

La grande aventure de la vie sur Terre

Il suffit d'un peu d'eau, de soleil et de terre pour que la vie se déploie... Encore faut-il qu'ils existent ! Notre planète et tous ses habitants sont le fruit de milliards d'années d'infimes métamorphoses, ponctués de foisonnements soudains de plantes et d'animaux étranges, mais aussi de cataclysmes chimiques ou d'extinctions brutales d'espèces... De la goutte d'eau originelle à l'ancêtre des *Homo*, récit des premières fois de la vie.

Textes : William Rowe-Pirra
Illustrations : Julie Terrazoni

Il y a 4,6 milliards d'années

La Terre se forme

C'est dans une vaste soupe de poussières et de gaz que la Terre se forme progressivement, en même temps que les autres astres du Système solaire : au fil des collisions entre particules, la matière s'accumule et se condense par la force de gravité. Notre planète ne revêt pas encore les beaux atours que nous lui connaissons ; pas d'océans à sa surface, ni d'oxygène dans son atmosphère. Bombardée de corps célestes, soumise à une très forte activité volcanique et géologique, ce n'est pour des millions d'années encore qu'une énorme boule de roche en fusion. Son refroidissement progressif permettra la condensation de vapeur d'eau en nuages et la formation des tout premiers océans, berceau de la vie.

Entre -3,8 et
-3,5 milliards d'années

Au fond des océans, les premières briques de la vie

Après le vaisseau Terre apparaît son premier passager : la cellule. La vie dans sa plus simple expression ! Mais déjà dotée d'une excellente capacité à maintenir son intégrité dans un milieu fluctuant, d'une machinerie pour se fournir en énergie et, surtout, du pouvoir de se répliquer. Une apparition que les scientifiques – il y a consensus – attribuent... au hasard. Quelque part près de sources hydrothermales sous-marines, sortes de geysers situés au fond des océans, où tous les ingrédients auraient été réunis : des molécules précurseurs de l'ADN s'y seraient retrouvées encapsulées dans une enveloppe de lipides avec l'équipement nécessaire à leur subsistance. À côté des espèces ayant prospéré à l'époque, dont nous ne savons rien, les plus vieilles représentantes du vivant connues sont des cyanobactéries – des unicellulaires capables de photosynthèse. Des fossiles minéralisés en ont été découverts en Australie. Des structures similaires, âgées de 4,1 milliards d'années, pointeraient vers une origine encore plus précoce de la vie.

