectieuses de l'homme**. Leur différence principale réside dans l'ampleur géographique de la maladie, passant de locale à mondiale.

- **Une endémie** caractérise une maladie infectieuse qui se manifeste de façon permanente ou prolongée, donc habituelle, dans une région ou au sein d'une communauté. Le chikungunya et le paludisme, par exemple, sont des endémies.

- **Une épidémie** caractérise une maladie infectieuse qui apparaît brutalement, touche un grand nombre d'individus et se propage dans une région limitée à quelques pays. La grippe saisonnière est un exemple d'épidémie cyclique.

- **Une pandémie** caractérise une épidémie qui touche la population de tout un continent, voire du monde entier. Il y en a eu plusieurs au cours de notre histoire humaine et pendant le XX^e siècle, l'exemple récent est la Covid-19.

Les termes épizootie et zoonoses concernent **les maladies infectieuses des animaux sauvages ou domestiques** et la capacité de transmission de ces maladies à l'homme.

- **Une épizootie** est une maladie qui touche de nombreux animaux sauvages ou domestiques,

appartenant à une espèce ou un groupe d'espèces, dans une région géographique déterminée. La fièvre aphteuse, le charbon du mouton sont des épizooties.

• **Une zoonose** est le résultat d'une épizootie qui évolue vers l'Homme. Il s'agit donc de maladies qui peuvent être transmises de l'animal à l'homme, puis entre humains, et aussi, parfois, à l'inverse, de l'humain à l'animal. La transmission se fait soit directement par voie alimentaire ou lors d'un contact entre un animal et un être humain, soit indirectement par un vecteur intermédiaire (insecte, arachnides). Dans ce dernier cas, les agents biologiques pathogènes se transmettent depuis un réservoir jusqu'à l'hôte potentiel en suivant une chaîne de transmission, qu'il est parfois difficile de retracer.

Les zoonoses, nombreuses, sont classées en fonction de l'agent pathogène qui les caractérise et du mode de transmission. Dans le cas de la grippe aviaire, par exemple, il est arrivé que cette épizootie se transmette à l'homme, devenant ainsi une zoonose (voir encadré p. XXX). Si elle se révèle contagieuse entre les hommes eux-mêmes, elle peut se transformer en une épidémie, voire une pandémie si elle s'étend sur un ou plusieurs continents. La gravité médicale des zoonoses est extrêmement variable : parfois bénignes, elles peuvent aussi être mortelles comme la rage, la tuberculose, les salmonelloses, les encéphalites virales... L'importance sanitaire des zoonoses ne cesse de croître et environ 75 % des maladies humaines émergentes sont zoonotiques.

La rage revient en France à la fin des années 1980, propagée par un hôte intermédiaire : le renard.



Pourquoi le renard ? Cet animal est très réceptif à la maladie qui agit sur ses glandes salivaires avec une grande virulence. Il est aussi un excellent vecteur car il se déplace beaucoup et disperse le virus sur de grandes distances. Cette épidémie est à l'origine d'un véritable roman noir dans l'est de la France, particulièrement touché, qui adopte une méthode d'élimination de la population des renards à tout-va (chasse au fusil, pièges, fumée asphyxiante, etc.). Cette stratégie catastrophique pour l'équilibre des écosystèmes sera heureusement stoppée avec la découverte du vaccin, dissimulé dans des appâts alimentaires à l'intention des renards. Aujourd'hui, les populations de renards sont largement revenues au niveau normal. Rappelons qu'ils jouent un rôle écologique de prédation très important chez nous.

minique Delfino