

LES VÉGÉTAUX

Évolution, développement et reproduction

Lydie Suty



Les notions essentielles

28 schémas pédagogiques

Une synthèse par chapitre

éditions
Quæ

LES VÉGÉTAUX

**ÉVOLUTION, DÉVELOPPEMENT
ET REPRODUCTION**

Lydie Suty

Éditions Quæ

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex, France
www.quae.com

© Éditions Quæ, 2014
ISBN : 978-2-7592-2249-0

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, même 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.

AVANT-PROPOS

Cet ouvrage est le premier d'une série conçue comme un ensemble de fascicules abordant différents domaines de l'agroécologie afin d'aider à la compréhension de ce vaste sujet en pleine évolution.

Les végétaux étant au centre de tous les écosystèmes aquatiques et terrestres, trois ouvrages leur seront consacrés, abordant respectivement leur présentation générale, leurs relations avec leur environnement et, enfin, les symbioses qu'ils établissent avec d'autres organismes vivants tels que bactéries et mycètes.

La conception de ces ouvrages nécessite une concision qui ne permet pas de développer l'immense biodiversité végétale ni de rentrer dans les débats passionnés et passionnants concernant, par exemple, les différentes hypothèses sur les premières étapes de la vie sur Terre, l'évolution de la lignée végétale et les différentes classifications des végétaux. Pour élargir leurs connaissances et se faire une meilleure idée de l'avancée de ces débats, les lecteurs trouveront des indications bibliographiques en fin d'ouvrage, ainsi qu'un glossaire et un petit quiz.

SOMMAIRE

1. Évolution de la lignée végétale	6
1.1. De la soupe primitive aux cyanobactéries.....	6
1.2. Des cyanobactéries aux Angiospermes.....	8
1.2.1. Les Protophytes (protistes végétaux).....	9
1.2.2. Les algues.....	10
1.2.3. Les Bryophytes.....	10
1.2.4. Les Ptéridophytes.....	10
1.2.5. Les Gymnospermes.....	10
1.2.6. Les Angiospermes, ou plantes à fleurs.....	11
À retenir.....	11
2. De la cellule végétale aux tissus spécialisés	12
2.1. Structure et ultrastructures de la cellule végétale.....	12
2.1.1. Structure et ultrastructures des cellules eucaryotes.....	12
2.1.2. Ultrastructures propres à la cellule végétale.....	14
2.2. Différenciation cellulaire et tissus spécialisés.....	16
2.2.1. Différenciation cellulaire, totipotence, mort cellulaire programmée.....	16
2.2.2. Principaux tissus spécialisés.....	18
À retenir.....	19
3. Développement et architecture de la plante	20
3.1. Fonctionnement des méristèmes.....	22
3.1.1. Différents types de méristèmes.....	22
3.1.2. Division cellulaire : mitose et méiose.....	23
3.2. Organogenèse.....	24
3.2.1. Tiges, racines, feuilles.....	24
3.2.2. Fleurs.....	25
3.2.3. Phyllotaxie : disposition des organes.....	25
3.3. Contrôle génétique du développement.....	25
À retenir.....	27
4. Cycles de reproduction des végétaux	28
4.1. Reproduction végétative et reproduction sexuée.....	28
4.2. Reproduction des algues, mousses et fougères.....	28
4.3. Reproduction des Gymnospermes.....	30
4.4. Reproduction des Angiospermes.....	30
4.4.1. Floraison : les différents organes reproducteurs.....	31

4.4.2. Pollinisation et fécondation	32
4.4.3. Fructification, embryogenèse et dormance des graines	33
4.4.4. Germination.....	34
<i>À retenir</i>	34
5. Les végétaux et la lumière	35
5.1. La photosynthèse.....	35
5.1.1. Collecte de la lumière et photosystèmes	37
5.1.2. Fixation du carbone	37
5.1.3. Synthèse, stockage et exportation des glucides	38
5.2. Photobiologie et photomorphogenèse.....	40
5.2.1. Principaux photorécepteurs	40
5.2.2. Régulation de la croissance et du développement par la lumière.....	40
<i>À retenir</i>	41
6. Les phytohormones ou régulateurs de croissance	42
6.1. Les principales phytohormones : synthèse et rôles	42
6.2. Interactions phytohormones-lumière-température. Notion de rythmes circadien et saisonnier.....	44
<i>À retenir</i>	45
7. Nutrition des végétaux	46
7.1. Exploitation des ressources du sol	47
7.1.1. Nutrition minérale : eau, macro- et micro-éléments essentiels	47
7.1.2. Nutrition azotée	49
7.2. Liens entre photosynthèse, évapotranspiration et absorption racinaire.....	50
7.3. Cas particuliers : plantes carnivores et plantes parasites.....	51
7.4. Sénescence et remobilisation des ressources : remplissage des fruits et des graines.....	52
<i>À retenir</i>	53
Quiz.....	54
Bibliographie et sites recommandés	57
Glossaire	58

