

André Granier

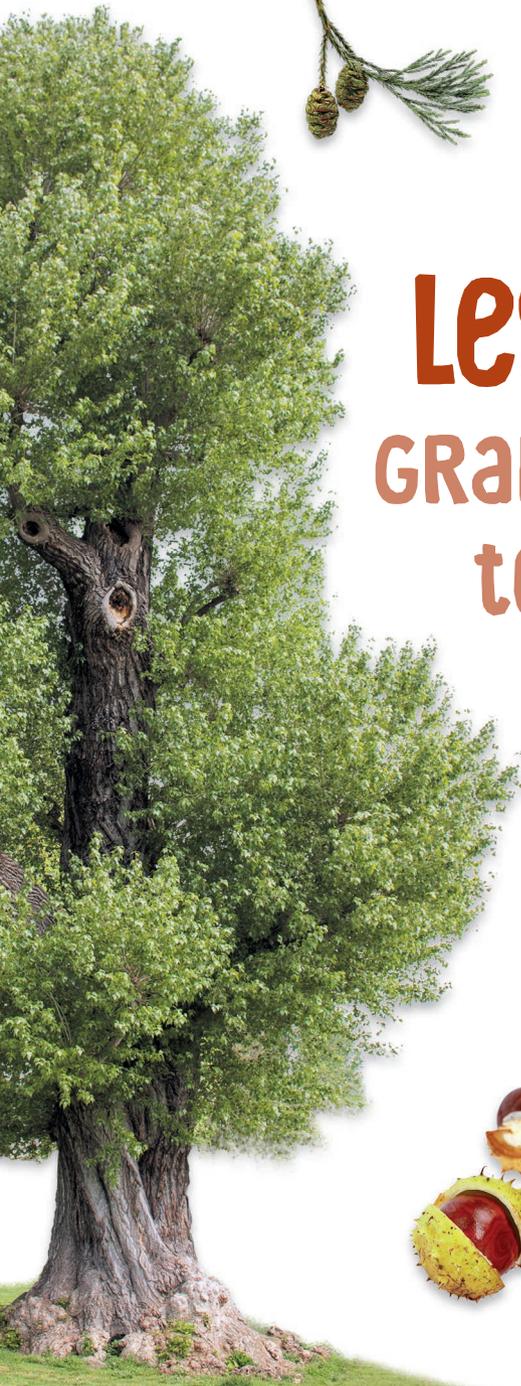


LES ARBRES GRANDISSENT-ILS toute LEUR vie ?

60 clés
pour comprendre
les arbres



éditions
Quæ



**Les arbres grandissent-ils
toute leur vie ?**

Collection Clés pour comprendre

Le goût, une affaire de nez ?

80 clés pour comprendre le goût
L. Briand, 144 p.

Toutes les bières moussent-elles ?

80 clés pour comprendre les bières
J.-P. Hébert, D. Griffon, 2019, 240 p. (réédition)

Les bactéries ressemblent-elles à des saucisses cocktail ?

80 clés pour comprendre le monde bactérien
J.-J. Pernelle, 2019, 152 p.

Faut-il sentir bon pour séduire ?

120 clés pour comprendre les odeurs
R. Salesse, 2019, 180 p. (réédition)

Les animaux et le sexe

60 clés pour comprendre
M. Keller, 2018, 112 p.

Éditions Quæ
RD 10

78026 Versailles Cedex, France
www.quae.com

© Éditions Quæ, 2021

ISBN (papier) : 978-2-7592-3323-6

ISBN (PDF) : 978-2-7592-3324-3

ISBN (e-pub) : 978-2-7592-3325-0

ISSN : 2261-3188

Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction partielle du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

André Granier

Les arbres grandissent-ils toute leur vie ?

