

Fossile, raconte-moi ton histoire !

Les fossiles ont exercé de tout temps une grande fascination sur les Hommes. Durant l'Antiquité, les Grecs associaient les crânes d'anciens éléphants à ceux des cyclopes ; les Chinois de l'époque médiévale attribuaient à des dragons les ossements de dinosaures reconnus aujourd'hui comme tels. De par sa nature, l'Homme est un observateur curieux. Et cette curiosité prend un tour plus scientifique en 1822, lorsque Henri Ducrotay de Blainville (1777-1850) crée la science chargée d'étudier les fossiles : la paléontologie. Au fait, qu'est-ce qu'un fossile ? Nous avons tous sommairement à l'esprit qu'il s'agit de restes d'animaux ou de plantes transformés en pierre. Mais comment expliquer une telle transformation ? D'autant que certains gisements sont tellement exceptionnels qu'il est possible de retrouver jusqu'aux organes mous, tels que la peau ou des plumes. Le fossile ne se réduit pourtant pas à un objet visible à l'œil nu. Tout un pan de la paléontologie se focalise ainsi sur des objets microscopiques. Et si les microfossiles sont moins connus du grand public, ils apportent des informations que les fossiles de plus grande taille fournissent plus difficilement : datations relatives, reconstitutions des géographies

et environnements anciens. Évidemment, nous ne pouvons pas parler de fossiles sans évoquer les fameux dinosaures. Avec le temps et les découvertes, notre vision de ces animaux se modifie, évolue... Plutôt que des animaux lents et « bêtes », nous entrevoyons aujourd'hui des animaux actifs, capables de techniques de chasse et, pour certains d'entre eux, aptes à être de bons parents. La paléontologie, science naturaliste mais à combien moderne, apporte jour après jour son lot de surprises. Et un seul fossile suffit à bouleverser des hypothèses admises pendant des décennies. Comme toute science, la paléontologie progresse grâce au doute. Le gisement de Burgess au Canada en est ainsi le parfait exemple. Mais peut-être plus que toute autre science, et en raison d'une meilleure connaissance de l'histoire de la vie, elle nous permet d'envisager plus distinctement l'avenir des êtres vivants et tout particulièrement celui de notre espèce, l'Homo sapiens.

EMMANUELLE LAMBERT
Médiateur scientifique
au département des sciences de la Terre
du Palais de la découverte

Fossiles, les clefs du passé



EMMANUELLE LAMBERT
Médiateur scientifique au département
des sciences de la Terre
du Palais de la découverte

Les fossiles témoignent des formes disparues des êtres vivants et de leur évolution. Leur rareté les rend précieux pour les scientifiques qui ne disposent que d'informations ponctuelles pour reconstituer le passé. Pourquoi d'ailleurs sont-ils si rares alors que plusieurs milliards d'individus, animaux ou plantes, ont dû exister sur la sol terrestre ? Cette problématique constitue l'objet de cet article, qui propose aussi de se pencher sur trois fenêtres ouvertes sur le passé de la Terre.

La biodiversité actuelle de la planète est considérable. Même si le recensement reste à affiner, l'estimation actuelle établit l'existence de plus de 10 millions d'espèces animales et végétales dans l'ensemble des environnements terrestres. Comparées à ce chiffre, les quelque 300 000 espèces disparues dénombrées à ce jour grâce aux fossiles paraissent bien peu nombreuses. D'autant que la vie existe sur Terre depuis plus de 3,5 milliards d'années.

La notion d'espèce pose d'ailleurs un problème en paléontologie. La définition acceptée couramment en biologie se fonde sur l'interfécondité. Ainsi, deux individus appartenant à la même espèce s'ils engendrent des descendants eux-mêmes féconds. Or, la définition d'une espèce fossile se fait uniquement à partir des caractères morphologiques observés. Et, de manière fort vraisemblable, c'est que les paléontologues ont défini comme telle ou telle espèce peut se révéler ponctuellement erroné, et ne correspondre alors qu'à des variations intraspécifiques.

