

Le parasitisme: le plus vieux métier du monde ? ou les progrès de la paléo-parasitologie

Bernard Vray

Laboratoire d'Immunologie Expérimentale (CP 615), Faculté de Médecine,
Université Libre de Bruxelles, 808 route de Lennik, 1070 Bruxelles, Belgique.
Tel. 32 (0) 2 555 62 60,
Fax 32 (0) 2 555 63 60
e-mail: bvray@ulb.ac.be

1. Introduction

- 1.1. La Terre, la vie et l'émergence de l'homme : chronologie
- 1.2. Qu'est ce qu'un parasite ?
- 1.3. Marc Armand Ruffer : père fondateur de la paléoparasitologie

2. Les schistosomiasis

- 2.1. Répartition géographique et cycle biologique des schistosomes
- 2.2. Le transfert de *S. mansoni* d'Afrique vers l'Amérique du Sud par le trafic des esclaves
- 2.3. L'hématurie d'Égypte à l'époque pharaonique (*Schistosoma haematobium*)
- 2.4. Une aristocrate Chinoise (*Schistosoma japonicum*)

3. Les trypanosomiasis

- 3.1. La maladie de Chagas
- 3.2. Les momies chiliennes
- 3.3. La maladie du sommeil
- 3.4. Origine et divergence des trypanosomes
- 3.5. Un modèle mathématique de la maladie du sommeil
- 3.6. Les zèbres : pourquoi sont-ils rayés ?

4. Les leishmanioses

5. Les poux

6. Autres exemples d'études de paléoparasitologie

- 6.1. La paléoparasitologie au Grand Louvre
- 6.2. Ötzi, l'homme congelé de Similaun ou la momie de Hauslajoch
- 6.3. L'ours de la Caune de l'Arago (Tautavel, Pyrénées-Orientales)
- 6.4. La paléoparasitologie au secours des hypothèses sur l'origine des peuplements humains en Amérique du Sud

7. Le fil d'Avicenne: pour terminer sur une note d'espoir

8. Conclusions

9. Références

1. Introduction

1.1. La Terre, la vie et l'émergence de l'homme : chronologie

La planète Terre s'est formée il y a environ 4,5 milliards d'années et la vie serait apparue il y a environ 3,5 milliards d'années au moins (Mojzsis, Arrhenius et al., 1996). On a retrouvé des formes fossiles de vie (Stromatolithes) datant de cette époque. Rapportées sur une échelle de notre calendrier actuel, la terre et la vie seraient apparues respectivement le 1^{er} janvier et en avril. Un premier type cellulaire (progénote), mal connu, aurait donné naissance à une cellule ancestrale. De cette cellule dériveraient alors des cellules simples (archéobactéries et eubactéries). Il s'agit d'unicellulaires procaryotes dont l'information génétique, stockée sous forme d'ADN, n'est pas contenue dans un compartiment défini. Parallèlement, des protoeucaryotes, unicellulaires caractérisés par un noyau contenant l'ADN, se sont progressivement développés (de Duve, 1996; Margulis, 1996). Les unicellulaires eucaryotes sont à l'origine de la formation d'organismes pluricellulaires, c'est-à-dire les plantes et les animaux. L'émergence de l'homme s'étend sur une période relativement courte (elle débiterait, selon notre calendrier, seulement le 31 décembre après-midi. Cette période représente quand même au moins 3 millions d'années. Il est important de se rappeler cette chronologie car elle permet de mieux comprendre que les phénomènes parasitaires que nous allons évoquer ont pu se développer et s'établir sur une période de temps considérable. Elle nous aidera aussi à répondre à la question posée dans le titre.

1.2. Qu'est-ce qu'un parasite ?

Un parasite est un être vivant aux dépens d'un autre être vivant appelé hôte. Il vit en ou sur lui et, selon le cas, c'est un endo- ou un ectoparasite. Le parasite dérive d'une forme vivant librement et qui a évolué vers un mode de vie caractérisé par l'exploitation d'un autre organisme vivant. Généralement, les fonctions parasitaires sont limitées à l'alimentation et à la reproduction. Face à cette agression parasitaire, la réponse immunitaire de l'hôte n'est pas capable d'éliminer le parasite. Elle peut tout au plus limiter son expansion. En effet, le parasite déjoue les mécanismes immunitaires parfois très sophistiqués de l'hôte pour se maintenir suffisamment longtemps et accomplir son cycle biologique tout en jouissant d'une source abondante de nourriture. Cette adaptation réciproque de l'un à l'autre fait que le parasitisme n'est pas nécessairement un mode de vie destructeur pour l'hôte. Un équilibre peut s'établir et le parasite peut persister longtemps. En effet, une faible action pathogène permet de ne pas tuer l'hôte et donc d'éviter une forme de suicide du parasite.

Le parasitisme peut aussi évoluer vers la symbiose c'est-à-dire un échange de services entre le parasite (ou symbiote) et son hôte (Vray B., 1998). Il semble acquis que des protoeucaryotes sont à l'origine d'une cellule-hôte, capable d'incorporer par phagocytose des eubactéries qu'il convient alors d'appeler des endosymbiotes. En effet, des organelles telles que les mitochondries et les chloroplastes contiennent des gènes sans relation avec ceux du noyau de cellules eucaryotes mais similaires à ceux trouvés dans certaines bactéries. En échange d'un abri intracellulaire, les endosymbiotes apportent deux fonctions importantes à la cellule-hôte : la respiration et la photosynthèse (de Duve, 1996; Margulis, 1996). Donc, les eucaryotes n'ont pas dû « réinventer » ces deux fonctions par essais et erreurs.