60 clés pour comprendre les arbres

Éditions Quæ

Table des matières



Avant-propos	7
À la rencontre des arbres	11
Anatomie d'un géant vert	31
Fonctionnement de l'arbre	45
Un arbre ne vit pas tout seul	81
Vulnérabilité des arbres	101
L'arbre et l'homme	125
Références bibliographiques	144
Crédits iconographiques	150





Avant-propos

Les arbres ont toujours accompagné l'histoire de l'homme. Des preuves formelles attestent que le feu était déjà domestiqué il y a plus de 150 000 ans, mais une date beaucoup plus ancienne est avancée par certains chercheurs. Car, fragiles, très peu de vieux objets en bois sont parvenus jusqu'à nous. Toutefois, des conditions de conservation exceptionnelles ont permis de retrouver intacts, ornés de leurs peintures, des sarcophages égyptiens vieux de plus de 3 000 ans, fabriqués avec une grande maîtrise dans des bois de cèdre, d'if ou de figuier sycamore.

L'arbre fournit son bois depuis très longtemps. En effet, ce matériau abondant est doté d'une multitude de propriétés utiles, voire indispensables aux hommes : sa rigidité, mais aussi sa souplesse, son pouvoir isolant, ses propriétés acoustiques, la facilité de son travail. La forêt a également été pourvoyeuse d'aliments pour l'homme et le bétail, et de matériaux pour fabriquer les premières armes, des habitations, du mobilier. À ce jour, le bois reste la première source d'énergie domestique pour une grande partie de la population mondiale.

Excepté au cœur des déserts et dans les contrées subpolaires, les arbres peuplent notre planète. On en dénombre 60 000 espèces différentes. Certains restent très petits, qualifiés d'arbrisseaux ou d'arbustes, d'autres deviennent des géants. On peut mesurer la grande diversité des arbres en visitant les arboretums, jardins botaniques qui rassemblent des arbres originaires de tous les continents. Ces collections d'arbres constituent un moyen à la fois de sauvegarder des espèces rares ou menacées et d'évaluer la possibilité d'introduire des essences exotiques.



Les arbres grandissent-ils toute leur vie ?

Malgré son abondance, l'arbre reste mystérieux pour beaucoup d'entre nous. Il fascine par sa taille, parfois colossale, son fonctionnement complexe et son âge incertain : il peut vivre des siècles, voire des millénaires. Cette dimension temporelle est peut-être ce qui nous échappe le plus. La complexité de l'arbre au regard de la plante annuelle vient de son caractère pérenne. D'année en année, il accumule du bois dans son tronc, ses branches, ses racines. De nouveaux tissus apparaissent alors que d'autres meurent. Comme toutes les plantes supérieures, l'arbre, souvent en concurrence avec ses voisins, doit trouver les éléments nécessaires à sa croissance : lumière du soleil, dioxyde de carbone, eau et éléments minéraux. Plus il grandit, plus cet exercice devient difficile. Mais l'arbre a développé la capacité de faire monter l'eau, sous l'effet de l'aspiration par ses feuilles, à une hauteur pouvant dépasser 100 mètres, ce que nos pompes actuelles sont incapables de réaliser. Parallèlement, ses racines s'étendent à la mesure de sa partie aérienne pour chercher profondément l'eau et les éléments minéraux.

L'arbre ne vit pas seul dans un environnement minéral : au fil de millions d'années, les mécanismes de coévolution ont produit des associations étroites avec d'autres organismes avec lesquels il vit en symbiose. Parmi ces relations d'interdépendance figurent celles avec des champignons, les mycorhizes, certainement l'une des plus sophistiquées. Elles sont tellement intimes que certains chercheurs les considèrent d'ailleurs comme des organes à part entière. Aux côtés de l'arbre ont aussi évolué des ennemis qui le menacent, mais qu'il a appris à combattre : d'autres plantes, des animaux et des micro-organismes. Aussi, grâce aux nombreuses adaptations des arbres face aux aléas, qu'ils soient climatiques ou biotiques, les forêts montrent une grande résilience : après un incendie ou une attaque massive de ravageurs, le couvert forestier se régénère. C'est même le cycle de vie normal de certaines forêts, comme les forêts boréales, parcourues en moyenne tous les cent ans par de grands incendies d'origine naturelle.