Admettons toutefois que les 300 000 espèces fossiles correspondent à la « réalité ». Si nous voulons comparer ce chiffre au nombre total d'espèces qui ont vécu sur Terre depuis l'apparition de la vie, l'ensemble des espèces

FIGURE 1
Exemples de fossiles

De gauche à droite : un Radiolaire* de 540 Ma à l'actuel (groupe de plancton siliceux), un Trilobite* (540 à 245 millions d'années (Ma)), un morceau de tronc de fougère arborescente (environ 300 Ma). (De gauche à droite : © Emmanuelle Lambert, © Palais de la découverte ; © Palais de la découverte.)



fossiles retrouvées ne représenteraient alors que 0,001 % de cette diversité totale, tant animale que végétale.

Le fossile s'apparente à un trésor de la nature qu'il faut préserver. Mais au fait, pourquoi y en a-t-il si peu ?

A l'enterrement d'une feuille morte...

Sont appelés aujourd'hui fossiles tous les restes, traces ou moulages naturels d'êtres vivants, conservés dans les roches. Les plus fréquents correspondent aux parties dures des organismes (fig. 1) : le tronc des arbres, les os des vertébrés, les coquilles des mollusques...

En de rares occasions, et lorsque se présentent des conditions exceptionnelles de fossilisation, les parties molles des organismes se préservent.

Le point de départ de toute fossilisation est la mort d'un organisme. Le cadavre ne constitue un bon candidat à la fossilisation que s'il demeure à l'abri des agents dégradants. Et ces derniers sont nombreux. La dépolluie peut,

par exemple, devenir la proie d'un prédateur, et les plus gros ne sont pas les plus efficaces. Les fourmis ont, en effet, un pouvoir nettoyant spectaculaire. A une échelle encore plus petite, les bactéries dégradent la matière vivante, ou matière organique, extrêmement rapidement. L'oxygène possède d'ailleurs le même genre de pouvoir. N'oublions pas que l'oxydation entraîne la destruction des cellules, et par le fait, le vieillissement de tout organisme vivant.

Les conditions climatiques participent également à la destruction du cadavre. Il est aisé d'imaginer l'état d'un cadavre après de fortes pluies ou des gelées intenses. Toutefois, certaines conditions climatiques vont conduire à une conservation exceptionnelle de l'animal ou du végétal. Il nous vient évidemment à l'esprit le cas des mammouths retrouvés dans les glaces. Ou encore ce dinosaure momifié, fossile si exceptionnel que des dizaines de millions d'années plus tard nous observons encore la peau de l'animal. En fait, plus que les conditions climatiques elles-mêmes, ce sont les variations, et notamment brutales, qui entraînent une décomposition rapide.

Une solution donc, pour assurer une bonne fossilisation, consiste à soustraire rapidement le corps des facteurs dégradants, et plus par-

(*) L'astérisque signale les mots figurant dans le lexique en fin de dossier.

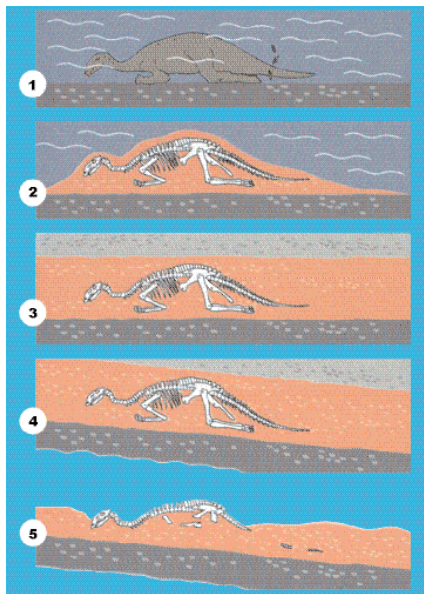


FIGURE 2

Les différentes étapes de la fossilisation :

