

FLUORESCIENCES
**LES MANUELS VISUELS
POUR LA LICENCE**

Biologie végétale

BV

Sylvaine Chantreau
Jean-Pierre Renaudin

LES FONDAMENTAUX
COURS AVEC EXEMPLES CONCRETS
QCM ET EXERCICES CORRIGÉS
ILLUSTRATIONS EN COULEURS

DUNOD

Conception graphique de la couverture : Hokus Pokus Créations
Création graphique de la maquette intérieure : Marse
Les illustrations de cet ouvrage ont été mises en forme par Bernadette Coléno.

© Dunod, 2024
11, rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-087333-3

Table des matières

	Les selfies des auteurs	IV
	Avant-propos	1
CHAPITRE 1	QU'EST-CE QU'UN VÉGÉTAL ?	2
	1 Définitions	4
	2 La cellule végétale, une cellule eucaryote	5
	3 Spécificités de la cellule végétale	6
CHAPITRE 2	STRUCTURE ET DÉVELOPPEMENT DE L'APPAREIL VÉGÉTATIF DES ANGIOSPERMES	16
	1 L'appareil végétatif d'une Angiosperme	18
	2 La différenciation des tissus	27
CHAPITRE 3	LA FONCTION DE NUTRITION CHEZ LES ANGIOSPERMES	42
	1 Les besoins énergétiques des cellules des êtres vivants	44
	2 La conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique	45
	3 L'assimilation du carbone minéral	49
	4 Le devenir des photoassimilats	56
	5 Les Angiospermes et l'eau	59
	6 Les prélèvements minéraux	65
	7 Corrélations inter-organes et adaptations trophiques	71
CHAPITRE 4	LA FONCTION DE REPRODUCTION CHEZ LES ANGIOSPERMES	78
	1 Quelques notions sur la reproduction des végétaux	80
	2 Reproduction asexuée et colonisation des milieux	83
	3 Faire une fleur en combinant de nombreux paramètres	88
	4 De la pollinisation à la dispersion des graines	98
CHAPITRE 5	LES ANGIOSPERMES DANS LEUR MILIEU	110
	1 L'environnement des Angiospermes	112
	2 Les contraintes abiotiques des Angiospermes	115
	3 Les contraintes biotiques et les défenses des Angiospermes	124
	4 Les interactions biotiques bénéfiques des Angiospermes	130
CHAPITRE 6	ÉVOLUTION ET DIVERSITÉ DES VÉGÉTAUX	144
	1 Une histoire couplée à celle de la Terre	146
	2 Les algues, un taxon polyphylétique	150
	3 Le clade des Embryophytes à la conquête du milieu terrestre	157

1 Végétaux et écosystèmes	176
2 Végétaux et agriculture	183
3 Quels enjeux pour les végétaux ?	200
Corrigés	208
Bibliographie	215
Index	216
Crédits iconographiques	219

Les selfies des auteurs

Sylvaine Chantreau



Je suis actuellement professeure agrégée des Sciences de la Vie, de la Terre et de l'Univers en classe préparatoire aux écoles agronomiques et vétérinaires, ATS Bio, au sein de l'AgroCampus Bordeaux Gironde. J'enseigne également et suis responsable de la Licence professionnelle OBA, Outils Biotechnologiques et Agroécologiques au service des filières agricoles de l'université de Bordeaux. Je participe à différents jurys de concours et suis interrogatrice en classes préparatoires BCPST. Ma motivation est demeurée la même, tout au long de mon parcours, de l'enseignement secondaire aux formations professionnelles pour adultes. Passionnée de biologie, j'ai à cœur d'ancrer mes enseignements dans l'observation et le réel pour transmettre des clés de compréhension du monde vivant aux étudiants, professionnels et néophytes et ainsi partager l'enthousiasme qui m'anime.