Pourtant, la forêt est fragile. Avec le développement effréné des sociétés humaines, la forêt est un objet de convoitise, d'autant plus qu'elle est d'une apparente gratuité. L'homme exploite les forêts primaires tant pour y prélever du bois que pour conquérir des terres cultivables. Ces changements d'usage ont des conséquences profondes sur le fonctionnement global de notre planète. La recherche scientifique a en effet démontré le rôle positif de la forêt sur la régulation du cycle de l'eau, le maintien de la biodiversité et la capacité de résorber une part très significative de nos émissions de dioxyde de carbone, le principal gaz à effet de serre. Ces conflits d'intérêts entre la fonction de production de la forêt et la fourniture d'autres bénéfices — la protection de l'environnement et les



services récréatifs et culturels — sont susceptibles d’entraîner la disparition de certaines espèces. Toutefois, les pratiques de gestion des forêts évoluent et la sylviculture tend à devenir plus raisonnée qu’auparavant afin de stopper l’appauvrissement des sols et de maintenir les habitats de la biodiversité forestière.

S’appuyant sur des travaux scientifiques récents, cet ouvrage vise à répondre de façon simple aux nombreuses questions que l’on se pose sur l’arbre, ses origines, sa morphologie, son fonctionnement, ses alliés et ses ennemis. J’espère que ces notions donneront au lecteur un nouveau regard sur ce monde des grands ligneux et, en observateur plus attentif, une meilleure compréhension de ce qu’il a sous ses yeux au cours de ses promenades dans les parcs, les arboretums ou les forêts.







À la rencontre des arbres

1 Qu'est-ce qu'un arbre ?

Qu'est-ce qu'un arbre ? Une plante est-elle appelée « arbre » seulement quand elle atteint une certaine taille ou bien quand elle est constituée de bois ? En réalité, « arbre » n'est pas un terme botanique, mais plus une commodité de langage et de classement utilisée par les professionnels du monde végétal (horticulteurs, forestiers, paysagistes...). Pour cette raison, la définition d'un arbre peut différer sensiblement selon les sources. L'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) propose cette définition : « L'arbre est une plante ligneuse avec habituellement un seul tronc, poussant à une hauteur d'au moins deux mètres, ou, s'il y a plusieurs troncs, qu'au moins l'un deux fasse cinq centimètres de diamètre à hauteur de poitrine d'homme. »

L'arbre est qualifié de ligneux, car il contient une quantité importante de lignine (de l'ordre de 25 %), molécule qui assure sa rigidité. Il fabrique le bois, constitué de lignine, de cellulose et d'hémicelluloses (voir question 26), grâce à un tissu spécialisé, le cambium, qui permet la croissance en diamètre du tronc, des branches et des racines. Les plantes herbacées contiennent elles aussi de la lignine, mais en quantité moindre (10 à 14 %).



Les arbres grandissent-ils toute leur vie ?

Les botanistes ne considèrent pas les palmiers, cocotiers ou bananiers, comme des arbres, car, n'ayant pas de cambium, leur schéma de croissance est foncièrement différent : ces végétaux poussent en diamètre en accolant de nouveaux faisceaux de tissus aux anciens, partant de la base de leur tige, appelée « stipe ». Ces espèces sont considérées comme des plantes herbacées géantes.

Les spécialistes parlent d'arbustes quand, adultes, ils ne dépassent pas 5 m de hauteur, et d'arbrisseaux, qui sont de taille encore plus petite et possèdent plusieurs troncs. Cette classification est artificielle et n'a finalement pas grande importance. Et nous connaissons tous les bonsaïs, qui appartiennent aux arbres mais n'en ont évidemment pas les dimensions, car des techniques ancestrales sophistiquées contraignent et limitent leur croissance aérienne et souterraine : on les qualifie d'arbres nains. Le nanisme existe d'ailleurs naturellement dans des sites où les conditions climatiques et de sol sont très contraignantes, souvent en montagne pour des arbres poussant dans des anfractuosités avec un volume de sol très réduit.



Un chêne (à gauche), un houx (à droite) : tous deux sont des arbres.

Nous sommes impressionnés par des arbres, remarquables par leur architecture ou par leur dimension qui dépasse notre échelle. Certains atteignent et dépassent même la hauteur de 100 m. Le plus grand arbre vivant actuellement est un séquoia toujours vert (*Sequoia sempervirens*) qui pousse en Californie dans le Parc national des Redwoods. Baptisé *Hypérion*, il atteint 115 m de hauteur et son emplacement est tenu secret ! Cette espèce bénéficie d'un environnement très favorable : le sol y est riche, il n'y a pas de gelées, peu de tempêtes, et il règne en permanence une forte humidité atmosphérique.