1. Évolution de la lignée végétale

1.1. DE LA SOUPE PRIMITIVE AUX CYANOBACTÉRIES

Le processus d'apparition de la vie sur Terre fait encore l'objet d'intenses controverses mais les toutes premières étapes se sont produites dans la « soupe primitive » résultant de la condensation de vapeur d'eau, de méthane, d'ammoniac et de dioxyde de carbone qui a suivi la formation de la planète, il y a environ 4,6 milliards d'années. Dans ce milieu très réactif, soumis pendant des centaines de millions d'années à des températures et des pressions élevées ainsi qu'à des décharges électriques et des rayonnements intenses, se sont élaborées les premières biomolécules complexes à l'origine des formes de vie sur Terre : glucides, acides aminés (éléments de base des protéines), lipides et acides nucléiques (ARN : acide ribonucléique ; ADN : acide désoxyribonucléique). C'est le domaine de la chimie prébiotique (avant la vie).

La **figure 1** présente les étapes les plus probables menant de la soupe primitive aux cyanobactéries, premiers organismes eucaryotes unicellulaires photosynthétiques. Elles peuvent être résumées ainsi :

- synthèse de biomolécules complexes ;
- compartimentation et concentration de ces biomolécules dans des vésicules entourées d'une membrane lipidique ;
- évolution de ces vésicules en cellule primitive (du latin *cellula*, petite chambre), une structure entourée au minimum d'une membrane séparant le milieu intérieur de l'extérieur tout en permettant des échanges. Une cellule contient au moins une molécule d'ADN qui constitue son génome ;
- apparition d'un ancêtre commun unicellulaire appelé LUCA (Last Universal Common Ancestor).

Les bactéries sont généralement considérées comme les premières formes de vie organisée car on en a retrouvé des fossiles dans des sédiments d'environ 3,5 milliards d'années, mais de nombreux scientifiques pensent que cela aurait pu être un grand virus à ARN capable de s'autoreproduire. L'exploration récente de milieux très hostiles (volcans, sources d'eau sous-marine bouillante...) a permis de caractériser un groupe de bactéries, les Archaeobactéries, capables de vivre dans les conditions de la Terre primitive, où la température de l'eau de surface était encore de plus de 90 °C il y a environ 3,8 milliards d'années.

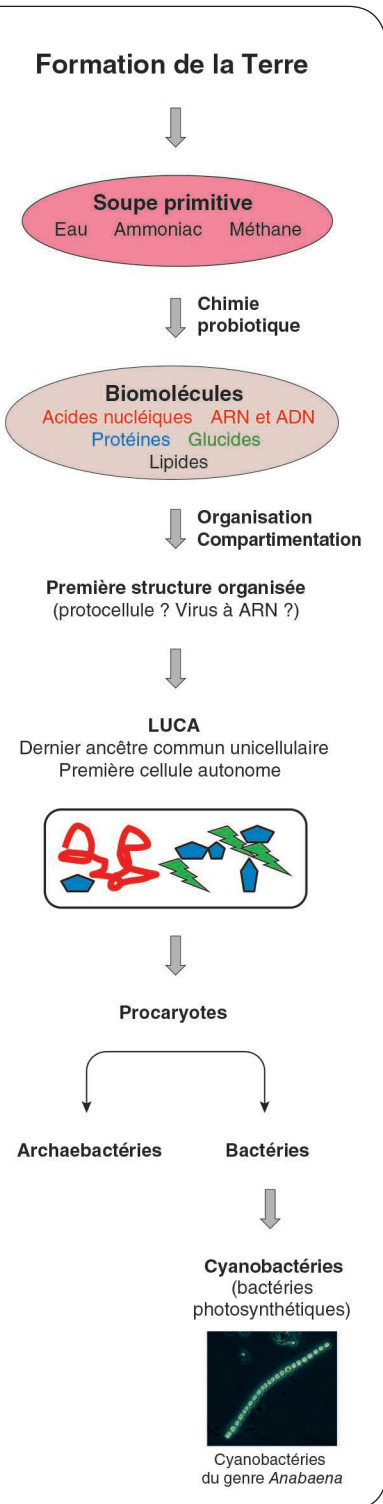
Archaeobactéries et bactéries sont des organismes unicellulaires avec peu de compartimentation interne et dont le patrimoine génétique n'est pas inclus dans un noyau. Ce type cellulaire a été appelé procaryote (avant le noyau), et les cellules possédant un noyau, eucaryotes.