Jean-Pierre Renaudin



Après une formation d'ingénieur agronome et très attiré par le monde des plantes, j'ai fait une thèse sur l'accumulation de métabolites secondaires dans une culture de cellules végétales in vitro. J'ai ensuite été chercheur en biologie végétale à l'INRAE sur différents projets et dans plusieurs laboratoires. Devenu professeur de biologie végétale à l'université de Bordeaux, j'ai poursuivi mon activité de recherche à l'INRAE sur le développement des fruits. J'ai aimé enseigner en équipe pédagogique la biologie végétale dans les trois années du cycle de Licence. J'ai aussi enseigné les bases des productions végétales et de l'utilisation des agrosources en Licence 3, en Licence professionnelle et en Master.

Avant-propos

*« Calme, calme, reste calme !
Connais le poids d'une palme portant sa profusion »
Paul Valéry*

Cet ouvrage est pour vous, étudiants engagés dans des études supérieures de Licence, de classes préparatoires, de formations supérieures courtes et aussi pour vous, curieux de découvrir ou approfondir la biologie végétale.

Aborder la biologie végétale c'est s'intéresser à son environnement proche tout autant qu'à la biosphère, c'est progresser de la cellule végétale aux organismes gigantesques et millénaires, c'est parcourir une histoire évolutive riche d'évènements qui conduit à la biodiversité actuelle.

Notre conviction que la complexité ne doit pas se traduire par de la difficulté dans l'apprentissage et l'acquisition des connaissances nous a animés pour la rédaction de cet ouvrage. Nous l'avons conçu pour votre autoformation, comme un support complet qui vous entraîne pas à pas vers une maîtrise grandissante de vos savoirs et savoir-faire en biologie végétale. Il est tout aussi possible d'entrer dans cet ouvrage par l'un ou l'autre des chapitres.

Notre démarche part de l'observation de végétaux quotidiens, les plantes à fleurs et à fruits (Angiospermes) en associant toujours les structures et les fonctions. Après avoir établi ce qu'est un végétal, le développement des Angiospermes est détaillé. Puis leur nutrition est explicitée. Leurs divers modes de reproductions sont présentés et mis en lien avec la colonisation des milieux. Ensuite, nous abordons les interactions des végétaux avec leur environnement physicochimique et biologique. Nous retraçons l'histoire des grands clades végétaux. Nous terminons en démontrant combien les végétaux sont les piliers des écosystèmes et les alliés de toutes nos activités humaines. Nous faisons une place importante, au sein des connaissances sur le végétal, aux implications environnementales (changement climatique, protection des sols) et agricoles (agriculture durable, agroécologie, bioéconomie).

La biologie végétale est intégrative, elle est à la croisée de nombreux domaines de la biologie, physiologie, biochimie, génétique, anatomie mais aussi au-delà, de la chimie, physique, géologie, thermodynamique. Nous illustrons ces interactions en les intégrant aux différents chapitres afin que vous fassiez les liens avec les enseignements reçus par ailleurs ou que vous cheminiez dans votre parcours sans être arrêtés par des notions d'autres domaines.

Nous limitons à l'essentiel le vocabulaire savant en l'accompagnant d'étymologie afin de favoriser l'appropriation de notions claires et univoques.

En biologie végétale comme en toute science, l'humilité est requise devant les inconnues encore nombreuses. Le travail des chercheurs conduit à établir mais aussi parfois à remettre en cause certaines notions. Nous présentons des connaissances sourcées, nous étayons nos raisonnements sur des arguments issus de l'histoire des sciences ou des publications scientifiques, nous confrontons les avancées de la recherche à des sujets d'actualité afin d'établir le bien-fondé de certaines annonces médiatiques.

Il nous semble important que vous disposiez d'éléments fiables pour interroger les problématiques actuelles, prendre part aux débats sociétaux, construire votre parcours d'orientation professionnelle ainsi que vos choix de citoyen.