1) le cadavre tombe jusqu'au fond d'un lac ; 2) les parties molles disparaissent alors que le squelette résiste ; ce dernier est ensuite enseveli sous des sédiments qui le mettent à l'abri des destructions ; 3) les sédiments meubles se compactent pour se transformer en roche (diagenèse) ; au même moment, le squelette devient fossile, et passe d'une composition organique à une composition minérale ; 4) un mouvement de terrain dans la région bascule les couches de terrain jusque-là horizontales ; 5) l'érosion détruit les roches et le fossile apparaît, prêt à être découvert par le paléontologue.

ticulièrement de l'oxydation. Pour toutes ces raisons, le milieu aquatique devient l'environnement idéal pour une bonne conservation. Il peut ainsi s'agir d'une mer, d'un lac ou encore d'une rivière. Et cette première condition explique la prépondérance des fossiles marins sur les fossiles continentaux.

Se pétrifier

Supposons qu'un cadavre arrive au fond de l'eau. Là, il se trouve de nouveau la proie d'agents destructeurs. Ici aussi, les bactéries existent et elles prolifèrent alors rapidement sur le « corps » : sous leurs attaques, les parties molles se dégradent quand les squelettes résistent mieux. Le temps passant, les particules solides présentes dans l'eau s'accumulent sur le cadavre, le recouvrant progressivement d'une épaisse couche de sédiments meubles.

La rapidité de cet enfouissement joue également sur la mise à l'abri du cadavre. Et plus cet enfouissement s'accomplit de manière rapide, moins les phénomènes d'oxydation ont le temps d'opérer.

Notre candidat à la fossilisation est maintenant prisonnier d'une épaisseur de sédiments, qui, avec le temps, une longue période de temps, se transformera en roche. Mais la nature des sédiments est très variée, et tous ne forment pas de bons lièux pour nos prétendants fossiles. La taille des grains est un premier critère. Il est en effet plus facile de « mouler » la forme d'un objet si les grains sont petits plutôt que de la taille de galets. La composition chimique va également jouer. Des sédiments dépourvus de carbonates dissolvent les tests calcaires, tels que ceux de nos coquillages actuels. Après avoir rempli la première condition qui impose un enfouissement rapide, le prétendant fossile doit remplir la deuxième, à savoir être enfoui dans un sédiment fin, de préférence carbonaté ou marneux (fig. 2).

L'histoire pourrait sembler terminée mais lors du passage de l'état de sédiment à celui de roche (la diagenèse), le corps, ou ce qu'il en reste, va subir la transformation tant attendue

qui fera de lui un fossile : le passage d'une composition organique à une composition minérale.

Lors de la compaction du sédiment, sous le poids de ceux qui le surplombent, la pression et la température augmentent ; des fluides circulent et atteignent les restes de l'organisme enfoui. Il se produit alors un échange d'éléments chimiques entre les fluides et le squelette, qui aboutit à une substitution d'un minéral par un autre. Le carbonate d'une coquille peut ainsi être remplacé par de la silice, ou plus spectaculaire, par de la pyrite (FeS₂). Cela donne alors un aspect doré au fossile.

Soumis à ces mécanismes de transformation, l'objet fossilisé conserve, néanmoins, sa forme, ses ornements et souvent son volume. On parle d'épigenèse pour de petites surfaces, et de métamotose pour des « objets » entiers.

Notre organisme préhistorique est maintenant devenu fossile. Pour nous donner une chance de le retrouver, il ne lui reste alors plus qu'à subsister dans sa gangue rocheuse pendant des millions d'années tout en évitant les fractures et autres effets tectoniques qui pourraient détruire le trésor pétrifié. Mais ce dernier doit encore être découvert, et pour cela, rien de tel que l'érosion. La pluie, le vent, le gel vont peu à peu attaquer les roches sus-jacentes au niveau fossilifère. Les roches se désagrègent, d'abord en blocs, puis en grains, de plus en plus fins. Et enfin, le fossile apparaît, prêt à être ramassé par le passionné ou le paléontologue.