Il y a 2,4 milliards d'années

La Grande Oxydation

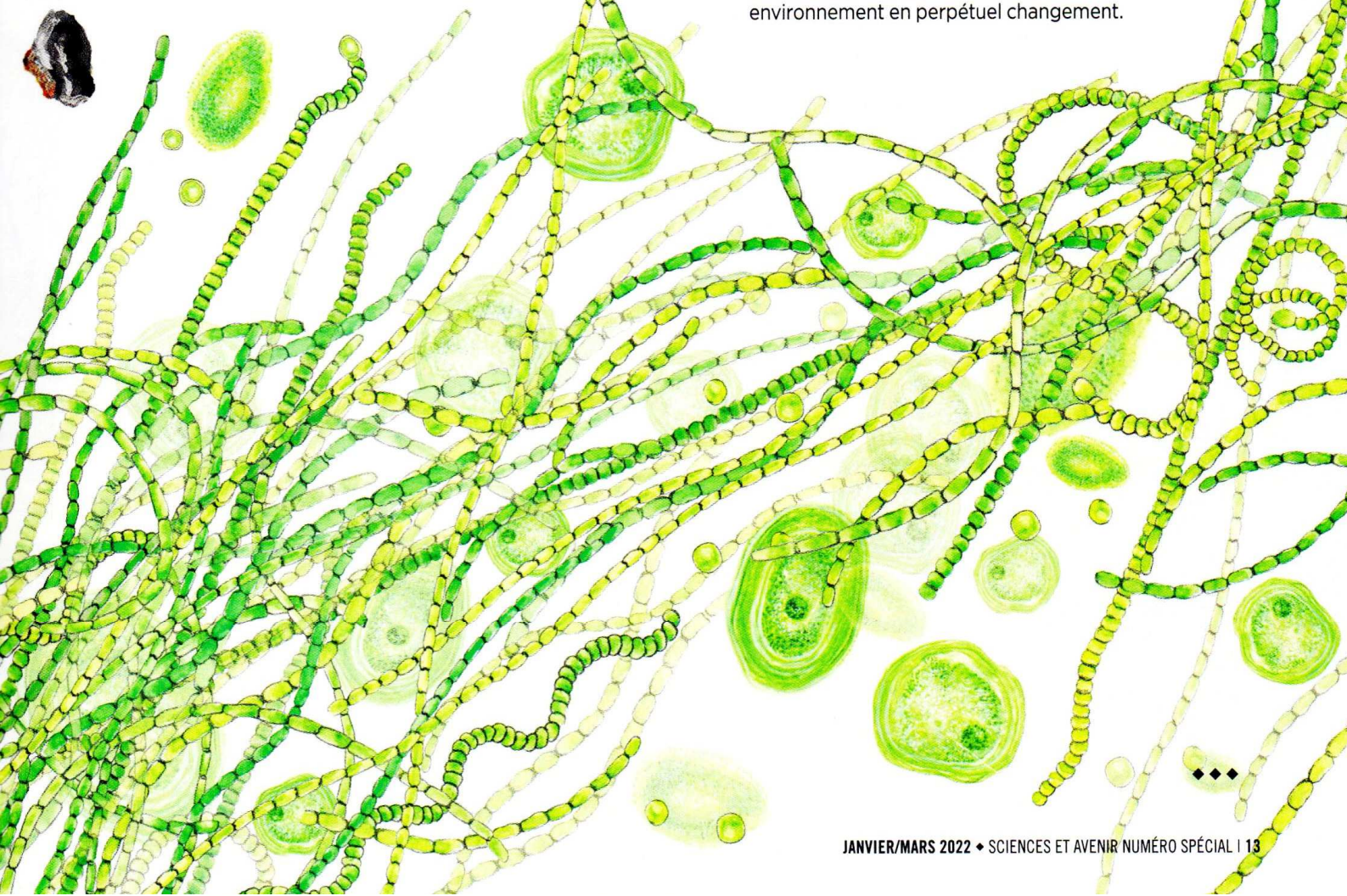
Déjà un milliard d'années que les cyanobactéries, véritables usines photosynthétiques, dégradent les molécules de dioxyde de carbone (CO_2), conservent le carbone (C) et rejettent le dioxygène (O_2) dans leur environnement. Le fer présent dans les océans capture ce gaz et réagit avec lui pour former des minéraux. Mais rien n'est éternel et, une fois le fer épuisé, le dioxygène va se répandre dans l'atmosphère. Cette crise écologique change le visage de la Terre à jamais ! Toxique pour la plupart des organismes, le dioxygène précipite l'extinction d'innombrables espèces puis, en réagissant avec le méthane déjà présent dans l'atmosphère, engendre une glaciation – dite huronienne – qui durera 300 millions d'années. Enfin, cette « grande oxydation » entraîne la formation de la couche d'ozone – un bouclier atmosphérique nécessaire contre les radiations venues de l'espace, sous l'égide duquel la vie va pouvoir se diversifier. Et comme le vivant s'adapte, de nouvelles espèces de bactéries et d'archées – autre forme de vie unicellulaire –, à présent dépendantes de l'oxygène, se mettent à prospérer.



Entre -2,1 et -1,6 milliard d'années

Les eucaryotes apparaissent et, avec eux, la sexualité

Une nouvelle page se tourne dans l'histoire du vivant avec l'apparition des eucaryotes. Ces cellules sont dotées d'un noyau protecteur contenant leur matériel génétique. Sont-elles issues d'archées ou plutôt de bactéries ? Difficile à dire, mais l'implication d'un processus biologique particulier, l'endosymbiose, ne laisse aucun doute. Celui-ci permet à une cellule d'assimiler un corps étranger en son sein. Or – et c'est ce qui les différencie, outre le noyau, des bactéries et des archées –, des éléments d'origine probablement étrangère, les eucaryotes en ont à revendre ! On les appelle organites, et ils jouent dans la cellule un ou plusieurs rôles précis. Les mitochondries pour la respiration cellulaire résulteraient ainsi de l'assimilation d'une bactérie par un eucaryote primitif. Une révolution en appelant une autre, cette nouvelle forme de cellule s'accompagne d'une façon inédite de se répliquer : la reproduction sexuée. Le mélange des gènes qui en découle produit de nouvelles combinaisons : un véritable avantage évolutif face à un environnement en perpétuel changement.