Les tissus du tronc

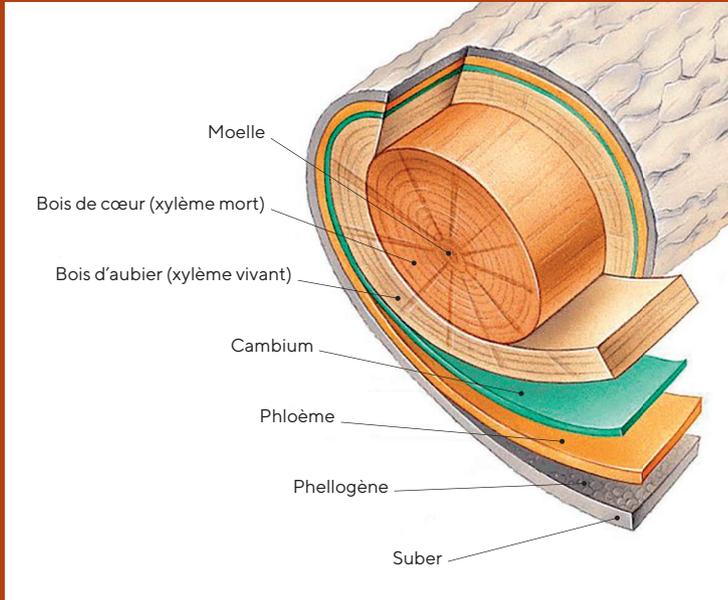
La plus grande partie du tronc est occupée par le xylème, qui est le bois proprement dit. Il se compose d'une partie morte et inactive, le bois de cœur, et d'une partie vivante, le bois d'aubier, qui conduit la sève brute. Un tronc scié montre souvent ces deux zones concentriques : en périphérie, l'anneau plus ou moins large constitué du bois d'aubier entoure le bois de cœur au centre, souvent de couleur plus sombre. Il faut parfois plus de dix ans pour que le bois de cœur commence à se former, et quelques espèces n'en possèdent pas véritablement.

Le cambium, très mince car constitué d'une seule couche de cellules, enve-

loppe le xylème. Sa fonction est de générer les deux tissus conducteurs de la sève : le xylème et le phloème (voir question 19).

Plus en périphérie du tronc, on trouve le phellogène, un tissu-mère fabriquant le suber, qui est la partie morte de l'écorce. La composition de ce dernier diffère un peu de celle du bois, avec une présence importante de polyphénols, de subérine et d'éléments minéraux.

L'ensemble de ces trois tissus, cambium, phellogène et phloème, est très fragile, mais l'écorce leur assure une protection efficace contre les agressions climatiques, mécaniques ou biologiques.





Les arbres grandissent-ils toute leur vie ?

L'étroite bande pacifique allant de la Colombie-Britannique à la Californie recèle d'ailleurs d'autres très grands arbres, des sapins de Douglas ou des tsugas. Des documents de la fin du XIX^e siècle rapportent qu'un sapin de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) abattu dans l'État de Washington atteignait 130 m de hauteur, faisant de lui le plus grand arbre jamais mesuré sur Terre. Dans d'autres régions du globe, ce ne sont pas des conifères, mais des espèces feuillues (des angiospermes) qui détiennent les records de hauteur. En Tasmanie, île située au sud de l'Australie, on trouve des eucalyptus géants qui atteignent 100 m de hauteur. Une question se pose alors : y a-t-il une limite de hauteur que les arbres ne peuvent dépasser ? Des chercheurs, se basant sur les lois de l'hydraulique et sur la physiologie cellulaire, ont calculé que cette limite était proche de 130 m, soit la taille de ce grand sapin de Douglas ouest-américain. Si le séquoia toujours vert est le plus grand arbre vivant actuellement sur Terre, il n'est pas le plus gros en volume. Le record du plus gros est détenu par le séquoia géant (*Sequoiadendron giganteum*). L'un d'entre eux, appelé « Général Sherman », haut seulement (!) de 83 m, possède un tronc dont le diamètre est de 8,8 m et le volume de 1 500 m³. La masse totale de l'arbre est estimée à 2 100 t. Il faudrait une centaine de camions poids lourd pour le transporter.