1.3. Marc Armand Ruffer : père fondateur de la paléoparasitologie

Marc Armand Ruffer (1859-1917) était un bactériologiste originaire de Lyon. Suite à un accident de laboratoire¹, il s'expatria en Egypte pour tâcher de guérir. Là, il devint directeur de l'Institut Egyptien de bactériologie. En 1909, il découvrit des œufs de *Schistosoma haematobium* dans les reins de momies de la XXème dynastie (1.250-100 av. J.C.). On peut le considérer comme le fondateur de la paléopathologie. Cette science s'occupe d'étudier entre autres les maladies parasitaires (paléoparasitologie) au cours de l'histoire de l'humanité. Généralement peu ou mal décrites, elles sont donc difficiles à identifier. Cependant, elles ont clairement existé depuis l'aube des temps puisqu'on en a retrouvé des traces dans toutes les civilisations (Grmek, 1994; Hoeppli, 1972; Hoeppli, 1973). Enfin, les techniques actuelles permettent d'amplifier des séquences d'ADN datant de plusieurs milliers d'années par PCR (polymérase chain reaction). Les analyses et les comparaisons des séquences d'ADN mitochondrial et nucléaire relancent les études de paléoparasitologie (Jouy-Avantin and Moné H., 2000; Araujo and Ferreira, 2000).

2. Les Schistosomiasis

2.1. Origine, distribution géographique et cycle biologique des schistosomes

Les schistosomes sont des vers parasites à sexe séparé dont le cycle biologique s'accomplit dans un hôte vertébré et un mollusque vecteur. Trois espèces importantes intéressent plus particulièrement l'homme : en Asie : *Schistosoma japonicum*, ; en Afrique : *S. haematobium* et *S. mansoni* et en Amérique du Sud : *S. mansoni*. La femelle pond des œufs minuscules. Après une phase de multiplication dans un mollusque aquatique, des cercaires infectantes sont libérées et envahissent les personnes en contact avec l'eau contaminée (pêcheurs, nageurs...).

2.2. Le transfert de *S. mansoni* d'Afrique vers l'Amérique du Sud par le trafic des esclaves

En Afrique, il existe deux lignées de schistosomes. L'une avec les œufs portant un éperon latéral (*S. mansoni*, agent de la schistosomiase intestinale), ayant évolué chez les rongeurs et dont le vecteur est un mollusque du genre *Biomphalaria*. L'autre est caractérisée par un œuf muni d'un éperon terminal (*S. haematobium*, agent de la schistosomiase urinaire), ayant évolué chez les ongulés et dont le vecteur est un mollusque du genre *Bulinus*.

Les analyses des séquences des génomes nucléaire et mitochondrial indiquent l'existence d'un ancêtre commun avec une divergence vers les espèces parasites de l'homme et les espèces parasites des animaux il y a deux millions d'années, à la période d'émergence des hominidés. *S. mansoni* aurait été exporté d'Afrique vers l'Amérique du Sud via le trafic des esclaves noirs et aurait pu s'y implanter grâce à la présence de *Biomphalaria* déjà présent sur le continent sud-américain. *S. Haematobium* a probablement aussi été exporté, mais il n'a pu s'implanter faute d'y trouver des *Bulinus* (Combes C., 1005).

En ce qui concerne le peuplement de l'Afrique et de l'Amérique du Sud par les mollusques du genre *Biomphalaria*, une étude récente indique qu'une forme ancestrale de *Biomphalaria* aurait donné naissance à *B. glabrata* en Amérique du Sud. Au Pliocène-Pléistocène (il y a 1,8 – 3,6 millions d'années), la forme ancestrale aurait gagné l'Afrique. Ceci aurait pu se produire à la faveur de passages trans-atlantiques d'Ouest en Est par les masses gélatineuses d'œufs adhérant aux pattes et aux plumes

¹ Il s'était inoculé du sérum anti-diptérique à Paris, dans le cadre d'auto-expériences et était tombé malade.

d'oiseaux qui traversent l'océan et par des mollusques adultes accrochés à des débris végétaux. Les espèces africaines de *B. alexandrina*, *B. sudanica* et *B. pfeifferi* dériveraient de la forme américaine et dateraient du Pléistocène (Campbell, Jones et al., 2000). De nouvelles recherches sont indispensables pour confirmer cette hypothèse. En effet, à ce jour, on n'a pas retrouvé de coprolithes sud américains contenant des oeufs de *S. mansoni*. Des résultats négatifs en paléoparasitologie doivent être considérés avec précaution, d'autant qu'on n'a pas non plus retrouvé de traces anciennes de *S. mansoni* en Europe et en Afrique (Araujo and Ferreira, 1997).

2.3. *Schistosoma haematobium*

L'hématurie d'Égypte est caractérisée par des urines teintées de sang. Cette parasitose, due à *S. haematobium*, n'est pas clairement évoquée dans les papyrus médicaux de l'époque pharaonique (Vray B., 1993). Pourtant, la preuve irréfutable de l'existence de l'hématurie d'Égypte a été apportée par M.-A. Ruffer (Ruffer M.A., 1910) qui a retrouvé des amas d'oeufs de *S. haematobium* calcifiés dans les voies urinaires d'une momie de la XX^{ème} dynastie (1100 av. J.C.). Plus récemment, d'autres auteurs ont également confirmé la présence d'antigènes de schistosome dans des cadavres desséchés retrouvés en Haute Égypte, 3.200 ans av. J.C., et aux IV^{ème} et VI^{ème} siècles ap. J.C., (Deelder, Miller et al., 1990 ; Miller, Armelagos et al., 1992; Contis G., 1996)

