

Les bâtisseurs de pyramides

Sans doute moins nombreux que l'écrivait Hérodote.

Combien les pharaons employaient-ils d'ouvriers quand ils bâtissaient les pyramides ? Hérodote, dont la fiabilité n'est pas assurée, signalait que 100 000 personnes avaient contribué à la construction de la Grande Pyramide, mais cet auteur vivait 2 000 ans après la construction. L'archéologue Stuart Kirkland Wier, de Cambridge, évalue plus précisément le nombre des ouvriers bâtisseurs démontrant, encore, s'il en était besoin, l'intérêt des calculs d'ordre de grandeur en sciences.

S. Wier s'est intéressé à la pyramide de Khéops, à Giza, construite 26 siècles avant notre ère. Le monument mesurait initialement 146,7 mètres de hauteur, avec une base carrée de 230,4 mètres de côté : son volume était égal à 2,59 millions de mètres cubes, et sa masse à sept millions de tonnes. Si l'on suppose que la pyramide fut construite au cours de la vie d'un seul pharaon (ce qui est court, comparé au temps de construction des cathédrales), les ouvriers ont travaillé environ 8 400 jours.

Les pierres étaient taillées et traînées jusqu'au site de la pyramide sur des traîneaux en bois ; elles étaient tirées à l'aide de cordage fixés très bas, de sorte que la traction des ouvriers assurait également un léger dégagement de l'avant recourbé des traîneaux. Des ouvriers étaient chargés de chercher de l'eau, qui, versée à l'avant du traîneau, favorisait le glissement. Le Français Henri Chevrier a démontré l'efficacité de cette méthode pharaonique, qui, à l'aide de boue, permettait de déplacer

les plus lourdes charges. On ignore comment les pierres furent levées, mais on peut calculer la quantité d'énergie qui fut nécessaire pour les monter : en divisant le volume par le temps, on trouve que les constructeurs ont dû installer 309 mètres cubes de roche par jour, en moyenne. Or la quantité d'énergie qu'un ouvrier dépense quotidiennement est d'environ 240 000 joules, et l'énergie potentielle de la pyramide érigée est de 2 500 milliards de joules. Aussi, pour lever les pierres, il aurait fallu environ 1 250 ouvriers travaillant pendant les 8 400 jours préalablement calculés.

On peut affiner le calcul en tenant compte des documents qui décrivent le travail : on sait où les roches furent taillées, de sorte que l'on peut calculer la quantité de main d'œuvre nécessaire au transport des pierres. D'autre part, une image qui figure sur la tombe du pharaon Djehutihotep montre une statue de pierre de cinq mètres de hauteur poussée sur un traîneau par 172 personnes. Une telle statue devait peser 58 tonnes, de sorte que les ouvriers devaient exercer une poussée de 330 kilogrammes chacun. Avec un coefficient de frottement égal à 0,034, la force exercée aurait été réduite à 11,5 kilogrammes.

Au total, S. Wier estime le nombre d'ouvriers entre 9 500 et 12 500, pour le début de la construction, 2 000 et 2 600 quand la hauteur atteinte était de 100 mètres, et 35 à 41 pour l'achèvement.

On peut aussi supposer que ce n'est pas le nombre d'ouvrier qui a changé, mais la vitesse d'exécution. Régissant sur une population supérieure à un million de personnes, le pharaon avait largement assez de main-d'œuvre à sa disposition pour construire sa pyramide ; ce qui est remarquable, dans l'entreprise, c'est surtout l'organisation du chantier : réunir 10 000 personnes pendant plus de 20 ans n'est pas chose aisée.

Contre le paludisme

Une molécule extraite de l'armoise tue le parasite de cette maladie endémique.

Plusieurs espèces d'armoise sont des plantes médicinales : l'armoise commune ou herbe de la Saint-Jean est abortive et l'armoise maritime est un vermifuge. L'estragon, la citronnelle, le génépi sont des armoises ; l'absinthe était élaborée à partir d'une variété d'armoise. L'armoise n'a pas encore révélé toutes ses vertus : un nouveau médicament efficace contre le paludisme en est extrait.

Chaque année, le paludisme tue environ 2,7 millions de personnes dans le monde et, en Afrique, un enfant de moins de cinq ans toutes les 30 secondes. Pour lutter contre ce fléau, on dispose de la quinine, mais le parasite a développé des stratégies de résistance à cet antipaludique. L'artéméther, un nouvel antipaludique, est utilisé avec précaution pour éviter que le parasite ne devienne – aussi – résistant à ce médicament, aujourd'hui efficace.

Le parasite est véhiculé par des moustiques, les anophèles, eux-mêmes toujours plus résistants aux insecticides classiques. Le parasite échappe au système immunitaire humain en changeant plusieurs fois d'apparence au cours de son cycle de vie. Il est injecté dans le sang de l'hôte par l'insecte vecteur, sous forme de sporozoïtes.

Ces derniers migrent vers le foie qui libère le parasite sous la forme de mérozoïtes dans l'organisme. Les mérozoïtes, qui se transforment notamment en schizontes, envahissent les globules rouges et déclenchent les

Sommité fleurie d'*Artemisia vulgaris* qui appartient à la famille des armoises, comme la plante dont est extrait l'artéméther, un nouvel antipaludique.