Des gisements fossilifères exceptionnels

La succession adéquate de tous ces événements ne se déroule qu'exceptionnellement, ce qui explique la rareté des fossiles. Comme les tissus mous se préservent encore moins bien que les os ou les dents, la découverte de chair, d'organes ou de ligaments pétrifiés nous offre une « mine » d'informations. A ce jour, nous connaissons moins de 100 gisements offrant

des fossiles de ce type, ce que les paléontologues nomment d'ailleurs *Lagerstätten* (« gros filon » en allemand). Ces sites révolutionnent l'état de nos connaissances en paléontologie, car à chaque trouvaille, c'est un environnement complet qui apparaît. Grâce à ces « fenêtres » ouvertes sur le passé, il devient alors possible de mesurer l'ensemble de la biodiversité du site correspondant. Partons pour un voyage dans le temps, au cours duquel nous ferons trois « étapes », de plus en plus anciennes, en découvrant des *Lagerstätten*.

Le site de La Brea, en Californie, est un exemple d'une fossilisation unique de par le nombre de fossiles retrouvés. Vieux de 40 000 ans, groupés en plein cœur de Los Angeles sur une dizaine d'hectares, une centaine de tonnes d'ossements, soit plus d'un million de fossiles, ont été extraits du site, lors des 101 fouilles effectuées depuis 1900. Le recensement effectué porte sur 390 espèces d'animaux (dont plus d'une centaine d'oiseaux) et 150 espèces végétales. Mais l'originalité du gisement de La Brea réside dans le fait qu'on y trouve 90 % de carnivores contre 10 % d'herbivores. Cette proportion est inhabituelle car les herbivores sont généralement bien supérieurs en nombre. Comment expliquer cela, et surtout quelles ont été les conditions de fossilisation de ce site pour arriver à une telle accumulation d'organismes ?

Pour cela, retournons quelques dizaines de millions d'années en arrière, c'est-à-dire bien avant que ce *Lagerstätten* ne se mette en place. L'Océan Pacifique recouvrait alors ce que nous appelons aujourd'hui la Californie, ici, dans les mers chaudes et peu profondes, la vie planctonique prolifère. Les organismes du plancton, une fois morts, s'amoncellent sur le fond marin où les eaux sont pauvres en oxy-

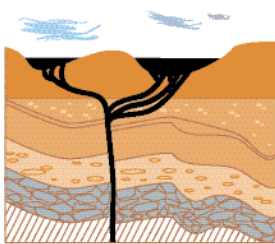


Figure 3
Schéma du sous-sol de La Brea.
Suite à l'émergence de la région de La Brea il y a 100 000 ans, une sédimentation continentale se met en place. Il y a 40 000 ans, ces dépôts se fracturent, le bitume accumulé en profondeur remonte vers la surface, et s'accumule dans des dépressions.

gène, ce qui permet de conserver cette matière organique, puis de la transformer en pétrole par de lents processus.

Il y a 100 000 ans, la baisse du niveau de la mer entraîne l'émergence du site de La Brea. Après des millions d'années de sédimentation marine, c'est une sédimentation continentale qui s'ensuit : dépôts de gravier, sable, argiles qui résultent de l'érosion des sommets récemment émergés. Il y a 40 000 ans, des fractures affectent l'ensemble du site. Le pétrole, enseveli bien avant mais moins dense que la roche, profite de ces fissures pour remonter vers la surface. Une fois les éléments légers de ce pétrole volatilisés, un bitume visqueux s'accumule dans les dépressions (fig. 3). Le piège à fossiles est en place !