2.4. *Schistosoma japonicum*

Des oeufs de *S. japonicum* ont été retrouvés dans les intestins d'une Chinoise décédée 200 ans av. J.C. et dont le cadavre est remarquablement conservé (Hall A.J., 1974; Wei, 1973)

3. Les trypanosomiasés

3.1. La maladie de Chagas

Les trypanosomes, agents des trypanosomiasés, sont des organismes unicellulaires flagellés appartenant au vaste et très ancien phylum des Mastigophora. En Amérique du Sud, *Trypanosoma cruzi* parasite l'homme et de nombreux mammifères, y compris des chauves-souris et même des marsupiaux. Connue sous le nom de maladie de Chagas, cette parasitose est transmise par les fèces d'une punaise hématophage. Cette maladie sévit toujours en Amérique latine où elle constitue un grave problème de santé publique (Schofield and Dias, 1999). Dans sa phase chronique, elle provoque notamment des cardiomyopathies et des mégacolons caractéristiques.

3.2. Les momies chiliennes

On pense généralement que les hommes arrivant sur le continent sud-américain ont été en contact avec des foyers naturels d'infection et qu'ils auraient été infectés comme l'étaient déjà d'autres mammifères. A la suite d'un processus d'adaptation et de domiciliation aux habitations humaines, les vecteurs (des punaises hématophages de la famille des Réduvidae) avaient un accès direct à une nourriture abondante et à un abri vis-à-vis des prédateurs et des intempéries. Des mégacolons caractéristiques des patients chagasiques en phase chronique ont été retrouvés au Chili dans des momies datant d'une époque comprise entre 470 av. J.C. et 600 ap. J.C (Rothhammer, Allison et al., 1985). Plus récemment, grâce à la technique de PCR, de l'ADN du *T. cruzi* a été détecté dans des momies humaines pré-hispaniques vieilles de plus de 4.000 ans et trouvées au Nord du Chili. Cette région est habitée depuis au moins 7.000 ans par des

chasseurs, des pêcheurs et de cueilleurs. Les spécimens étudiés appartiennent à la culture Chinchorro, un peuple qui habitait une zone maintenant occupée par la ville d'Arica. C'étaient essentiellement des pêcheurs avec une religion complexe comprenant la préservation de leurs morts sous forme de corps momifiés. Cette momification était rendue possible par les conditions d'extrême sécheresse du désert. Ces momies Chinchorro sont peut-être les plus anciens corps conservés à ce jour (Guhl, Jaramillo et al., 1999; Guhl, Jaramillo et al., 2000).

3.3. La maladie du sommeil

D'autres trypanosomes parasites existent aussi en Afrique. *Trypanosoma brucei brucei* parasite les animaux sauvages et domestiques. C'est l'agent de « la nagana » qui constitue une entrave importante à l'élevage des bovins. *T. b. brucei* aurait donné naissance aux deux sous-espèces qui infectent l'homme : *Trypanosoma brucei gambiense*, agent de la forme chronique de la maladie du sommeil. Le vecteur est la *Glossina palpalis* (mouche tsé-tsé), espèce des forêts et des forêts-galeries caractérisées par de l'ombre, de l'humidité, et une température peu élevée mais constante. *T. b. rhodesiense* agent de la forme aiguë de la maladie du sommeil dont le vecteur est *Glossina morsitans* une espèce vivant en savane et supportant une lumière vive, la sécheresse et des écarts de températures importants.

La maladie du sommeil existe probablement depuis un million d'années (Lambrecht F.L., 1967). Elle est mentionnée dans des chroniques arabes datant du XV^{ème} siècle (Meyerhof M., 1941) et de nombreux rapports la mentionnent en Afrique de l'Ouest à la fin du XIX^{ème} siècle (Duggan A.J., 1962). Au XIX^{ème} siècle et au début du XX^{ème} siècle, des épidémies ont décimé les populations d'Afrique centrale (Ollivier and Legros, 2001). Le Dr. Eugène Jamot, un médecin militaire français (1870-1937), a, le premier, jeté les bases de la lutte contre cette terrible maladie au Cameroun, dans les années 1920-1930. Un dépistage systématique, une application stricte de la chimiothérapie disponible, la formation d'équipes mobiles de médecins, d'infirmiers et de techniciens ont permis d'enrayer l'extension du fléau. En nette régression jusqu'aux années 1960, la maladie a cependant repris de l'extension suite à l'abandon des mesures préventives lors des divers conflits survenus en Afrique centrale et l'apparition de souches résistantes aux médicaments {Wéry 1995 830 /id}(Ollivier and Legros, 2001). La maladie du sommeil est en pleine recrudescence en Afrique centrale, notamment par la réactivation de nombreux foyers historiques.

Charles Darwin (1809-1882) obtint une position de naturaliste sur le bateau « HMS Beagle » lors de l'expédition en Patagonie (1831-1836). Il visita ainsi Ténériffe, le Brésil, Montévideo, la Terre de Feu, Buenos Aires, Valparaiso, le Chili, les Galapagos, Tahiti, la nouvelle Zélande et la Tasmanie. Il publia *The Origin of Species by Means of Natural Selection* en 1859. On pense qu'il serait décédé de la maladie de Chagas à la suite d'une infection qu'il aurait contractée lors de ce voyage, mais cela n'est pas prouvé (Desmond A. and Moore J., 1991). Notons qu'Alfred Russel Wallace avait rédigé un mémoire sur l'Archipel malais qui contenait déjà les principes de sa propre théorie de l'évolution. Ce mémoire est remarquable à plusieurs points de vue : il a été écrit à l'époque pré-darwinienne, il met en évidence la maladie comme facteur de sélection et il présume que des maladies ont pu influencer l'émergence de l'espèce humaine en Afrique Centrale et cela bien avant la découverte de fossiles préhominiens. Les parasitoses transmises par un vecteur (notamment la trypanosomiase) ont dû jouer un rôle considérable dans la dispersion de l'espèce humaine en Afrique car la glossine peut assurer une large dissémination du parasite et elle permet sa survie même en l'absence prolongée de l'homme grâce à la présence d'un vaste réservoir animal.

