

TOUT EN FICHES

MÉMO VISUEL DE
BIOLOGIE VÉGÉTALE

Sous la direction de **DANIEL RICHARD**

Ancien professeur à l'université Toulouse III- Paul Sabatier

LOU BARBE

Enseignant-chercheur en écologie à l'université Rennes 1

LOÏS MOREL

Formateur (en CFA) et chercheur en écologie associé à l'université Rennes 1

ROMAIN NATTIER

Enseignant-chercheur au MNHN de Paris

ROGER PRAT

Ancien professeur à l'université Pierre et Marie Curie (UPMC, Paris)

ANNE VERGNAUD

Professeure agrégée en classes préparatoires BCPST (Lycée Ozanne-Toulouse)

DUNOD

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du

droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2019, 2022 pour la nouvelle présentation

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-084339-8

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

| | |
|--------------------------------|------|
| Comment utiliser cet ouvrage ? | IX |
| Avant-propos | XI |
| Remerciements | XII |
| Abréviations | XIII |

Partie 1. La place des végétaux au sein du monde vivant

| | | |
|------------|---|----|
| 1.1 | LES GRANDES CARACTÉRISTIQUES DES VÉGÉTAUX | |
| Fiche 1 | Les végétaux sont des organismes vivants | 2 |
| Fiche 2 | Les constituants chimiques fondamentaux des végétaux | 3 |
| Fiche 3 | Les végétaux, des organismes sessiles à grande surface | 4 |
| Fiche 4 | L'utilisation de la lumière et l'autotrophie pour le carbone | 5 |
| Fiche 5 | Les plantes, interface dynamique entre le sol et l'atmosphère | 6 |
| Fiche 6 | La croissance modulaire et la plasticité des végétaux | 7 |
| Fiche 7 | La totipotence de la cellule végétale et sa capacité de dédifférenciation | 8 |
| 1.2 | GÉNÉTIQUE ET ÉVOLUTION | |
| Fiche 8 | L'ADN, support de l'information génétique | 9 |
| Fiche 9 | Le gène eucaryote | 10 |
| Fiche 10 | Les facteurs de transcription | 11 |
| Fiche 11 | Les mutations | 12 |
| Fiche 12 | La fluidité du génome et l'épigénétique | 13 |
| Fiche 13 | Darwin et le néodarwinisme | 14 |
| Fiche 14 | L'évolution aujourd'hui | 15 |
| Fiche 15 | Évolution et phylogénie | 16 |
| Fiche 16 | Phylogénie et homologie primaire | 17 |
| Fiche 17 | Méthodes et approches utilisées dans l'analyse phylogénétique | 18 |
| Fiche 18 | Nomenclature et classification actuelle | 19 |
| Fiche 19 | Place et particularités des champignons et des algues | 20 |
| 1.3 | PHYLOGÉNIE DE LA LIGNÉE VERTE | |
| Fiche 20 | Les Eucaryotes | 21 |
| Fiche 21 | La Lignée verte | 22 |
| Fiche 22 | Les Chlorobiontes | 23 |
| Fiche 23 | Les Embryophytes | 24 |

Table des matières

| | | |
|----------|-----------------------------|----|
| Fiche 24 | Les Bryophytes (sens large) | 25 |
| Fiche 25 | Les Lycophytes | 26 |
| Fiche 26 | Les Monilophytes | 27 |
| Fiche 27 | Les Gymnospermes | 28 |
| Fiche 28 | Les Gnétophytes et Pinaceae | 29 |
| Fiche 29 | Les Angiospermes | 30 |
| Fiche 30 | Les Euangiospermes | 31 |
| Fiche 31 | Les Monocotylédones | 32 |
| Fiche 32 | Les Eudicotylédones | 33 |
| Fiche 33 | Les Superastériidées | 34 |