Il y a 1,2 milliard d'années

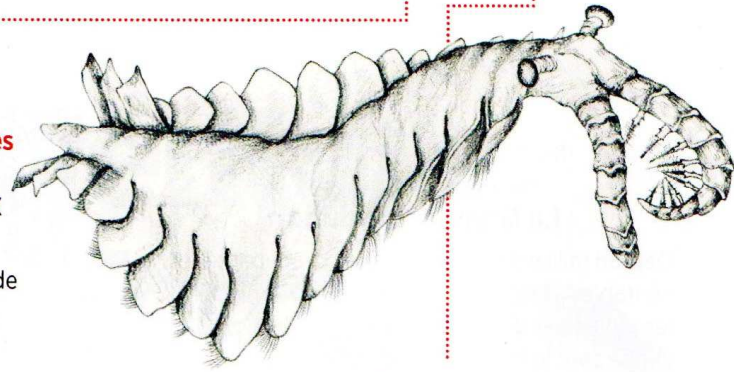
Les premières algues et la photosynthèse

On a longtemps considéré les cyanobactéries comme des algues, peut-être les toutes premières. Les scientifiques savent aujourd'hui qu'elles en sont plutôt des précurseurs, car leur structure est celle des bactéries, ou procaryotes, c'est-à-dire des organismes unicellulaires dépourvus de noyau. Leur capacité à exploiter la lumière du soleil pour se fournir en énergie va cependant bel et bien précipiter l'apparition de tout un pan du règne du vivant : les plantes. La première fut sans nul doute une sorte d'algue unicellulaire ; un eucaryote primitif qui assimila une cyanobactérie par endosymbiose. Cette bactérie devint peu à peu la structure qu'on appelle aujourd'hui chloroplaste, l'organite permettant la photosynthèse chez les plantes et les algues.

Il y a 575 millions d'années

Des organismes aux formes étranges

À la sortie d'une longue période de glaciation, la faune marine se développe. Si des études repoussent l'apparition des premiers animaux quelque 300 millions d'années plus tôt, une explosion de biodiversité donne alors naissance à certains des plus anciens organismes complexes connus avec (presque) certitude. *Dickinsonia* foliacée, *Charnia* à l'allure de tube ou encore *Tatena inflata* en forme de disque... Ils présentent des formes étranges, ce qui rend leur classification délicate. S'ils semblent avoir prospéré pendant des dizaines de millions d'années, ils furent évincés lors d'une explosion de biodiversité plus foisonnante encore.



Entre -541 et -530 millions d'années

L'explosion cambrienne

Cette nouvelle explosion va durablement marquer le monde du vivant. C'est la genèse de presque tous les embranchements majeurs d'animaux : arthropodes, mollusques, vers, éponges, échinodermes et chordés – ces organismes dotés d'une structure dorsale rigide et dont les vertébrés feront plus tard partie – y font leur apparition. Les océans fourmillent soudain d'une vie plus variée. D'une organisation simple (unicellulaires, petits organismes pluricellulaires, colonies de cellules), les êtres évoluent vers une structure beaucoup plus élaborée, avec des innovations essentielles : les intestins, la mâchoire, les yeux, ou encore un squelette interne minéralisé. Les changements sont de taille, littéralement, puisque les animaux gagnent aussi en envergure. Avec ses 80 centimètres, l'*Anomalocaris* était un véritable géant dans les mers cambriennes ! Mais explosion ne signifie pas chaos. L'écosystème marin, qui se complexifie conjointement, voit la mise en place d'une chaîne alimentaire bien établie, enrichie de nouvelles relations de prédation.



Extinction de l'Ordovicien-Silurien

Entre -450 et -440 millions d'années

Disparition de 60 à 70% des espèces. Elle serait le résultat d'un réchauffement global lié au volcanisme et à une diminution de la quantité d'oxygène disponible.

Extinction du Dévonien tardif

Entre -375 et -360 millions d'années

Disparition d'au moins 70% des espèces. Elle aurait eu lieu en plusieurs événements successifs sur une période de 15 à 20 millions d'années.