Nous espérons être suffisamment pédagogiques pour susciter votre curiosité et votre intérêt pour la biologie végétale. Cet ouvrage déterminera peut-être aussi certains d'entre vous à s'engager dans l'un des nombreux domaines qui allient activité professionnelle et végétaux. Nous vous souhaitons d'être animés comme nous le sommes d'une curiosité insatiable pour le monde végétal au sein du vivant, source inépuisable d'enthousiasme et de passion.

Qu'est-ce qu'un végétal ?

Pour bien démarrer

Plusieurs réponses peuvent être correctes.

1. La cellule végétale peut faire :
 - ☐ a. la photosynthèse ;
 - ☐ b. la respiration ;
 - ☐ c. la fermentation ;
 - ☐ d. la migration cellulaire.
2. Lequel ou lesquels de ces organismes ne sont pas des végétaux ?
 - ☐ a. un lichen ;
 - ☐ b. une sargasse ;
 - ☐ c. une cyanobactérie (ou algue bleue) ;
 - ☐ d. un champignon.
3. Le plus grand organe d'une cellule végétale différenciée est :
 - ☐ a. le noyau ;
 - ☐ b. la vacuole ;
 - ☐ c. le chloroplaste ;
 - ☐ d. le réticulum endoplasmique.
4. La paroi d'une cellule végétale est surtout composée de :
 - ☐ a. protéines ;
 - ☐ b. glucides ;
 - ☐ c. lipides ;
 - ☐ d. métabolites secondaires.

Réponses page 208

Objectifs de ce chapitre

- Définir et différencier les termes plante et végétal.
- Caractériser les spécificités des cellules végétales.

CHAPITRE

1



Cette forêt pluviale d'Amérique centrale fait partie des zones à très grande biodiversité, en partie encore inexplorée. Cette biodiversité s'impose d'abord par celle des végétaux, immédiatement apparente par la dominante verte de ce sous-bois. La photosynthèse est l'une des caractéristiques des végétaux. L'ensemble des chaînes alimentaires en dépendent. Ce chapitre présente le monde végétal et ses caractéristiques et répond donc à l'interrogation : « Qu'est-ce qu'être végétal ? ».

1 Définitions

Que désignons-nous en parlant de plante ou de végétal ? Les plantes sont le plus souvent assimilées aux **végétaux terrestres** ou **Embryophytes** (du grec *phuton*, « plante ») qui peuplent les paysages des terres émergées, les parcs et jardins ainsi que les champs cultivés (Figure 1.1). Les végétaux réunissent les plantes et les **algues**, organismes uni- ou pluricellulaires des milieux aquatiques ou humides, d'organisation plus simple que les plantes.