3.4. Origine et divergence des trypanosomes

Les protozoaires flagellés sont parmi les plus anciens groupes apparus sur terre. Grâce à la biologie moléculaire, on pense qu'il existe un ancêtre commun à deux grands groupes de trypanosomes. Le clade² *T. brucei* regrouperait toutes les espèces de trypanosomes à transmission salivaire (par les glossines ou mouches tsé-tsé) qu'on trouve en Afrique. Le clade *T. cruzi* regrouperait d'autres trypanosomes qui infectent les mammifères dont les chauves souris et les marsupiaux comme les opossums (*Didelphis marsupialis*). L'émergence d'un ancêtre commun aurait eu lieu dans un "super-continent" comprenant l'Afrique, l'Amérique du sud, l'Antarctique et l'Australie. L'apparition de ces deux clades serait survenue quand le continent africain s'est séparé des autres continents, il y a approximativement 100 millions d'années (Stevens, Noyes et al., 2001).

Récemment, Beschin (Beschin, Bilej et al., 1999) a isolé une protéine appelée CCF (pour Cytolytic Coelomic Factor) dans le liquide coelomique du ver de terre *Eisenia fetida*. Cette protéine se lie à différentes molécules présentes à la surface des bactéries ou des levures. Chez *E. fetida*, cette liaison active une cascade enzymatique qui aboutit à la formation notamment de la mélanine et qui possède des activités antimicrobiennes et cytotoxiques.

Le CCF partage également des similarités fonctionnelles avec une cytokine de mammifère, le facteur de nécrose tumorale (TNF), basée sur une même activité de type lectine, qui lui permet entre autres de lyser certaines cellules tumorales. Nous avons aussi montré que le CCF est capable lyser deux trypanosomes : *T. cruzi* et *T. brucei*. En dépit de cette très ancienne divergence entre trypanosomes, deux protéines sans rapport l'une avec l'autre (CCF et TNF) exercent un effet cytolytique similaire. Nos données renforcent l'hypothèse de l'émergence de deux clades de trypanosomes à partir d'un ancêtre commun (Olivares Fontt E., Beschin A. et al., 2001).

3.5. Un modèle biomathématique de la maladie du sommeil

La lutte contre la maladie du sommeil est un problème complexe. Le diagnostic de la maladie est difficile (faux positifs, faux négatifs, ...). Les médicaments existants sont peu nombreux et leur toxicité impose une utilisation sous contrôle médical. En outre, le peu d'intérêt des firmes pharmaceutiques pour la recherche de nouveaux médicaments plus efficaces et moins toxiques ne permet pas d'espérer une quelconque amélioration de la situation actuelle (Ollivier and Legros, 2001).

Après l'échec des déboisements et des insecticides, la lutte contre le vecteur se limite au piégeage. Dans ces conditions difficiles de lutte anti-parasitaire, la modélisation mathématique permet de faire des choix stratégiques. Pour réduire la transmission de la maladie, il faut soit réduire la moyenne de vie des populations de mouches tsé-tsé à moins de 15 jours, soit réaliser un taux de dépistage de la maladie chez les humains supérieur à 12 %. S'il est possible d'atteindre ce taux de 12 %, la lutte antivectorielle ne s'impose pas. Cette aide à la décision est particulièrement importante dans les pays où sévit la maladie du sommeil et qui possèdent des ressources financières très limitées (Gouteux and Artzrouni, 2000; Gouteux J.P., Artzrouni M. et al., 2000).

3.6. Les zèbres : pourquoi sont-ils rayés ?

Les zèbres dérivent des chevaux arrivés par l'Afrique du Nord. Ils ont progressivement envahi le continent africain et atteint l'extrémité sud. Parmi tous les

² Un clade est un grand groupe de plantes ou d'animaux caractérisé par une origine évolutive probablement commune.

équidés connus, seuls les zèbres sont rayés. Comment expliquer l'acquisition de leur pelage rayé ? Parmi les nombreuses hypothèses proposées à ce jour, des rayures servant de camouflage vis-à-vis des prédateurs comme les lions, soutenue par certains auteurs, est difficile à admettre (Duncan P., 1998; Morris D., 1990). Une hypothèse intéressante, émise par Waage (Waage J.K., 1981) et reprise par Reichholf et par Combes (Reichholf J.H., 1991; Combes C., 1995), repose sur les observations suivantes. L'acquisition des rayures s'est produite uniquement en Afrique. Elle ne constitue pas un caractère importé puisque les autres chevaux n'ont jamais de rayures même s'ils vivent dans des zones climatiques semblables mais situées sur d'autres continents. On a identifié la présence de trypanosomes dans le sang de tous les animaux sauvages (lions, antilopes, gazelles, éléphants...) sauf chez les zèbres ! Enfin, l'inoculation de trypanosomes aux zèbres est mortelle dans 90 % des cas. Cette forte mortalité indique donc que ces animaux sont sensibles au trypanosome et qu'ils ne sont pas du tout immunisés contre lui. Pour Waage, les rayures dissimulent les zèbres aux yeux des glossines. Lors de l'arrivée des chevaux en Afrique centrale, beaucoup d'entre eux furent éliminés par le trypanosome. On peut donc penser que les rares survivants bénéficièrent d'un avantage sélectif décisif en sélectionnant l'apparition de rayures. Les zones de répartition des zèbres et des glossines coïncident d'ailleurs parfaitement. En effet, les glossines chassent à vue. Elles se lancent contre les objets sombres qui se déplacent lentement sur un fond clair. Par contre, des rayures noires et blanches ne seraient pas visibles pour elles. Les rayures auraient donc été acquises et elles se maintiendraient avec beaucoup de constance à cause de la forte pression sélective exercée par les glossines. Dès que cette pression sélective diminue, les rayures régressent sans disparaître totalement car elles ont acquis aussi un rôle dans le comportement social que l'on observe chez les zèbres d'Afrique du Sud,