Gravure des carrières de Tourah, au Sud du Caire, montrant le transport d'une colossale statue par des ouvriers égyptiens. Les cordages étaient fixés le plus bas possible, afin de favoriser le glissement. Un ouvrier arrose le sol, devant la charge, afin de favoriser le glissement du traîneau.

signes cliniques de la maladie. Les globules rouges infectés risquent d'obstruer les vaisseaux sanguins et de déclencher des embolies responsables de coma et de décès.

Quelques-uns des mérozoïtes se transforment en gamétocytes, lesquels infecteront les moustiques sains qui piqueront le patient. Ce dernier ressent une forte fièvre, des frissons et des tremblements. Il présente des épisodes de rémission qui correspondent aux premières phases du développement d'une nouvelle génération de parasites.

Ce sont les Chinois qui ont découvert les propriétés d'*Artemisia annua* L., ou *Qinghao* : les infusions des sommités fleuries de cette variété d'armoise soulagent les fièvres. Ils ont ensuite découvert que la plante est efficace contre le paludisme. En 1972, ils en ont extrait le principe actif, qinghaosu ou artémisinine.

Ensuite, ils ont fait l'hémisynthèse de plusieurs dérivés actifs, dont l'artéméther. Ce dernier est commercialisé en Chine depuis 1987. L'artémisinine est le chef d'une toute nouvelle famille chimique. Cette molécule tue la forme schizonte du parasite.

Depuis 1990, les Laboratoires Rhône-Poulenc Rorer ont obtenu les autorisations de mise sur le marché de cette molécule dans plus de 35 pays d'endémie palustre. Elle est commercialisée dans 25 pays d'Asie, d'Afrique et d'Amérique du Sud. La plupart des cas de paludisme infantile surviennent en Afrique, mais les parasites y sont encore généralement sensibles à la quinine.

L'artéméther, classé parmi les médicaments essentiels par l'Organisation mondiale de la santé, est aussi efficace que la quinine (selon certaines études, il serait même plus actif). Il fait baisser la

fièvre et élimine les parasites plus rapidement que les antipaludiques usuels.

En outre, il est administré par voie intramusculaire pendant trois ou cinq jours, tandis que l'administration de quinine se fait par voie intraveineuse pendant une dizaine de jours. Le traitement par la quinine exige un suivi hospitalier rigoureux, car plusieurs complications, notamment une hypoglycémie grave, risquent de survenir.

Pour que les parasites ne deviennent pas résistants à l'artéméther comme ils le sont à la quinine – auquel cas on serait totalement démuni devant cette maladie –, les experts ont décidé de réserver cette molécule aux cas graves ou résistants aux autres médicaments antipaludiques. C'est notamment le cas des personnes atteintes de neuropaludisme, une atteinte cérébrale fatale dans plus de 20 pour cent des cas.

Les insectes judiciaires

Les insectes sont de précieux témoins judiciaires.

Lorsque l'on découvre un corps en forêt, les gendarmes cherchent à dater la mort grâce aux mouches qui colonisent le cadavre. Leur cycle de ponte n'était connu que sur des morceaux de viande en laboratoire. La décomposition d'un porcelet dans une forêt de la région parisienne a permis d'étudier *in situ* la faune nécrophage.

Un corps sans vie intéresse les insectes nécrophages, à la recherche d'un organisme capable d'assurer la subsistance de leurs larves. Ces travailleurs de la mort, attirés par l'odeur de la matière animale morte, se succèdent au rythme des modifications du substrat nourricier et en fonction des conditions exté-

rieures. Avec les bactéries spécialisées, diverses escouades d'insectes accélèrent la dégradation de la matière organique et assainissent l'environnement.

Au laboratoire d'entomologie de la gendarmerie nationale, Jean-Marc Vian et Bernard Chauvet ont observé le cycle de ponte des mouches et l'évolution de la faune nécrophage sur un cadavre de porcelet. Ce cadavre de 25 kilogrammes, tué d'un coup sur la tête pour éviter les plaies, a été placé dans une forêt d'Île-de-France début août 1996. Il était dans une cage afin d'éviter que les mammifères n'interfèrent avec l'expérience en mangeant le porcelet. Chaque jour, les entomologistes ont observé le développement des pontes et l'état de décomposition du porcelet.

Dès les premiers jours, les mouches à viande, les *Lucilia Caesar*, arrivent (voir la figure 1). Ces grosses mouches bleues pondent des paquets d'une certaine



1. Dix-sept heures après la mort, les *Lucilia Caesar* apparaissent. Sur la gauche, près des plis de la peau, des paquets d'œufs blancs ont été pondus (flèches vertes). Près de la bouche, on observe les premières larves.

d'œufs dans les plis et les orifices naturels humides du corps. À leur naissance, les asticots s'enfoncent en tous sens sous la peau et aspirent les liquides résultants de la transformation des tissus organiques. Après dix jours (voir la figure 2), le cadavre paraît recouvert de larves. Il



2. Dix jours après la mort, les larves remplissent le cadavre. Elles vont sortir du substrat et s'enterrer.



3. Onze jours après la mort, toutes les larves ont quitté le cadavre du porcelet : il ne reste que le squelette et des lambeaux de peau.