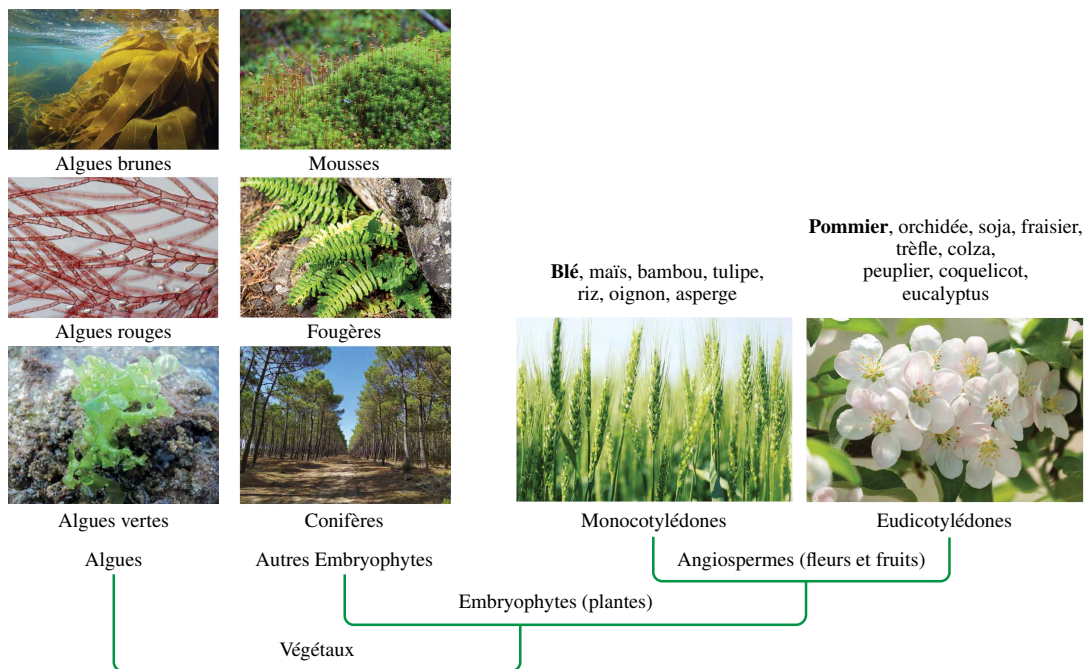


Figure 1.1 ▲ Les végétaux (représentation simplifiée des principaux groupes).

Définition

- Le terme **plante** vient du latin *planta*, le fragment de tige que l'on coupe et que l'on remet en terre pour qu'il s'enracine, en tassant la terre avec la « plante » des pieds. Il qualifie aujourd'hui les Embryophytes.
- Le terme **végétal** qualifiait à l'origine les plantes, les algues, les Champignons et les lichens, organismes dépourvus de mouvement et de sensibilité en comparaison avec les animaux. L'évolution des connaissances précise aujourd'hui que les végétaux sont les Embryophytes et les algues, êtres vivants eucaryotes et photosynthétiques.

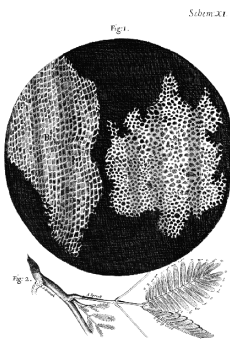
Les Champignons, ou Eumycètes, sont reconnus depuis les années 1970 comme un groupe sans lien évolutif avec les végétaux du fait de leur nutrition hétérotrophe, de leurs caractéristiques biochimiques et de leur génome. Les lichens ne sont pas des organismes mais des associations symbiotiques entre un Champignon et un organisme photosynthétique unicellulaire (chapitre 6).

Les végétaux partagent des propriétés communes :

- ce sont des êtres vivants capables de prélever énergie et matière dans leur milieu de vie pour se développer, se maintenir et se reproduire ;
- ce sont des Eucaryotes aux cellules compartimentées avec un noyau contenant les chromosomes (du grec *eu karyon*, « vrai noyau ») ;
- leur complète **autotrophie** due à la **photosynthèse** leur permet de se nourrir uniquement de minéraux pour élaborer leur matière organique (chapitre 3) ;
- ils sont **producteurs primaires** de biomasse, à la base des chaînes alimentaires et de nombreuses activités humaines (chapitre 7) ;
- **fixés** à un endroit aléatoire, ils ont développé des adaptations aux contraintes environnementales, comme la synthèse de nombreuses molécules originales et des interactions avec beaucoup d'êtres vivants (chapitres 4 et 5).

Avec ~350 000 espèces connues, les **Angiospermes** et leurs deux groupes principaux, **Monocotylédones** et **Eudicotylédones**, représentent plus de 90 % des Embryophytes actuels et près de 80 % des végétaux, dont presque tous les arbres et les plantes cultivées. Ils serviront de support dans cet ouvrage à l'étude du développement, de la reproduction, de la nutrition et des interactions environnementales (chapitres 1 à 5). Les principaux groupes végétaux et leurs évolutions seront présentés au chapitre 6. L'importance des végétaux dans les écosystèmes et les activités humaines sera illustrée au chapitre 7.

2 La cellule végétale, une cellule eucaryote



■ 1667, première observation microscopique de cellules de l'écorce d'un arbre par Robert Hooke. Le latin *cellula* désigne les petites chambres contiguës des moines dans les monastères.