Enfin, un autre record est celui du plus gros diamètre de tronc, détenu par « l'arbre de Tule », un très vieux cyprès de Montezuma (*Taxodium mucronatum*) qui pousse au Mexique dans l'État d'Oaxaca. Son diamètre est de 14,4 m, mais il ne mesure toutefois que 41 m de hauteur.

2 Combien d'arbres sur Terre ?

En observant une carte de la répartition des forêts actuelles dans le monde, on est frappé par leur forte concentration dans certaines zones et leur absence totale dans d'autres. La distribution des forêts est avant tout déterminée par le climat. On trouve ainsi beaucoup de forêts sous les latitudes moyennes de l'hémisphère nord, de façon générale très favorables à la végétation : au Canada, aux États-Unis d'Amérique, en Europe, en Russie. Elles sont également très présentes dans les zones tropicales chaudes et humides d'Amérique centrale et du Sud, d'Afrique de l'Ouest et d'Asie du Sud-Est. En dehors de ces régions où la température et les précipitations sont favorables, les arbres se font rares : c'est le cas des zones subboréales, de l'Asie centrale, des hautes montagnes, et évidemment des déserts. Les activités humaines ont aussi façonné cette répartition en remplaçant au fil des siècles les forêts par des cultures, comme en France dans les grandes plaines céréalières. Actuellement, les forêts couvrent 31 % de la surface des terres émergées, le reste étant occupé à parts presque égales par les espaces agricoles et les zones stériles (glaces, hautes montagnes, plans d'eau douce, déserts...).



Le nombre d'arbres dans le monde a fait en 2015 l'objet d'une publication réalisée par une équipe internationale de chercheurs. Comme il est évidemment impossible de compter les arbres individuellement, les chercheurs ont combiné deux approches : des inventaires de terrain (plus de 400 000 !) et des méthodes de télédétection basées sur des photos satellitaires. Dans cette étude, l'arbre a été défini comme un végétal de diamètre supérieur à 10 cm à hauteur d'homme, ce qui inclut les végétaux comme les palmiers. D'après ce travail, il y aurait sur Terre plus de 3 000 milliards d'arbres. Les régions les plus riches sont les forêts tropicales et subtropicales, qui en comptent 1 300 milliards, soit plus d'un tiers du total. Viennent ensuite les régions boréales (la taïga notamment) avec 740 milliards d'arbres, puis les régions tempérées (660 milliards). Les 300 milliards restants se répartissent entre les régions méditerranéennes, subdésertiques, les toundras, etc.

Évidemment, on trouve beaucoup d'arbres d'une même espèce, alors que d'autres espèces ont peu de représentants. Ce constat suscite la question suivante : combien y a-t-il d'espèces d'arbres sur Terre ? Une équipe de chercheurs issus d'une centaine de jardins botaniques de nombreux pays a récemment estimé que la Terre compterait plus de 60 000 espèces d'arbres. Cette diversité est principalement représentée par les arbres feuillus (les angiospermes), tandis qu'on dénombre à peine plus de 700 espèces de conifères dans le monde, alors qu'à l'ère secondaire ces derniers en comportaient plus de 20 000.

Un pays détient de loin le record de cette diversité : le Brésil, avec 8 715 espèces d'arbres. Puis viennent la Colombie (5 776), l'Indonésie (5 142), le Venezuela (4 656), le Pérou (4 439) et la Chine (4 635). La France métropolitaine, dont plus d'un quart du territoire est boisé, ne compte que 190 espèces d'arbres. Mais avec le département de la Guyane, le score remonte de 1 200 espèces. Les régions tempérées sont donc caractérisées par une faible diversité ligneuse et contrastent avec la richesse des tropiques et des régions méditerranéennes. Ainsi, lorsqu'on ne dénombre sur un hectare de forêt que quelques espèces en France métropolitaine, souvent 2 ou 3, jusqu'à une dizaine au maximum, un hectare de forêt guyanaise en compte plus de 100 !