Fossiliser dans du pétrole

Une des difficultés lorsque l'on travaille sur le passé consiste à déterminer un âge de formation. Il est, en effet, souvent difficile de dater précisément des événements à moins d'un million d'années près. Et pourtant, grâce à la richesse du site, les paléontologues réus-

sissent à identifier les printemps qui se succèdent à La Brea. La découverte en nombre important de jeunes bisons de la même tranche d'âge indique des phénomènes migratoires correspondant à la fin du printemps. La saison s'accompagne alors de conditions climatiques plus clémentes. Le bitume affleurant dans les cuvettes du sol commence à se liquéfier sous l'effet de la chaleur. Et il sera d'autant plus gluant que la température augmentera.

La migration mortelle

Au moment des migrations, les troupeaux s'étoffent et de nombreux individus se retrouvent prisonniers dans les mares de bitume. En tentant de s'arracher de ces nappes, ils ne font que s'affaiblir en s'enlanguant un peu plus. Toute cette agitation attire les prédateurs qui voient là un festin facile. Mais ces derniers sont également pris au piège de cette matière collante et meurent à côté de leurs proies. Comme les épaisseurs de bitume n'excèdent pas quelques dizaines de centimètres, une partie des cadavres émergeant du piège mortel. Les éléments extérieurs, comme ceux évoqués plus tôt, entraînent une lente décomposition des parties molles. Ainsi s'exhale une odeur nauséabonde, mais particulièrement attirante pour des amateurs de chair pas très fraîche. De nouveau, des carnivores se retrouvent prisonniers et finissent par mourir. Le « piège » va ainsi fonctionner tant que les conditions climatiques restent douces, et le bitume visqueux. Puis vient l'automne, et le retour de la fraîcheur. Le bitume se durcit, figeant tout ce qu'il contient. Ces nappes alors solides se couvrent de nouveaux sédiments rendant le lieu sûr jusqu'au printemps suivant. Et durant des années, des dizaines d'années, les nappes de bitume vont emprisonner une multitude d'animaux, expliquant l'abondance des ossements retrouvés à ce jour.

Ce type de phénomène existe d'ailleurs toujours aujourd'hui en Californie, mais à une plus petite échelle : de quoi donner du travail pour les paléontologues à venir !

Les dinosaures se sont envolés

Après ce premier exemple qui correspond à un gisement continental lacustre, continuons notre voyage dans le temps et dans l'espace. Un autre *Lagerstätten* extrêmement célèbre est celui de Solnhofen en Allemagne. Ce gisement a véritablement révolutionné notre vision de l'évolution car il met en évidence le lien, longtemps supposé, entre les oiseaux et un groupe particulier de reptiles, les dinosaures. En effet, à quelques années d'écart, ce gisement va révéler au monde l'existence de deux squelettes quasi identiques. Le premier est celui du premier dinosaure de petite taille retrouvé jusqu'alors. Le second squelette appartient au plus ancien oiseau, appelé depuis *Archaeopteryx* (fig. 4).

Les débris d'oiseaux se présentent souvent mal à travers le temps car leurs os creux les rendent plus sensibles aux dégradations extérieures. Mais la conservation de ces premiers oiseaux est de tellement bonne qualité que même des plumes ont été fossilisées.

Pour comprendre les conditions particulières qui ont permis une telle préservation, il faut remonter cette fois plus de 150 millions d'années (Ma) en arrière. Les reptiles, et notamment les dinosaures, dominent alors la planète. À l'époque, la géographie terrestre est très différente de la nôtre. L'Allemagne est alors en grande partie recouverte par une mer chaude appelée Téthys. La région de Solnhofen correspond à une zone lagunaire située sur les rivages nord de cette mer. Sous ces conditions tropicales, les eaux de la lagune se stratifient. Les eaux de surface sont chaudes et oxygénées, alors que les eaux de fond, plus denses en raison d'une forte salinité, sont impropres à la vie car très pauvres en oxygène. De plus, la lagune communique mal avec le milieu marin, ce qui amplifie d'autant plus cette stratification des eaux.