Les travaux de Schleiden, Schwann, Virchow et Pasteur au XIX^e siècle ont permis d'élaborer la **théorie cellulaire** désormais démontrée et complétée.

La théorie cellulaire

- La cellule est l'unité structurale, fonctionnelle et reproductrice de l'être vivant.
- Tous les êtres vivants sont constitués d'une ou plusieurs cellules.
- Toute cellule provient d'une autre cellule par division cellulaire.
- Il y a individualité cellulaire grâce à la membrane plasmique qui règle les échanges entre la cellule et son environnement.
- La cellule renferme sous forme d'ADN l'information nécessaire à son fonctionnement et à sa reproduction.

Chez les êtres vivants unicellulaires, procaryotes (Eubactéries et Archées) et Eucaryotes (protistes, dont de nombreuses espèces d'algues), une cellule unique réalise toutes les fonctions nécessaires à l'organisme. Chez les organismes pluricellulaires complexes comme les Métazoaires et les Angiospermes, ces fonctions sont assurées par des ensembles de cellules à différents niveaux d'organisation (**tissus, organes, appareils et organisme**). Les cellules de chaque tissu se différencient de façon morphologique, moléculaire et physiologique.

Les cellules végétales partagent un certain nombre de caractéristiques avec celles des autres Eucaryotes (Figure 1.2) :

- la **membrane plasmique** délimite le milieu intérieur de la cellule et constitue une barrière de perméabilité avec le milieu extérieur ;
- le milieu intracellulaire est le **cytoplasme**. Sa matrice est le **cytosol**, solution visqueuse de métabolites, d'ions minéraux, d'enzymes et d'ARN. Il contient les organites et des complexes multimoléculaires : les **ribosomes** permettent la biosynthèse des protéines ; le **cytosquelette** assure le brassage du cytosol, la migration des organites, la division et le grandissement cellulaire ;
- le **noyau** est, après la vacuole, le plus gros organite de la cellule végétale. Il contient la majeure partie du génome (20 000 à 75 000 gènes selon les espèces) fragmenté sous forme de chromosomes, complexes d'ADN et de protéines ;
- les **mitochondries** sont des organites à rôle énergétique assurant la respiration cellulaire. Elles ont un petit génome (~ 60 gènes chez les plantes) ;
- les organites du **système endomembranaire** comprennent le réticulum endoplasmique (RE) impliqué dans la synthèse des protéines et des lipides membranaires. À partir du RE et via l'**appareil de Golgi** et le **cytosquelette**, la **voie sécrétoire** oriente un flux permanent de vésicules vers les différentes membranes de la cellule.