Les glossines se sont d'abord développées avec la formation des grandes zones herbeuses et parallèlement à la formation des troupeaux de ruminants. Au cours de millions d'années, les ruminants se sont adaptés à la mouche tsé-tsé et au trypanosome. L'immunité acquise par les ruminants africains vis-à-vis des trypanosomes découle d'une longue histoire commune et donc d'une coévolution. Par contre, les chevaux n'atteignirent l'Afrique qu'à l'ère glaciaire, il y a moins de deux millions d'années. Cela fait moins du dixième du temps dont disposèrent les ruminants pour parvenir à un équilibre immunitaire avec les trypanosomes. Le développement d'un camouflage particulier est une solution économique, relativement rapide, sans transformation profonde du métabolisme interne et conduisant à une réduction significative et tolérable du taux de contamination (Reichholf J.H., 1991).

4. Les leishmanioses

Les *Leishmania* sont des protozoaires parasites proches des trypanosomes. Il en existe de nombreuses espèces et sous-espèces responsables de leishmanioses cutanées, cutanéomuqueuses et viscérales. Les vecteurs sont des petits diptères hématophages (*Phlebotoma*, *Lutzomia*). Sur des statuettes précolombiennes, retrouvées au Pérou, on observe la reproduction de lésions de la bouche et du nez qui font penser à une leishmaniose cutanéomuqueuse (civilisation Moshé) (Schreiber W. and Mathys F.K., 1987).

Classiquement, les espèces se répartissent entre l'Ancien et le Nouveau Monde. Comme les espèces de *Leishmania* de l'Ancien Monde constituent au plus deux clades, on pense que des vecteurs auraient rejoint l'Asie, au départ de l'Amérique du Sud *via* le détroit de Béring quand l'isotherme de température a été suffisamment élevé (20°C) et pendant un temps suffisamment long (50 jours) pour permettre cette migration. Ceci n'a

pu se faire qu'au Miocène moyen (il y a 26 à 13 millions d'années) ou, au plus tôt, à la limite Eocène/Oligocène (il y a 37 millions d'années). Cette date est attestée par le passage des rongeurs caviomorphes (cobayes, chinchilas et porc-épic d'Europe) de l'Ancien vers le Nouveau Monde.

Le CCF-1 (voir § 3.4) ne lyse pas différentes espèces de *Leishmania* (*L. (L.) donovani*, *L. (L.) infantum* et *L. (L.) major* et l'espèce *Phytomonas characia*. Ceci indique 1) une reconnaissance spécifique de *T. b. brucei* et *T. cruzi* par les molécules de défense *d'E. fetida* et 2) confirme une distance phylogénétique entre les genres *Leishmania* et *Phytomonas* d'une part et le genre *Trypanosoma* d'autre part.

5. Les poux

Il existe trois espèces de poux : le pou de la tête (*Pediculus humanus capitis*), le pou du corps (*P. h. humanus*) et le pou du pubis (*Phthirus pubis*). Seul *P. h. humanus* peut être vecteur de maladies comme le typhus exanthématique historique dû à une bactérie (*Rickettsia prowasecki*). L'« ancêtre » des poux qui parasitent surtout la tête de nos enfants serait l'espèce qui parasitait déjà les grands primates. *P. schaeffi*, le pou actuel des chimpanzés notamment est très proche des poux parasites de l'homme.

Des peignes à poux datant de toutes les époques ont été découverts. Ils témoignent d'une existence très ancienne de ces ectoparasites. Ils sont caractérisés par des dents suffisamment rapprochées pour éliminer les poux adultes et leurs lentes de la coiffure par peignage. Ensuite, ils sont écrasés entre les ongles ou les dents. Les peignes les plus anciens remontent à 12.000 ans avant JC. Il est même probable que l'utilisation de ces peignes remonte à plus de 30.000 ans, avant le passage de l'homme de l'Ancien Monde vers le Nouveau, en passant par le détroit de Béring. Des peignes à poux étaient déjà utilisés par les Amerindiens bien avant l'arrivée des Conquistadores (Doby J.-M, 1998 ; Doby J.-M, 1999)

Un œuf (ou lente) de pou a été identifié sur un cheveu humain vieux de plus de 10.000 ans et découvert dans un site archéologique du Nord Est du Brésil. C'est à la fois la plus ancienne trace de ce type d'ectoparasite en Amérique du Sud mais aussi l'indication que les poux ont probablement été importés par les premiers hommes arrivant sur ce continent (Araujo, Ferreira et al., 2000). Des peignes à poux datés du Ier siècle av J.C et jusqu'au VIII siècle après JC ont aussi été découverts en Israël, près de la Mer Morte (Mumcuoglu and Zias, 1988).