Partie 2. Les grandes fonctions des végétaux

2.1

ORGANISATION FONCTIONNELLE DE LA CELLULE VÉGÉTALE

| | | |
|----------|--|----|
| Fiche 34 | Les constituants de la cellule végétale | 36 |
| Fiche 35 | La membrane plasmique et les systèmes d'échanges transmembranaires | 37 |
| Fiche 36 | Les aquaporines et le transfert d'eau | 38 |
| Fiche 37 | La pompe à protons, première force électro-chimique de la membrane plasmique | 39 |
| Fiche 38 | Les gradients électrochimiques transmembranaires | 40 |
| Fiche 39 | Le tonoplaste et la vacuole | 41 |
| Fiche 40 | Plasmolyse et turgescence | 42 |
| Fiche 41 | La paroi primaire | 43 |
| Fiche 42 | La structure de la cellulose | 44 |
| Fiche 43 | La lignification | 45 |
| Fiche 44 | L'action du pH sur l'extension de la paroi | 46 |
| Fiche 45 | La communication intercellulaire <i>via</i> les plasmodesmes | 47 |
| Fiche 46 | Les plastes | 48 |
| Fiche 47 | Le chloroplaste | 49 |
| Fiche 48 | La mitochondrie et la respiration cellulaire | 50 |
| Fiche 49 | La photorespiration | 51 |

2.2

LES FONCTIONS DE NUTRITION

| | | |
|----------|---|----|
| Fiche 50 | La photosynthèse au sein de la cellule | 52 |
| Fiche 51 | Les processus d'oxydoréduction lors de la photosynthèse | 53 |
| Fiche 52 | Les pigments de la photosynthèse | 54 |
| Fiche 53 | Les végétaux de type C3, C4 et CAM | 55 |
| Fiche 54 | Le métabolisme intermédiaire | 56 |
| Fiche 55 | Le contrôle de l'ouverture des stomates | 57 |
| Fiche 56 | Les métabolites secondaires | 58 |

Table des matières

| | | |
|------------|---|----|
| Fiche 57 | Les besoins nutritifs cellulaires des Embryophytes | 59 |
| Fiche 58 | Absorption et assimilation de l'azote | 60 |
| Fiche 59 | La symbiose mycorhizienne | 61 |
| Fiche 60 | La formation de la sève brute chez les Embryophytes | 62 |
| Fiche 61 | La sève élaborée et le transport des assimilats chez les Embryophytes | 63 |
| Fiche 62 | La mise en réserve de substances chez les Spermatophytes | 64 |
| Fiche 63 | Les plantes carnivores | 65 |
| Fiche 64 | Les angiospermes parasites | 66 |
| 2.3 | CROISSANCE ET DÉVELOPPEMENT VÉGÉTATIF | |
| Fiche 65 | Le plan d'organisation général des Spermatophytes | 67 |
| Fiche 66 | Le cycle cellulaire | 68 |
| Fiche 67 | Les points de contrôle du cycle cellulaire | 69 |
| Fiche 68 | La mitose (1) | 70 |
| Fiche 69 | La mitose (2) | 71 |
| Fiche 70 | Les méristèmes primaires | 72 |
| Fiche 71 | La structure du méristème apical caulinaire (MAC) | 73 |
| Fiche 72 | Auxine, cytokinine et dominance apicale | 74 |
| Fiche 73 | L'organisation fonctionnelle de la racine | 75 |
| Fiche 74 | Les méristèmes secondaires | 76 |
| Fiche 75 | La notion de phytomère | 77 |
| Fiche 76 | La phyllotaxie | 78 |
| Fiche 77 | Le port des arbres et des buissons | 79 |
| Fiche 78 | L'abscission | 80 |
| Fiche 79 | Le contrôle génétique du développement | 81 |
| Fiche 80 | La multiplication végétative | 82 |
| Fiche 81 | Germination et utilisation des réserves | 83 |
| Fiche 82 | La multiplication par tubercules | 84 |
| Fiche 83 | La multiplication par bulbes | 85 |
| Fiche 84 | La multiplication par bulbilles | 86 |
| Fiche 85 | Les stolons | 87 |
| 2.4 | LES FONCTIONS DE RELATION | |
| Fiche 86 | Les sensibilités chez les végétaux | 88 |
| Fiche 87 | Le phototropisme | 89 |
| Fiche 88 | Phototropisme et transports de l'auxine | 90 |
| Fiche 89 | L'action cellulaire de l'auxine | 91 |
| Fiche 90 | Le gravitropisme négatif de la tige | 92 |
| Fiche 91 | Le gravitropisme positif de la racine | 93 |
| Fiche 92 | Les mouvements « passifs » | 94 |
| Fiche 93 | Les mouvements de la sensitive | 95 |