Entre -500 et -430
millions d'années

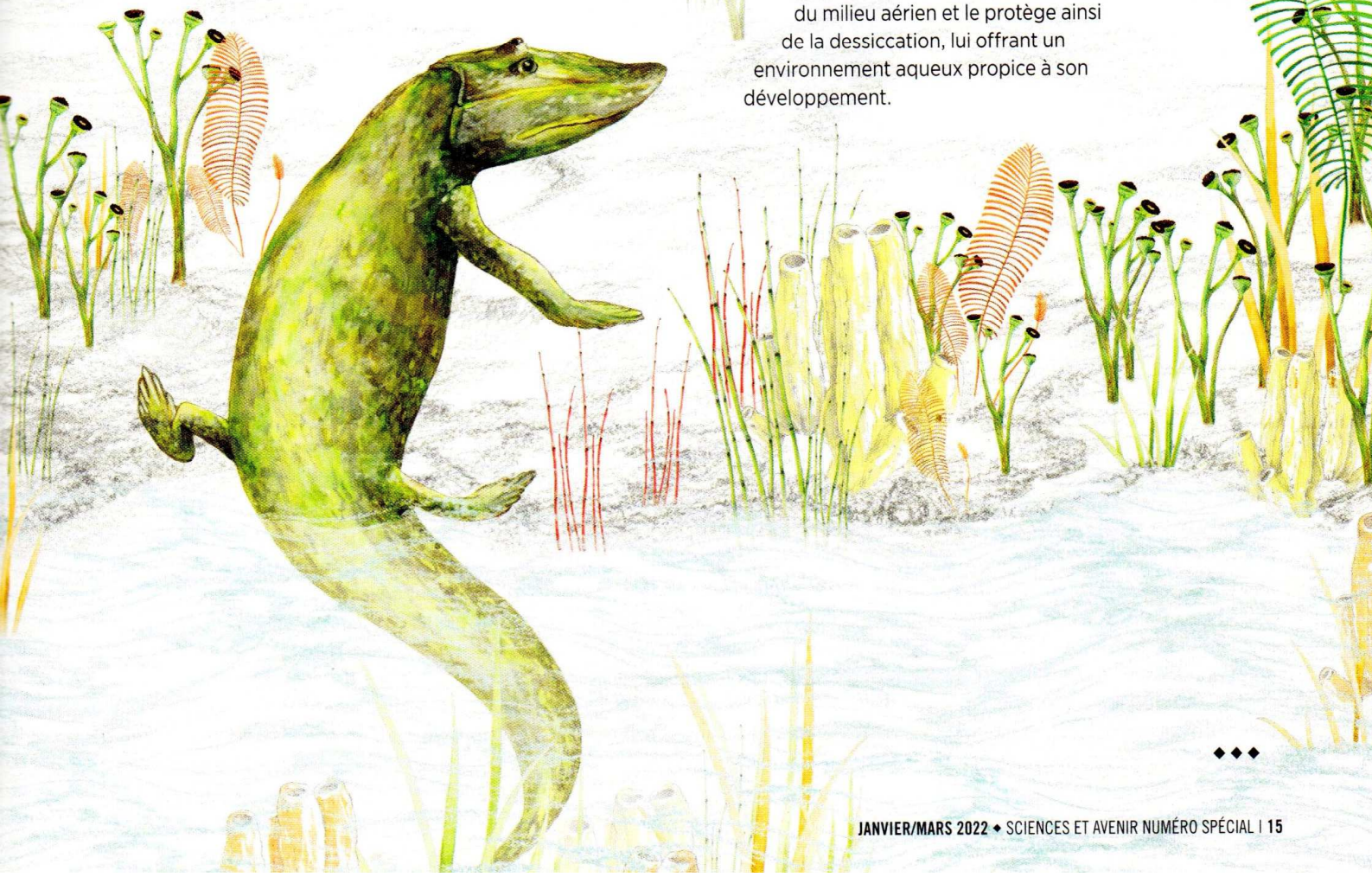
Les plantes, pionnières de la vie terrestre