Archaeobactéries, Bactéries et Eucaryotes sont les trois domaines universellement reconnus du monde vivant, mais de nombreux chercheurs ont proposé d'en ajouter un quatrième, celui des virus.

– 4,6 milliards d'années

– 3,8 milliards d'années

– 3,5 milliards d'années



En l'absence d'oxygène, les bactéries ont d'abord utilisé la fermentation du glucose, abondant dans la soupe primitive, pour fabriquer de l'ATP, forme universelle de stockage d'énergie du vivant. Les ressources en glucose se sont rarifiées et, pour survivre, des bactéries ont développé une innovation métabolique majeure, la photosynthèse, permettant la synthèse de glucides à partir de l'énergie solaire et du dioxyde de carbone présent en grande quantité dans l'eau et l'atmosphère.

Chez les bactéries pourpres, la photosynthèse est anaérobie et utilise le sulfure d'hydrogène pour réaliser la synthèse des glucides puis elle est devenue aérobie chez les cyanobactéries en utilisant l'eau pour synthétiser les glucides. Grâce à cette nouvelle fonction, ces bactéries sont devenues autotrophes c'est-à-dire capables de fabriquer tous leurs composants organiques à partir d'éléments minéraux simples.

Chez les premières cyanobactéries (ou cyanobiontes = végétaux bleus), le principal pigment récepteur de lumière était la phycocyanine, plus efficace que la chlorophylle pour collecter la lumière traversant la couche d'eau où elles vivaient (jusqu'à 100 m). Les cyanobactéries ont évolué jusqu'à nos jours et il en existe plus de 7000 espèces, qui diffèrent par leurs pigments et par leurs variantes photosynthétiques.

Leur développement rapide a permis l'enrichissement des eaux puis de l'atmosphère en dioxygène (O_2) produit lors de la photosynthèse : la teneur en oxygène de l'atmosphère terrestre il y a trois milliards d'années était environ de 2 % alors que sa teneur actuelle est de 21 %. L'augmentation progressive de la concentration en oxygène a induit une nouvelle fonction, la respiration (développement de formes de vie aérobie) pour un meilleur rendement énergétique : production de 36 ATP (respiration) au lieu de 2 (fermentation) à partir d'une molécule de glucose. Cela a aussi eu pour conséquence la formation de la couche d'ozone (O_3) et le refroidissement de l'atmosphère à la suite de la consommation du dioxyde de carbone. Les cyanobactéries proches de la surface ont ensuite favorisé la photosynthèse à base de chlorophylle (voir 5.1), fonction emblématique du règne végétal ou Plantae, l'un des 6 règnes actuellement reconnus au niveau international : Archaea (Archées), Bacteria (Bactéries), Protista (Protistes), Fungi (Mycètes ou champignons), Plantae (Plantes), Animalia (Animaux). La **figure 2** résume les principaux niveaux de classification des organismes vivants.

Quel que soit le scénario exact, la vie est apparue très tôt puis elle a évolué lentement et il a fallu environ 3 milliards d'années pour voir exploser la biodiversité, accompagnée de la complexification des relations entre tous les organismes vivants.

◀ **Figure 1.** De la soupe primitive aux cyanobactéries, évolution la plus probable.