Par le jeu des marées et des tempêtes, des sédiments très fins arrivent dans la lagune. Il faut y ajouter des cadavres ou des organismes

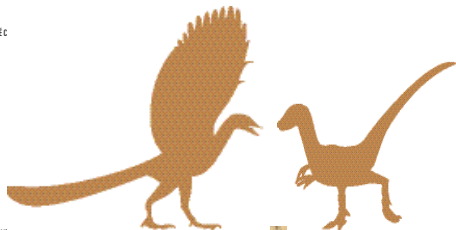


Fig. 1
Comparaison entre
Archaeopteryx et
Compsognathus.
De haut en bas :
silhouette et fossile
d'Archaeopteryx
(le plus ancien
des oiseaux) ;
silhouette et fossile
de Compsognathus
(petit dinosaure).
(© C. Rousselin/Palais
de la découverte.)



morbonds. Ces derniers se retrouvent alors dans un environnement dépourvu d'oxygène, ce qui entrave la dégradation bactérienne. Les cadavres sont recouverts par un voile algare qui les protège des agressions extérieures. De nouveaux sédiments fins se déposent dans la lagune et cette boue calcaire moule jusqu'aux structures les plus délicates des organismes.

Voilà toutes les conditions remplies pour conserver les parties molles et fragiles de nos futurs fossiles ! Tour à tour sous influence marine et terrestre, la lagune emprisonne avec le temps des petits dinosaures sauteurs, comme le *Compsognathus*.

C'est plus de 450 espèces différentes qui sont recensées, comme des méduses, des poissons, des insectes. Même les maîtres des cieux de l'époque, les Ptérosaures, des reptiles volants, vont se fossiliser dans la lagune. La finesse de grain du calcaire est telle que l'on aperçoit sur certains fossiles une fine fourrure. Cet argument sert depuis à certains paléontologues pour affirmer que les Ptérosaures avaient le sang chaud, discours assez étonnant quand il s'agit de reptiles... même volants.

Le site de Solnhofen est l'un des plus

anciens *Lagerstätten* que l'on ait découvert, et demeure également l'un des plus célèbres. En effet, la découverte en 1857 de *Archaeopteryx* tombe en pleine controverse entre défenseurs et adversaires d'une nouvelle théorie de l'évolution, celle de Charles Darwin. Jusqu'à la première moitié du XIX^e siècle, bon nombre de scientifiques estiment que l'apparition d'une espèce est le fait d'une action divine : l'espèce apparaît, reste stable et indifférente aux événements extérieurs. Et si nous ne retrouvons que des fossiles de certaines espèces, inconnues alors, la cause ne peut être que le déluge.

Mais au cours de ses voyages effectués sur le Beagle, Charles Darwin fait une découverte. Lors d'une escale sur les îles Galapagos au début de l'Équateur, Darwin observe que les nombreuses espèces de pinçon ne diffèrent que par quelques traits anatomiques. Il fait alors le lien entre la forme du bec et des niches écologiques bien spécifiques. L'environnement aurait-il une telle influence qu'il entraînerait des modifications sur les espèces ? L'idée est séduisante, mais comment la prouver ? Il faudrait découvrir un

« chaînon manquant » capable de faire le lien entre deux espèces distinctes. Et ce premier chaînon manquant qui sera découvert est *Archaeopteryx*.

La veine du paléontologue : vaisseau de plantes

Ainsi la découverte des *Lagerstätten* est double. S'ils permettent une vision plus complète d'un environnement à une époque donnée, ils sont également à l'origine de révolutions tant scientifiques que philosophiques. Mais achevons notre voyage par un dernier arrêt dans notre histoire. Nous voici à l'époque où la vie prend un tournant décisif pour son avenir : nous sommes ici pendant la période de la sortie des eaux. Le gisement correspondant se trouve aujourd'hui au nord-est de l'Écosse, dans la commune de Rhynie. Il fut découvert, par hasard, en 1912 par le Dr William Mackie.