Table des matières

| | | |
|------------|---|-----|
| Fiche 94 | Les nyctinasties | 96 |
| Fiche 95 | Les plantes à vrilles | 97 |
| Fiche 96 | Les nutations | 98 |
| Fiche 97 | Le photopériodisme | 99 |
| Fiche 98 | Les phytohormones (1) | 100 |
| Fiche 99 | Les phytohormones (2) | 101 |
| Fiche 100 | La vernalisation | 102 |
| Fiche 101 | Les agents phytopathogènes | 103 |
| Fiche 102 | Les défenses chez les Embryophytes | 104 |
| | | |
| 2.5 | LA REPRODUCTION SEXUÉE | |
| Fiche 103 | Les stratégies de reproduction | 105 |
| Fiche 104 | La méiose | 106 |
| Fiche 105 | Isolement de protoplastes et l'hybridation somatique | 107 |
| Fiche 106 | Les cycles de développement | 108 |
| Fiche 107 | L'induction florale | 109 |
| Fiche 108 | Le modèle ABCDE du contrôle génétique de l'induction florale | 110 |
| Fiche 109 | Les différents types de fleurs | 111 |
| Fiche 110 | Les inflorescences | 112 |
| Fiche 111 | La croissance de la fleur | 113 |
| Fiche 112 | Le cycle de reproduction haplo-diplophasique des Bryophytes | 114 |
| Fiche 113 | Le cycle de reproduction haplo-diplophasique des Filicophytes | 115 |
| Fiche 114 | Le cycle de reproduction haplo-diplophasique des Pinophytes | 116 |
| Fiche 115 | Le cycle de reproduction haplo-diplophasique des Angiospermes | 117 |
| Fiche 116 | Le gamétophyte femelle des Angiospermes | 118 |
| Fiche 117 | Le gamétophyte mâle des Angiospermes | 119 |
| Fiche 118 | La pollinisation croisée | 120 |
| Fiche 119 | Les mécanismes anatomiques d'incompatibilité | 121 |
| Fiche 120 | Les mécanismes génétiques d'autoincompatibilité | 122 |
| Fiche 121 | L'autopollinisation | 123 |
| Fiche 122 | La double fécondation | 124 |
| Fiche 123 | De l'ovule à la graine | 125 |
| Fiche 124 | De l'ovaire au fruit | 126 |
| Fiche 125 | La placentation et le mode de déhiscence | 127 |
| Fiche 126 | Les fruits secs et déhiscents | 128 |
| Fiche 127 | Les fruits secs indéhiscents | 129 |
| Fiche 128 | Les fruits charnus | 130 |
| Fiche 129 | Les fruits complexes | 131 |
| Fiche 130 | Les infrutescences | 132 |

Partie 3. Les végétaux dans leur milieu

3.1 INTRODUCTION À L'ÉCOLOGIE

| | | |
|-----------|---|-----|
| Fiche 131 | La place de l'écologie au sein de la biologie | 134 |
|-----------|---|-----|