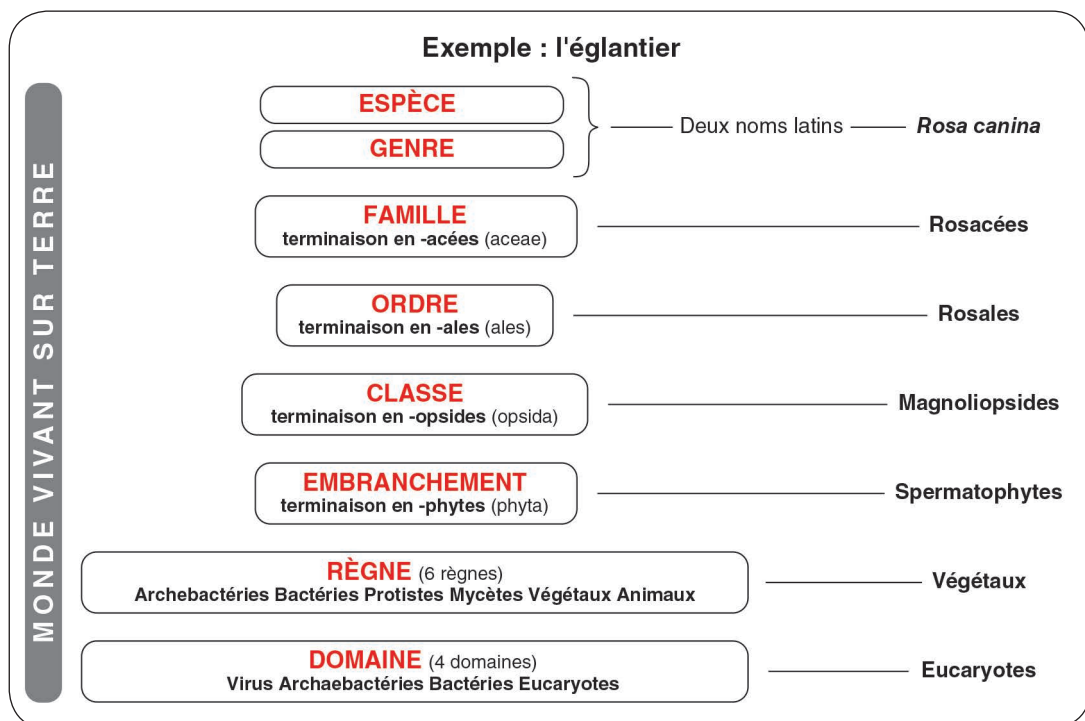


Figure 2. Principaux éléments de classification des végétaux. Les terminaisons sont celles utilisées dans la taxonomie des pays francophones (entre parenthèses : celles de la taxonomie internationale).

1.2. DES CYANOBACTÉRIES AUX ANGIOSPERMES

Le grand bond évolutif suivant a été la structuration de la cellule eucaryote avec la condensation et la compartimentation du patrimoine génétique (ADN) dans un noyau (caryon), délimité par une membrane. Des cellules eucaryotes ont été trouvées dans des roches datées de 2,7 milliards d'années. En plus d'un noyau, elles possèdent des organites cellulaires tels que des mitochondries, présentes dans la plupart des cellules eucaryotes, et des plastes, présents seulement dans les cellules végétales (*voir 2.1*).

La théorie la plus largement acceptée pour le passage de la cellule procaryote à la cellule eucaryote est la « théorie endosymbiotique ». Une cellule procaryote aurait différencié un noyau et phagocyté (absorbé) des bactéries pourpres puis des cyanobactéries, qui ont évolué respectivement en mitochondries et en chloroplastes en perfectionnant certaines de leurs fonctions (respiration avec production d'énergie pour les mitochondries, photosynthèse pour les plastes), tout en conservant une part importante de leur patrimoine génétique,

donnant l'ADN mitochondrial et/ou chloroplastique des cellules eucaryotes.

Les eucaryotes appartenant au règne végétal sont distribués dans deux grands ensembles :

- les Thallophytes, végétaux dits « inférieurs », non vascularisés, sans feuilles, ni tiges, ni racines. Ils comprennent les protophytes (protistes végétaux) et les algues ;

- les Cormophytes, végétaux dits « supérieurs », vascularisés, possédant des feuilles ou des écailles, des tiges ou des troncs et des racines ou des rhizoïdes. Dans les classifications récentes, on préfère le terme d'Embryophytes pour attirer l'attention sur leur mode de reproduction dont le point commun est la fécondation donnant un embryon. Les grands groupes végétaux appartenant aux Embryophytes (ou Cormophytes) sont les Bryophytes (par exemple les mousses), les Ptéridophytes (par exemple les fougères) et les Spermatophytes (plantes à graines). La **figure 3** résume la chronologie de leur apparition.

Quelques éléments de taxonomie et de systématique

La taxonomie (ou taxinomie) décrit les organismes vivants et les regroupe en entités appelées taxons afin de les identifier, les nommer et les classer. Un taxon, par exemple une famille, est une entité regroupant des organismes ayant des caractères communs définis.