Les poux étaient aussi signalés dans la Grèce antique dès le VIIème siècle avant JC (Keil H., 1951). Lors de la guerre du Péloponnèse (à partir de 431 avant JC) opposant Athènes et ses alliés à la ligue de Sparte, Thucydide décrit avec une grande précision l'épidémie qui dévasta Athènes à partir de l'été 430. Périclès, conscient de la grande supériorité sur terre des troupes lacédémoniennes, laisse entrer dans la ville la population des campagnes et des petites villes de l'Attique, pour qu'elle puisse se mettre à l'abri mais ceci crée une forte surpopulation. Il est évidemment difficile de déterminer avec certitude l'agent étiologique de cette épidémie. Cependant, sur base de la description précise donnée par Thucydide, il semble raisonnable d'évoquer une fièvre récurrente due à une bactérie (*Borrelia recurrentis*) transmise par les poux du corps. L'absence de description de l'éruption maculo-papuleuse et de troubles psychiques et neurologiques aboutissant au coma semblent exclure un typhus exanthématique (Mariel and Alexandre, 1997).

Suite à l'éruption du Vésuve le 24 août 79 avant JC, de nombreux habitants de Pompéi, d'Herculanum et des villages environnants ont été ensevelis. Leurs cadavres, très bien préservés, ont été retrouvés au cours de fouilles récentes. En particulier, on a retrouvé à Herculanum le corps d'une jeune femme de 25 ans, enceinte de 8 mois, et

dont les cheveux sont particulièrement bien préservés. L'examen au microscope a indiqué la présence d'une lente de pou, confirmant les textes anciens indiquant que les poux étaient communs dans l'antique Rome (Capasso and Di Tota, 1998).

Enfin, chez des momies d'Esquimaux datant du XV^{ème} siècle et retrouvées au Groenland, on a retrouvé des poux sur les cheveux mais aussi dans les matières fécales, ce qui confirme les dires des premiers explorateurs qui ont rapporté que les Esquimaux de l'époque mangeaient les poux et trouvaient cela délicieux (Hart Hansen, 1976).

L'ensemble de ces données permet de penser que des insectes vivant librement se sont progressivement adaptés à la vie parasitaire d'abord chez des primates puis ils se sont adaptés à l'homme, accompagnant celui-ci dans ses migrations à travers le monde.

6. Autres exemples d'études de paléoparasitologie

6.1. La paléoparasitologie au Grand Louvre

Suite aux travaux réalisés pour l'érection des pyramides du Musée du Louvre à Paris, on a découvert divers œufs de vers parasites qui indiquent l'existence d'une basse cour dans la Cour Napoléon (œufs de *Metastrongylus*, de *Trichuris* et d'*Ascarididae*) et d'un chenil place du Carrousel (œufs de *Trichuris sp.* et *Toxocara sp.*). On a aussi retrouvé la fosse d'aisances du manoir de Pierre des Essarts et on a identifié des œufs de *Fasciola hepatica*, de *Trichuris sp.* et d'*Ascaris sp.* Ces œufs indiquent surtout un manque évident d'hygiène alimentaire à l'intérieur du confortable manoir de Pierre des Essarts (1360-1413)³ {Bouchet F. 1995 781 /id}{Bouchet 1995 33 /id}.

6.2 Ötzi, l'homme congelé de Similaun ou la momie de Hauslajoch

Le cadavre d'un homme, exceptionnellement bien conservé, fut découvert en 1991 dans le massif Ötztal des Alpes autrichiennes (Tyrol), à 3.200 m d'altitude, près de la frontière italo-autrichienne, sur le glacier Niederjoch. Probablement âgé de 25 à 30 ans, cet homme mourut il y a environ 5.200 à 5.300 ans. L'examen parasitologique d'Ötzi (l'homme congelé de Similaun ou encore la momie de Hauslabjoch) a mis en évidence la présence d'œufs de *Trichuris trichiura*, un ver parasite de l'intestin (Aspöck, Flamm et al., 1973; Roberts D, 1993)

6.3. L'ours de la Caune de l'Arago (Tautavel, Pyrénées-Orientales)

L'analyse d'un coprolithe provenant d'un sol antérieur à 550.000 ans a permis d'identifier des œufs de douves (*Dicrocoelium*). La présence d'ossements d'ours (*Ursus arctos* et *U. deningeri*) et le fait que l'ours soit un hôte habituellement parasité indique aussi la présence des hôtes intermédiaires (escargots terrestres, fourmis ou criquets) dans l'environnement immédiat de la grotte (Jouy-Avantin, Combes et al., 1999).

6.4. La paléoparasitologie au secours des hypothèses sur l'origine des peuplements humains en Amérique du sud

Les ankylostomes et les necators sont des vers parasites présents dans les populations précolombiennes. Ces parasitoses n'ont pas été importées lors de migrations humaines *via* le détroit de Béring car les larves n'auraient pas résisté dans le sol froid. Une explication pourrait être des migration transpacifiques. En effet, l'arrivée de pêcheurs japonais vers 3000 av JC est attestée par la découverte de poteries au décor

³ Pierre des Essart : prévôt de Paris en 1408, tour à tour favori et ennemi de Jean sans Peur [Duc de Bourgogne, Dijon 1371, en lutte avec Louis 1^{er}, duc d'Orléans et frère du roi Charles VI (1372-1407), assassiné en 1419], Grand Argentier du roi Charles VI (1380-1422) et décapité à Paris lors de l'émeute cabochienne en 1413 (révolte des bouchers menée par l'un des leurs, dit Caboche, et appuyée par Jean sans Peur).

rappelant la culture japonaise et de coprolithes contenant des œufs d'ankylostomes (Jouy-Avantin and Moné H., 2000; Ferreira, de Araujo et al., 1983)

7. Le fil d'Avicenne : pour terminer sur une note d'espoir

Avicenne (Ibn Sina ; 980-1037) était un médecin et un philosophe iranien. Il s'est rendu célèbre par son ouvrage « Canon Medicinæ ». Son nom reste attaché à un ver parasite (une filaire : *Dracunculus medinensis*) dont la femelle ressemble à un fil. Cette parasitose est aussi connue sous le nom de « ver de Guinée » ou encore « filaire de Médine ». L'homme s'infecte en buvant de l'eau contaminée par des petits crustacés (*Cyclops*) contenant les larves infectantes. Connue depuis des siècles, la dracunculose est heureusement en régression dans tous les pays où l'on a amélioré la distribution d'eau potable mais elle sévit encore actuellement au Soudan, pays confronté à une grave guerre civile. Elle constitue aussi un exemple flagrant de la régression possible des maladies parasitaires à condition d'améliorer les conditions de vie des habitants des pays en voie de développement.