Parmi ces 60 000 espèces d'arbres, certaines sont rares, et un bon nombre, estimé à 9 600, en voie de disparition. D'autres, au contraire, sont largement répandues, et très fréquentes dans toute l'Europe : le pin sylvestre, le hêtre, les chênes sessile et pédonculé, le sapin pectiné, l'épicéa, qui forment de grandes forêts en mélange avec seulement une ou deux espèces secondaires.

Enfin, les forêts du Grand Nord peuvent être d'une extrême pauvreté, peuplées parfois d'une seule espèce : l'épicéa gris, l'épinette noire ou le mélèze.



Les arbres grandissent-ils toute leur vie ?



Il existe actuellement des forêts de fougères arborescentes proches de leurs ancêtres de l'ère primaire (ici, dans une forêt martiniquaise). On peut dater leur apparition en remontant dans le temps les mutations génétiques qui ont conduit une espèce éteinte à une autre espèce actuelle dont on connaît le génome (méthode de l'horloge moléculaire).

3 Depuis quand les arbres existent-ils ?

Les arbres existent sur Terre depuis très longtemps, presque 400 millions d'années. Mais auparavant, notre planète, née il y a 4,5 milliards d'années, avait déjà une très longue histoire jusqu'à l'apparition de la vie dans les océans. Les premières plantes terrestres seraient apparues il y a 420 millions d'années, chiffre récemment revu à la hausse de plusieurs dizaines de millions d'années grâce à la méthode de l'horloge moléculaire (voir question 7). Le climat étant devenu propice, une végétation abondante a conquis les terres émergées tout en se diversifiant. Dans la compétition de plus en plus forte entre les espèces végétales qui foisonnaient, un des principaux challenges était la captation de la lumière du soleil, problème d'ailleurs toujours d'actualité dans le règne végétal. Cette course vers la lumière a favorisé l'apparition et le développement de plantes toujours plus hautes, notamment des fougères arborescentes. Sont apparues des espèces qui ont commencé à synthétiser une nouvelle macromolécule, la lignine : c'étaient les premiers arbres. Le plus ancien fossile d'arbre date d'il y a 385 millions d'années, lors de la période géologique du Dévonien, au milieu de l'ère primaire. Cet arbre, baptisé « *Wattieza* » par les paléobotanistes, mesurait une dizaine de mètres de hauteur et ressemblait à un palmier. Contrairement à nos plantes à fleurs, sa reproduction se faisait par des spores, comme actuellement nos fougères et nos champignons.



La période du Carbonifère a vu se développer de grandes forêts dominées par des familles aujourd'hui disparues, ou dont il ne reste que quelques rares espèces. C'étaient les lépidodendrons, les sigillaires, les calamites, les cordaites, qui peuplaient les régions équatoriales. Dans les zones tempérées prospéraient des arbres à feuilles caduques (*Glossopteris*). À côté des fougères classiques dont les feuilles portent des sporanges, certaines portaient des graines.