La systématique est la science qui organise le classement des taxons. Il existe de nombreuses classifications obtenues par deux types principaux de méthodes :

- classiques : basées sur des critères morphologiques et anatomiques ;
- phylogénétiques : basées sur des critères moléculaires (marqueurs ADN) qui permettent d'évaluer des degrés de

parenté et d'établir des filiations.

Quelle que soit la classification utilisée, tout organisme vivant est identifié par le système binominal proposé par Linné (1707-1778) et adopté au niveau international, qui combine deux noms dérivés du latin (par convention écrits en italique) : le premier, commençant par une majuscule, est le nom de genre, le second, commençant par une minuscule, est le nom d'espèce ; par exemple *Rosa canina* (églantier). Les genres présentant suffisamment de ressemblances sont placés dans des familles, elles-mêmes regroupées dans des ordres regroupés dans des classes, regroupées dans des embranchements.

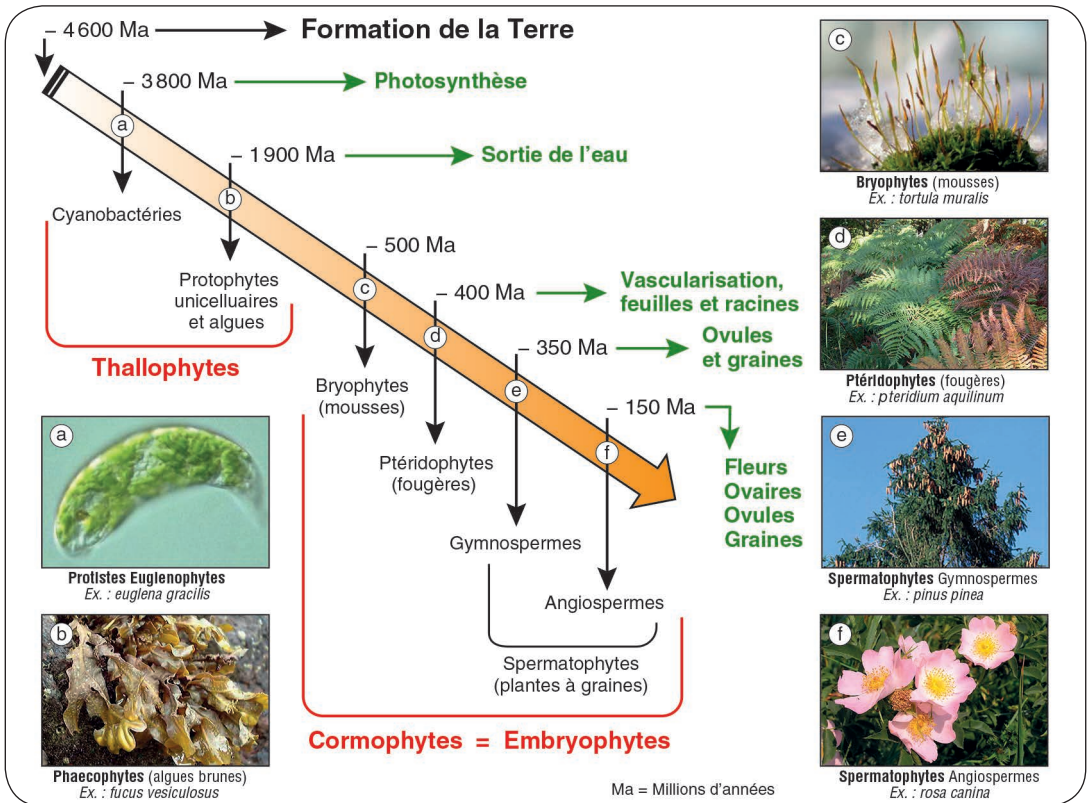


Figure 3. Chronologie de l'apparition des principaux groupes de végétaux avec les innovations évolutives majeures.

1.2.1. Les Protophytes (protistes végétaux)

Les premiers eucaryotes sont aquatiques (eau douce et eau salée) et unicellulaires, ce sont les protistes. Avec environ 300 000 espèces répertoriées, ils présentent une grande diversité et constituent un règne à part dans la classification classique où on distingue les protozoaires (dominante animale),

des protophytes (dominante végétale) et des promycètes (dominante fongique). Toutefois, dans la classification phylogénétique basée sur des marqueurs ADN, ils sont progressivement rattachés au règne animal, au règne végétal ou au règne des mycètes (champignons).