8. Conclusions

Les études paléoparasitologiques indiquent que les parasitoses « accompagnent » l'homme depuis l'aube de l'humanité. Redynamisées par la biologie moléculaire, elles nous permettent de mieux comprendre l'évolution des parasites et de leurs hôtes et, à partir de là, nous pouvons espérer acquérir de nouveaux moyens de lutte.

Les études paléoparasitologiques confirment que les parasites, par leur adaptabilité, sont des adversaires redoutables et difficiles à combattre.

L'amélioration des conditions de vie et d'hygiène, des infrastructures médicales et l'information des populations, notamment celle des jeunes par une bonne scolarité, sont des facteurs essentiels de la lutte anti-parasitaire. Malheureusement ils sont souvent peu développés à cause de conflits incessants et faute de moyens suffisants.

9. Références

1. Araujo,A., Ferreira,L.F., 1997. Paleoparasitology of schistosomiasis. Mem.Inst.Oswaldo Cruz 92, 717.
2. Araujo,A., Ferreira,L.F., 2000. Paleo-parasitology and the antiquity of human host-parasite relationships. Mem.Inst.Oswaldo Cruz 95 Suppl 1, 89-93.
3. Araujo,A., Ferreira,L.F., Guidon,N., Maues Da Serra,F.N., Reinhard,K.J., Dittmar,K., 2000. Ten thousand years of head lice infection. Parasitol.Today 16, 269.
4. Aspöck,H., Flamm,H., Picher,O., 1973. Darmparasiten in menschlichen Exkrementen aus prahistorischen Salzbergwerken der Hallstatt-Kultur (800-350 v. Chr. Zentralbl.Bakteriol.223, 549-558.
5. Beschin,A., Bilej,M., Brys,L., Torreelle,E., Lucas,R., Magez,S., De Baetselier,P., 1999. Convergent evolution of cytokines Nature 400, 627-628.

6. Bouchet F. La paléoparasitologie au Grand Louvre. 1995. Association des Anciens Elèves de l'Institut Pasteur 143, 8-11.
7. Bouchet,F., 1995. Recovery of helminth eggs from archeological excavations of the Grand Louvre (Paris, France). J.Parasitol. 81, 785-787.
8. Campbell,G., Jones,C.S., Lockyer,A.E., Hughes,S., Brown,D., Noble,L.R., Rollinson,D., 2000. Molecular evidence supports an african affinity of the neotropical freshwater gastropod, *Biomphalaria glabrata*, say 1818, an intermediate host for *Schistosoma mansoni*. Proc.R.Soc.Lond B Biol.Sci. 267, 2351-2358.
9. Capasso,L., Di Tota,G., 1998. Lice buried under the ashes of Herculaneum. Lancet 351, 992.
10. Combes C. Interactions durables, écologie et évolution du parasitisme. Collection Ecologie 26. 1995. Masson, Paris.
11. Contis G., David A. R. The epidemiology of bilharzia in Ancient Egypt : 5.000 years of schistosomiasis. Parasitol Today 12, 253-254. 1996.
12. de Duve, C. Poussière de vie. Une histoire du vivant. 1996. Fayard, Paris.
13. Deelder,A.M., Miller,R.L., De Jonge,N., Krijger,F.W., 1990. Detection of schistosome antigen in mummies. Lancet 335, 724-725.
14. Desmond A. and Moore J. Darwin. The life of a tormented evolutionist. 1991. New York London, W W Norton and Co.
15. Doby J.-M. Les origines de nos puces et de nos poux. Insectes (N°111), 9-11. 1998.
16. Doby J.-M. Le peigne à poux, de la préhistoire à nos jours. Insectes 112, 9-12. 1999.
17. Duggan A.J. A survey of sleeping sickness in Northern Nigeria from the earliest times to the present days. Trans.R.Soc.Trop.Med.Hyg. 55(5), 439-486. 1962.
18. Duncan P., Soutif M. Pourquoi est-il rayé ? Géo 228, 124-133. 1998.
19. Ferreira,L.F., de Araujo,A.J., Confalonieri,U.E., 1983. The finding of helminth eggs in a Brazilian mummy. Trans.R.Soc.Trop.Med.Hyg. 77, 65-67.
20. Gouteux J.P., Artzrouni M., and Jarry M. Une épidémie mise en équations. La Recherche (Octobre 2000), 34-38.
21. Gouteux,J.P., Artzrouni,M., 2000 Persistance et resurgence de la maladie du sommeil a *Trypanosoma brucei gambiense* dans les foyers historiques. Approche biomathématique d'une enigme epidemiologique. C.R.Acad.Sci. 323, 351-364.
22. Grmek,M.D., 1994. La malaria dans la Méditerranée orientale préhistorique et antique. Parassitologia 36, 1-6.
23. Guhl,F., Jaramillo,C., Vallejo,G.A., Cardenas,A.-A., Aufderheide,A., 2000. Chagas disease and human migration. Mem.Inst.Oswaldo Cruz 95, 553-555.