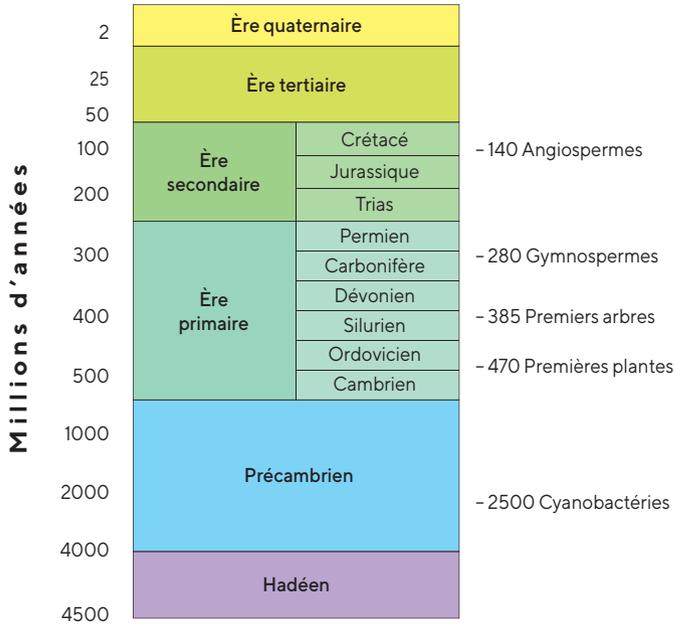
C'est lors du Carbonifère que se sont constitués nos gisements de charbon, à partir de l'accumulation de la biomasse des végétaux. L'énorme quantité de charbon qui s'est formée pendant cette période est le résultat de deux facteurs. D'une part, on suppose que la végétation était extrêmement abondante, dans un climat probablement tropical humide. D'autre part, il faut considérer l'échelle de temps très longue du Carbonifère : plus de 60 millions d'années. Outre la luxuriance de la végétation, cette période charnière dans l'histoire de la vie sur Terre a vu l'apparition de nombreuses espèces animales qui allaient à leur tour conquérir les terres : les reptiles et les insectes. Puis un événement de grande ampleur intervenu avant la fin du Carbonifère a provoqué l'extinction de nombreuses espèces végétales. Le climat, longtemps resté tropical humide, serait devenu froid et sec sous l'effet d'une glaciation. L'évolution végétale s'est néanmoins poursuivie : les premiers arbres gymnospermes (actuellement, les conifères forment la majeure partie de cette division botanique) apparurent à la fin de l'ère primaire. Ce groupe allait longtemps dominer les terres émergées, avec une apogée au Jurassique. Certaines espèces étaient d'ailleurs anatomiquement très proches de celles que nous connaissons.

Beaucoup plus tard, il y a 140 millions d'années, s'est produit un tournant majeur dans l'histoire des végétaux avec l'apparition des angiospermes, communément appelés « feuillus » lorsqu'il s'agit des arbres. Ils se caractérisent par le fait de posséder des fleurs ; plus précisément, les angiospermes possèdent des ovaires enveloppant les ovules, contrairement aux gymnospermes, dont les ovules sont nus.

Apparus au Crétacé, les angiospermes descendent d'ancêtres encore inconnus. À cette époque, la Pangée, supercontinent qui existait depuis le Carbonifère, avait commencé à se disloquer, avec pour conséquence majeure des évolutions différentes dans les nouveaux continents. Depuis le Crétacé, les angiospermes se sont considérablement diversifiés, beaucoup plus que les gymnospermes, malgré la très longue histoire de ces derniers. Actuellement, presque 99 % des espèces d'arbres sont des angiospermes. Parallèlement à l'explosion du nombre d'espèces s'est développée la pollinisation, favorisée par la diversification et la spécialisation des insectes et des autres animaux pollinisateurs. Beaucoup de genres et d'espèces qui vivaient au moment de l'extinction des dinosaures, il y a 66 millions d'années, existent encore, avec parfois de légères modifications.



Les arbres grandissent-ils toute leur vie ?



Datation de l'apparition des arbres.

On notera que l'échelle des temps sur la gauche dilate volontairement les quatre ères géologiques qui font suite au très long Précambrien.

Les espèces panchroniques

Qualifiées abusivement de « fossiles vivants », certaines espèces d'arbres, dites « panchroniques », n'ont subi aucun changement notable de leur apparition jusqu'à nos jours. Un exemple chez les mollusques est le nautilus, proche des ammonites, toutes éteintes en même temps que les dinosaures. Chez les arbres, le *Ginkgo biloba* est l'une des espèces panchroniques les plus connues. Cet arbre, très apprécié pour la beauté de son feuillage, est souvent planté dans les parcs et les jardins. Il est issu d'une

très ancienne lignée remontant à 180 millions d'années. Récemment, une découverte a passionné les scientifiques et les amateurs de botanique : en 1994, un garde forestier a découvert par hasard dans un canyon australien un arbre totalement inconnu. Cette nouvelle espèce, parente des araucarias, a été baptisée *Wollemia nobilis*. Très peu d'individus ayant été trouvés, l'espèce, rarissime, est très protégée. Un programme de multiplication a été lancé et permettra probablement de la sauver.