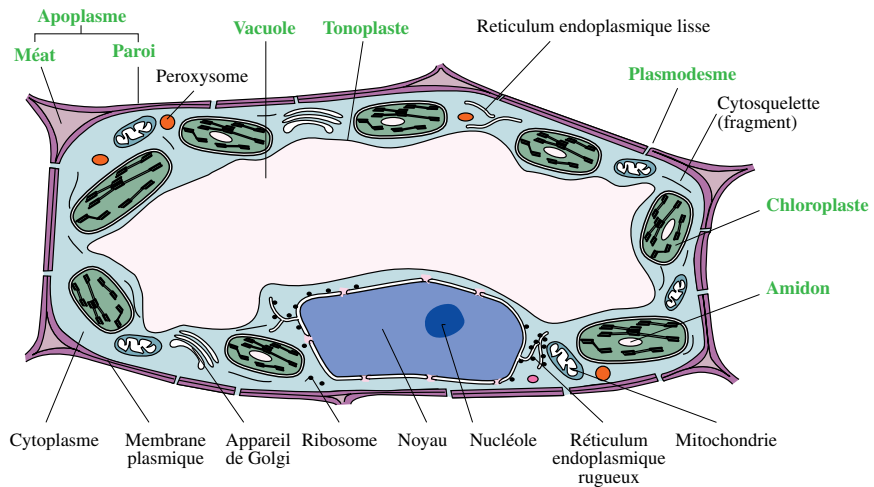


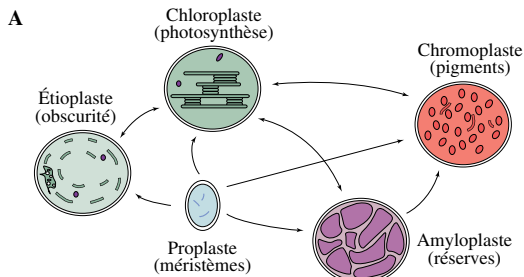
Figure 1.2
Une cellule végétale
du parenchyme
photosynthétique
foliaire. En vert,
structures spécifiques
aux végétaux.

3 Spécificités de la cellule végétale

3.1 Les plastes

Les **plastides** sont seulement présents chez les végétaux. Organites à double membrane comme les mitochondries, leur matrice intérieure, le **stroma**, contient un petit **ADN** circulaire avec ~110 gènes chez les Angiospermes. Les plastides ont différentes formes et fonctions selon la différenciation cellulaire (Figure 1.3) :

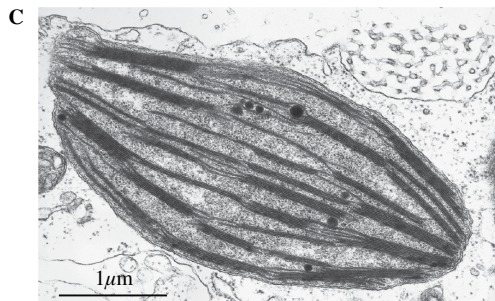
- les **chloroplastes** sont le siège de la **photosynthèse**. Leur stroma contient un réseau membranaire, les **thylacoïdes**, saccules aplatis superposés en *granum*. Les pigments collecteurs de lumière dont la **chlorophylle** (du grec *chloros*, « vert » ; *phyllon*, « feuille ») sont présents dans ces membranes. En absence de lumière, une plante s'étiole et jaunit, les chloroplastes évoluent en étioplastes, la chlorophylle disparaît et les thylacoïdes régressent ;
- les **chromoplastes** (du grec *chroma*, « couleur ») sont spécialisés dans la biosynthèse et l'accumulation de molécules colorées du groupe des **caroténoïdes**, rouge (lycopène de la tomate), orange (β -carotène des oranges) ou jaune (anthéroxanthine du pissenlit) dans les fleurs et les fruits (chapitre 4) ;
- les **amyloplast** sont spécialisés dans l'accumulation de l'**amidon**, la principale réserve nutritive des végétaux. Ils font partie des leucoplastes (du grec *leucos*, « blanc »), spécialisés dans l'accumulation de molécules non colorées.



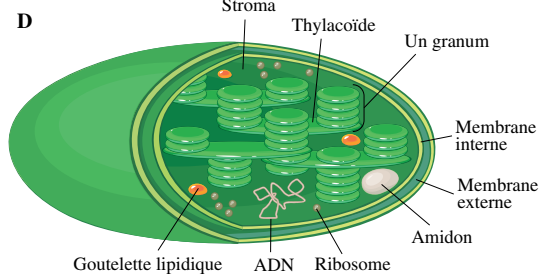
Les différents types de plastides et leur interconversion



Chloroplastes dans les cellules foliaires d'une plante aquatique (vue de dessus par microscopie optique).



Chloroplaste vu en microscopie électronique à transmission



Représentation schématique d'un chloroplaste

Figure 1.3 ▲ Plastides et chloroplastes.

3.2 La paroi

Toutes les cellules ont une matrice extracellulaire à l'extérieur de leur membrane plasmique. Sa nature varie avec les groupes d'êtres vivants. Dans les cellules végétales, c'est une **paroi** relativement rigide principalement constituée de cellulose à l'extérieur de la membrane plasmique. Elle protège l'intégrité cellulaire souvent soumise à de fortes contraintes environnementales.