Les plantes seront les premières à se risquer sur la terre ferme. Grâce à une série d'innovations physiologiques, elles deviennent capables de résister aux conditions jusqu'alors meurtrières de ce milieu: l'eau y est rare, les rayons ultra-violet plus dangereux que dans les océans. Leur arsenal s'enrichit de molécules essentielles, la lignine et la cellulose, entre autres. Elles permettent à ces végétaux de s'imperméabiliser et donc de réduire leurs pertes d'eau, mais aussi de rigidifier leurs parties aériennes afin de pouvoir pousser à l'air libre et résister à leur propre pression sans le soutien de l'eau, ainsi que de jouir d'une meilleure protection contre les radiations venues du ciel. Les pionnières de la vie terrestre sont probablement issues d'un groupe d'algues vertes capables de survivre à des émergences temporaires grâce à un mécanisme de symbiose avec des champignons. Avec le temps, la vascularisation des plantes provoque une augmentation de leur taille et une diversification.

Les tétrapodes se risquent hors de l'eau

Les animaux, eux aussi, vont parvenir à se hisser sur les territoires émergés. En tête de file: les tétrapodes – dotés de deux paires de membres locomoteurs – qui sont apparus en milieu aquatique. L'un des plus vieux proto-tétrapodes dont on ait retrouvé des fossiles, *Tiktaalik roseae*, pouvait se servir de ses articulations flexibles afin de se hisser sur les berges humides et de s'y déplacer brièvement. Vers -365 Ma, *Ichtyostega* est le premier animal connu à pouvoir entreprendre une locomotion purement terrestre. Il possède des côtes allongées et un sternum primitif qui protègent ses poumons contre la pression exercée à l'air libre par le poids de son propre corps. Mais ces animaux ne sont pas encore totalement

terrestres! Il faudra pour cela une autre innovation, vers -340 Ma, qui rompra pour de bon leur dépendance au milieu aquatique: l'œuf amniotique. Celui-ci, doté d'une membrane, isole l'embryon du milieu aérien et le protège ainsi de la dessiccation, lui offrant un environnement aqueux propice à son développement.



Extinction du Permien-Trias

Il y a 252 millions d'années

C'est la plus grosse crise écologique de l'histoire de la planète : 81 % des espèces marines et au moins 70 % des espèces terrestres disparaissent. Elle aurait été causée par une forte diminution des taux d'oxygène et une acidification des océans dues à d'importantes éruptions volcaniques.

Extinction du Trias-Jurassique

Il y a 201 millions d'années

Disparition de 70 à 75% des espèces, pour la plupart des archosaures non dinosauriens (des reptiles liés aux ptérosaures ou aux crocodiles modernes) et des thérapside – ou reptiles mammaliens –, laissant les dinosaures à peu près sans compétiteurs.

Vers -350 millions d'années

Des graines, des racines et... des ailes

Arrimées à la terre ferme, les premières plantes terrestres dépendaient encore largement de l'humidité pour se reproduire. Leurs spores germaient et produisaient des gamètes mâles qui « nageaient » dans les sols très humides de leurs habitats à la recherche d'un gamète femelle. À l'instar de l'œuf amniotique pour les tétrapodes, le développement de la graine, un ovule contenu dans une enveloppe appelée tégument, rompt la dépendance des plantes aux milieux aqueux. Les gymnospermes, ou plantes à graines nues – tels nos sapins contemporains –, développent alors des cônes, dans lesquels ils stockent leurs graines; encore un moyen de résister à la dessiccation et de survivre plusieurs années en milieu sec avant de germer. Cette innovation est une arme décisive dans l'arsenal des végétaux pour la conquête complète du milieu terrestre. C'est aussi de cette époque que date le plus vieux fossile d'insecte connu, mais ses caractéristiques laissent entendre que les premiers insectes sont apparus quelques dizaines de millions d'années plus tôt, pendant le Silurien.

Entre -234 et -210 millions d'années

L'avènement des dinosaures

Avant de devenir de fascinants géants, les dinosaures sont apparus sous la forme de petits bipèdes carnivores, généralement longs d'un à deux mètres. L'extinction du Permien-Trias, la plus grosse crise écologique de l'histoire terrestre, assurera leur succès, créant dans le vivant un vide qu'ils combleront. Ils domineront ainsi la planète pendant près de 175 millions d'années, sous des formes – et des tailles – diverses. Le plus grand d'entre eux, le Titan de Patagonie (*Patagotitan mayorum*), mesurait 37 mètres et pesait 69 tonnes. C'est dans ce monde de colosses que se sont développés les tout premiers mammaliaformes – les précurseurs des mammifères –, vraisemblablement déjà dotés de fourrure et de la capacité d'allaiter. On attribue généralement leur survie à la diversité de leurs régimes alimentaires et de leurs modes de vie; certains étaient nocturnes, fousseurs, insectivores; d'autres arboricoles et fructivores... Déjà des animaux pleins de ressources!