24. Guhl,F., Jaramillo,C., Vallejo,G.A., Yockteng,R., Cardenas-Arroyo,F., Fornaciari,G., Arriaza,B., Aufderheide,A.C., 1999. Isolation of *Trypanosoma cruzi* DNA in 4,000-year-old mummified human tissue from northern Chile. *Am.J.Phys.Anthropol.* 108, 401-407.
25. Hall A.J. A lady from China's past. *National Geographic* 145(5), 660-681. 1974.
26. Hart Hansen,J.P., 1976. Criminal homicide in Greenland. pp. 548-54. In: Shephard.RJ, Itoh.S., ed.Circumpolar.health.Toronto., Univ of Toronto.Press, 108..
27. Hoeppli,R., 1972. Haematuria parasitaria and urinary calculi: early indications from Africa. *Acta Trop.* 29, 205-217.
28. Hoeppli,R., 1973. Morphological changes in human schistosomiasis and certain analogies in Ancient Egyptian sculpture. *Acta Trop.* 30, 1-11.
29. Jouy-Avantin,F., Combes,C., Lumley,H., Miskovsky,J.C., Mone,H., 1999. Helminth eggs in animal coprolites from a Middle Pleistocene site in Europe. *J.Parasitol.* 85, 376-379.
30. Jouy-Avantin, F. and Moné H. La paléoparasitologie : apports et perspectives. *Association des Anciens Elèves de l'Institut Pasteur* 164, 85-88. 2000.
31. Keil H. The louse in greek antiquity, with comment on the diagnosis of the athenian plague as recorded by Thucydides. 1951. *Bull.hist.med.* 25, 305-323.
32. Lambrecht F.L. Trypanosomiasis in prehistoric and later human populations, a tentative reconstruction. Thomas C.C. *Disease in Antiquity : A survey of the disease, injuries and surgery of early populations.* 132-151. 1967. Springfield, U.S.A., Brothwell D., Sandison A.T.
33. Margulis,L., 1996. Archaeal-eubacterial mergers in the origin of Eukarya: phylogenetic classification of life. *Proc.Natl.Acad.Sci.U.S.A* 93, 1071-1076.
34. Mariel,C., Alexandre,M., 1997. La peste d'Athènes. *Guerre et poux.* *Presse Med.* 26, 169-171.
35. Meyerhof M. An early mention of sleeping sickness in arabic chronicles 1941. *The Journal of the Royal Egyptian Medical Association* 24, 284-286.
36. Miller,R.L., Armelagos,G.J., Ikram,S., De Jonge,N., Krijger,F.W., Deelder,A.M., 1992. Palaeoepidemiology of *Schistosoma* infection in mummies. *Brit. Med. J.* 304, 555-556.
37. Mojzsis,S.J., Arrhenius,G., McKeegan,K.D., Harrison,T.M., Nutman,A.P., Friend,C.R., 1996. Evidence for life on Earth before 3,800 million years ago. *Nature* 384, 55-59.
38. Morris D. Pourquoi le zèbre a-t-il des rayures ? 1990. *Les animaux révélés.* 11-16. Calmann-Lévy.

39. Mumcuoglu, Y.K., Zias, J., 1988. Head lice, *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae) from hair combs excavated in Israel and dated from the first century B.C. to the eighth century A.D. *J. Med. Entomol.* 25, 545-547.
40. Olivares Fontt E., Beschin A., Van Dijck E. K., Ercruysse V., Bilej M., Lucas R., De Baetselier P., and Vray B. 2002. *Trypanosoma cruzi* is lysed by coelomic cytolytic factor-1, an invertebrate analogue of tumor necrosis factor, and induces phenoloxidase activity in the coelomic fluid of *Eisenia foetida foetida*. *Dev Comp. Immunol.* 26 :27-34.
41. Ollivier, G., Legros, D., 2001. Trypanosomiase humaine africaine: historique de la thérapeutique et de ses échecs. *Trop. Med. Int. Health* 6, 855-863.
42. Reichholf J.H. 1991. L'émergence de l'homme : L'apparition de l'homme et ses rapports avec la nature. Flammarion, Paris.
43. Roberts D. The Iceman. *National Geographic* 1993. (june), 36-67.
44. Rothhammer, F., Allison, M.J., Nunez, L., Standen, V., Arriaza, B., 1985. Chagas' disease in pre-Columbian South America. *Am. J. Phys. Anthropol.* 68, 495-498.
45. Ruffer M.A. Note on the presence of "*Bilharzia haematobia*" in Egyptian mummies of the twentieth dynasty. *Brit. Med. J.* , 16. 1910.
46. Schofield, C.J., Dias, J.C., 1999. The Southern Cone Initiative against Chagas disease. *Adv. Parasitol.* 42, 1-27.
47. Schreiber W. and Mathys F.K. *Infection: Les maladies infectieuses dans l'histoire de la médecine.* 1987. Roche.
48. Stevens, J.R., Noyes, H.A., Schofield, C.J., Gibson, W., 2001. The molecular evolution of Trypanosomatidae. *Adv. Parasitol.* 48, 1-56.
49. Vray B. L'hématurie d'Égypte à l'époque pharaonique. *Acta Belg. Historiae Medicinae* VI (2), 69-74. 1993.
50. Vray B. Le parasitisme : le plus vieux métier du monde ? *Année Biologique* 78, 163-176. 1998. Paris, Elsevier.
51. Waage J.K. How zebra got its stripes. Biting flies as selective agents in the evolution of zebra coloration. *J. Entomol. Soc. South Africa* 41, 351-358. 1981.
52. Wei, O., 1973. Internal organs of a 2100-year-old female corpse. *Lancet* 2, 1998.