Les fossiles retrouvés en ce lieu sont d'une importance capitale. Leur préservation exceptionnelle permet de découvrir jusqu'aux structures cellulaires des premières plantes terrestres. Ce site présente également l'association la plus diversifiée d'arthropodes terrestres et d'eau douce. Enfin, c'est également le plus vieux système de sources chaudes connu à ce jour. Remontons donc le temps afin de découvrir cet environnement, vieux de 400 millions d'années.

A cette époque, ce que nous appelons aujourd'hui l'Écosse se situe à 28° sud de latitude. Cette terre appartient alors à un continent primitif appelé la Laurussia, qui comprend le nord de l'Europe, l'Amérique du Nord et le Groenland. Les paysages de l'époque sont très différents de ceux d'aujourd'hui. La vie sur la terre ferme n'en est en effet qu'à ses balbutiements. Et les formes de vie alors présentes se concentrent autour des points d'eau. Dans le cas du site de Rhynie, l'environnement correspond à celui de marais, ponctués localement de sources chaudes et de geysers : un peu comme ce que l'on peut

découvrir aujourd'hui dans le parc de Yellowstone aux États-Unis.

Ces milieux sont idéaux pour le développement de la vie car ils présentent en permanence de la chaleur ainsi que de fortes concentrations en éléments minéraux. Mais ponctuellement les températures environnantes sont ennoyées. Et les mêmes conditions qui favoriseraient la vie, entraînent alors une asphyxie ainsi qu'une fossilisation rapide. Pour le plus grand bonheur des paléontologues.

Sortie de l'eau

Tous les organismes, plantes et invertébrés, vont ici se silicifier : toutes les structures, y compris les plus fines, vont être conservées du fait d'un remplacement des compositions d'origine par de la silice. Ce type de fossilisation, plutôt rare, a la particularité de conserver le volume des organismes, ainsi que toutes leurs structures internes.

Cela nous permet de découvrir aujourd'hui de nombreuses plantes, dont le plus vieux lichen. Parmi les végétaux primitifs, une plante vasculaire, nommée depuis *Rhynia*, atteint déjà une taille d'une quarantaine de cen-



Fig. 5
Reconstitution
de Rhynia gwynne-
vaughanii, une des
premières plantes
terrestres.

Vers la vie à l'air libre

L'adaptation à la vie terrestre diffère selon les animaux et les végétaux, même si les contraintes restent les mêmes.

- Comment se « tenir droit » (fig. a) ?
- La gravité terrestre impose aux organismes de développer des structures rigides. Chez les végétaux, il s'agit de la tige qui conduit la sève, et des vaisseaux qui apportent la rigidité à la plante. Quant aux animaux, ils voient leur squelette se fortifier : les nageoires se transforment en pattes, et les muscles ventraux se « renforcent », évitant la rupture du ventre sous le poids des viscères.
- Comment respirer (fig. b) ?

L'atmosphère contient une plus grande proportion d'oxygène que le milieu aquatique : respirer à l'air libre nécessite de nouveaux organes. Les plantes se dotent de stomates, structures qui font entrer l'air entre deux cellules et dont l'ouverture varie selon la chaleur et l'intensité lumineuse. Les animaux passent d'un système de branchies (respiration

aquatique) aux poumons (respiration aérienne).

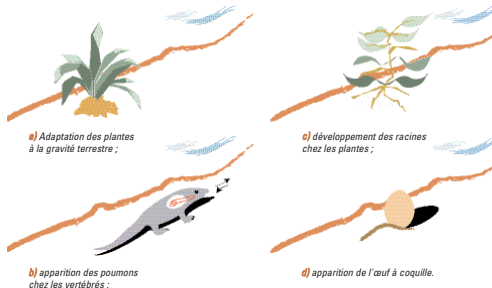
- Comment lutter contre la dessiccation (fig. c) ?