Extinction du Crétacé-Paléogène

Il y a 66 millions d'années

Disparition de 75% des espèces, notamment des dinosaures, ammonites, plésiosaures (grands vertébrés aquatiques). Très probablement due à l'impact d'un grand corps cosmique et à ses conséquences ainsi qu'à une importante activité volcanique.

Extinction de l'Holocène

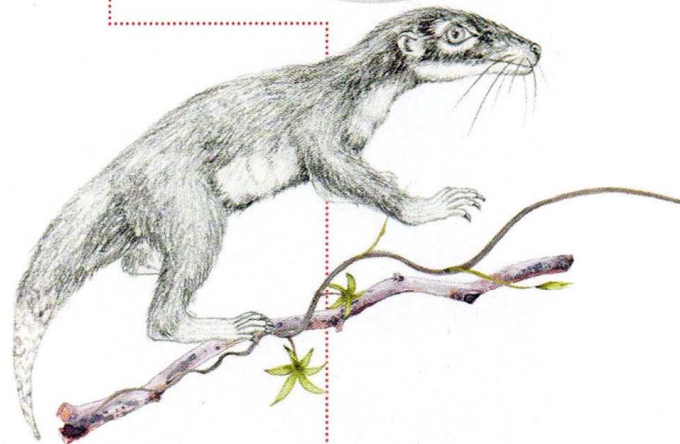
En cours

Due à l'humain, notamment à la croissance de sa population, la destruction des écosystèmes et la surconsommation des ressources. Sur 8 millions d'espèces présumées, un million seraient en danger immédiat d'extinction.

Il y a 66 millions d'années

La fin d'un monde

Bien connue puisqu'elle signe la fin du règne des dinosaures (à l'exception des oiseaux) et le début de l'ascension des mammifères, l'extinction de la fin du Crétacé serait due à l'impact d'une météorite d'un diamètre de 11 à 81 kilomètres qui s'est écrasée dans l'actuel Mexique, à l'endroit du cratère de Chicxulub. D'une puissance équivalente à plusieurs milliards de fois celle d'Hiroshima, l'explosion aurait soulevé des quantités astronomiques de poussières et de débris, masquant la lumière du Soleil et engendrant un puissant effet de serre pendant des milliers d'années. Cette longue « nuit », couplée à une très forte activité volcanique, aurait causé l'effondrement d'une grande partie des écosystèmes.



Il y a 7 millions d'années

Premières traces de vie humaine

Désormais maîtres de la surface du globe, les mammifères ont tout loisir de se diversifier. C'est ainsi que les Hominines – les espèces de la lignée humaine – apparaissent au sein des primates, en se séparant de la lignée des chimpanzés. Puis, il y a 3 millions d'années, l'assèchement du climat entraîne un recul du couvert forestier, ce qui précipite le genre *Homo* à la conquête d'écosystèmes ouverts comme les savanes... et au-delà. Leur pouce opposable, leur bipédie, l'augmentation de leur volume crânien ainsi que leurs innovations technologiques (feu, outils...) contribueront au succès croissant de leur lignée.

Il y a environ 135 millions d'années

Les fleurs dominent le paysage

La présence des plantes à fleurs ou angiospermes est avérée dès le Crétacé. Elles se distinguent de leur groupe frère, les gymnospermes, par une innovation remarquable : elles protègent leur ovule, la future graine, dans un ovaire qui deviendra, après maturation, un fruit. Un atout majeur puisqu'elles vont connaître une diversification rapide, notamment grâce à la pression de sélection exercée par les animaux avec lesquels elles co-évoluent – en particulier les insectes. Jusqu'ici majoritairement phytophages, ils transportent le pollen en volant de fleur en fleur. Les animaux frugivores, comme l'était peut-être le vilevolodon – semblable à l'écureuil-volant –, favorisent quant à eux la dispersion des graines contenues dans les fruits dont ils se délectent.