L'air ambiant, même s'il contient de la vapeur d'eau, est extrêmement desséchant pour des organismes vivant jusque-là en permanence dans l'eau. Les plantes vont puiser l'humidité du sol, d'abord par le biais des rhizoïdes, puis de racines. Les animaux développeront une paroi imperméable pour limiter l'évaporation : c'est la peau. Par le développement des reins, l'eau interne est économisée et circule facilement dans le corps.

- Comment se reproduire (fig. d) ?

En raison de la sécheresse du milieu terrestre, les cellules reproductrices doivent être « protégées ». C'est l'image de « l'aquarium portatif ». Chez les végétaux, cette protection se fera d'abord grâce aux spores, puis par la graine. Les animaux « inventent » l'accouplement. Le produit de ce dernier est protégé dans un œuf, d'abord gélatineux, puis à coquille dure.

Exemples d'adaptation à la vie terrestre



timètres, alors que la vie n'est terrestre que depuis peu (fig. 5). Les premiers animaux qui s'aventurent sur la terre ferme dans ce site sont des arthropodes. Les vertébrés ne deviennent en effet « terrestres » que bien plus tard (se reporter à l'encadré). Parmi ces premiers animaux, des araignées, des mites, des acariens ont été retrouvés, ainsi que des scorpions dont la version aquatique atteint les 2 mètres de long. Le site de Rhynie a permis de plus de mettre au jour le plus vieil « insecte », la *Rhynieella*. La richesse de ce site nous enseigne ici les adaptations qui furent nécessaires pour passer du milieu aquatique au milieu terrestre.

Ainsi, à chaque *Lagerstätten* découvert, c'est un bond de géant qu'il est possible de faire dans la compréhension des environnements disparus. Pour quelques personnes, certainement mal informées, la paléontologie apparaît encore comme une science désuète. Et pour-

tant, c'est en connaissant l'évolution de la vie au cours des temps passés, qu'il nous sera possible de spéculer sur notre avenir. Plus nous étudions cette histoire, et mieux nous comprenons l'interdépendance des espèces les unes avec les autres. Aujourd'hui, lorsqu'un scientifique étudie une espèce vivante, il étudie également son environnement. C'est finalement une vision plus globale que nous portons sur ce qui nous entoure.

Et l'homme dans tout ça ? Depuis les premières civilisations humaines, en passant par l'industrialisation et les révolutions technologiques de ces 20 dernières années, l'homme a cherché constamment à modeler son environnement. N'ayant pas de prédateurs autres qu'eux-mêmes, les individus de l'espèce humaine se multiplient, exploitant un peu plus tous les jours les richesses, limitées, de notre bonne vieille Terre. Mais le mot est lâché !

Nous sommes, au même titre que la vie qui nous entoure, une espèce comme les autres.

Notre développement et notre survie dépendent donc des espèces animales et végétales présentes sur notre planète. Or, depuis de nombreuses années, nous assistons à une nouvelle extinction de masse. On estime que ce sont trois espèces (animales et végétales) qui disparaissent toutes les heures. Et au rythme de nos activités, le phénomène va en s'accroissant. La biodiversité s'appauvrit un peu plus tous les jours, et en même temps, nos chances de voir l'espèce humaine continuer son histoire... Car n'oublions pas ce que la paléontologie nous enseigne : l'avenir d'une espèce ne s'ouvre que sur deux possibilités, s'adapter ou disparaître. Quelle sera la nôtre ?

E. L.

Emmanuelle Lambert est médiatrice scientifique au département des sciences de la Terre du Palais de la découverte. Elle a écrit le synopsis scientifique de l'exposition *Terre et vie*, une enquête scientifique et a réalisé la conception de *A fleur de Terre*, qui présente les volcans. Pour ce présent article, elle utilise la spécialité de son doctorat, la paléontologie, mais elle s'intéresse aussi aux problèmes environnementaux.