3.2 AUTÉCOLOGIE : LA PLANTE ET SES RELATIONS DANS L'ÉCOSYSTÈME

| | | |
|-----------|---|-----|
| Fiche 132 | La notion de facteur écologique | 135 |
| Fiche 133 | Les facteurs abiotiques | 136 |
| Fiche 134 | Les stratégies de réponses aux facteurs abiotiques | 137 |
| Fiche 135 | Les principales adaptations au milieu aquatique | 138 |
| Fiche 136 | Les principales adaptations au froid | 139 |
| Fiche 137 | Les principales adaptations au milieu sec | 140 |
| Fiche 138 | La notion de gradients environnementaux | 141 |
| Fiche 139 | Les écotones | 142 |
| Fiche 140 | Les notions de biomes et d'empires biogéographiques | 143 |
| Fiche 141 | Les facteurs biotiques | 144 |
| Fiche 142 | Le concept de niche écologique | 145 |

3.3 ÉCOLOGIE DES POPULATIONS VÉGÉTALES : PATRONS ET PROCESSUS

| | | |
|-----------|---|-----|
| Fiche 143 | Identité et distribution des populations végétales | 146 |
| Fiche 144 | Les processus locaux, moteurs de la dynamique des populations végétales | 147 |
| Fiche 145 | Les processus régionaux et dynamique des populations | 148 |
| Fiche 146 | La génétique des populations | 149 |

3.4 SYNÉCOLOGIE OU ÉCOLOGIE DES COMMUNAUTÉS : PATRONS ET PROCESSUS

| | | |
|-----------|---|-----|
| Fiche 147 | Identification et distribution des communautés végétales | 150 |
| Fiche 148 | Décrire la structure et la composition des communautés végétales | 151 |
| Fiche 149 | Stratégie et groupes fonctionnels : une approche typologique de la diversité des plantes | 152 |
| Fiche 150 | Les traits des organismes, structure et diversité fonctionnelle des communautés végétales | 153 |
| Fiche 151 | La diversité phylogénétique des communautés végétales | 154 |
| Fiche 152 | La notion de règles d'assemblages | 155 |

Table des matières

| | | |
|------------|--|-----|
| 3.5 | ÉCOLOGIE DES ÉCOSYSTÈMES ET DES PAYSAGES | |
| Fiche 153 | Les communautés végétales, base des réseaux trophiques | 156 |
| Fiche 154 | L'écosystème : les communautés végétales dans leur environnement abiotique et biotique | 157 |
| Fiche 155 | Le fonctionnement écosystémique : des stocks et des flux de matière et d'énergie | 158 |
| Fiche 156 | Les successions ou le reflet de la dynamique des écosystèmes | 159 |
| Fiche 157 | Les changements d'état dans les écosystèmes : résistance et résilience | 160 |
| Fiche 158 | Les services écosystémiques, support des sociétés humaines | 161 |

Annexes. Principaux tissus des Spermatophytes

| | | |
|-------------------------|----------------------------------|-----|
| Fiche I | Tige jeune de Dicotylédone | 164 |
| Fiche II | Tige âgée de Dicotylédone | 165 |
| Fiche III | Tige de Monocotylédone | 166 |
| Fiche IV | Racine jeune de Dicotylédone | 167 |
| Fiche V | Racine âgée de Dicotylédone | 168 |
| Fiche VI | Racine jeune de Monocotylédone | 169 |
| Fiche VII | Feuille de Dicotylédone | 170 |
| Fiche VIII | Feuille de Monocotylédone | 171 |
| Fiche IX | Collenchyme | 172 |
| Fiche X | Sclérenchyme | 173 |
| Fiche XI | Bois homoxylé des Gymnospermes | 174 |
| Fiche XII | Bois hétéroxylé des Angiospermes | 175 |
| Glossaire | | 177 |
| Bibliographie | | 187 |
| Index | | 189 |
| Crédits photographiques | | 200 |

Comment utiliser cet ouvrage ?



1 La place des végétaux au sein du monde vivant

3 parties

Les grands axes de la biologie végétale

170 fiches réparties en 13 chapitres

Les notions essentielles du cours pour réviser rapidement

500 schémas et photos en couleur pour illustrer chaque notion importante

Et aussi...

- Une liste des abréviations employées dans l'ouvrage
- Un glossaire
- Un index

3 Les végétaux, des organismes sessiles à grande surface

À l'exception de certains végétaux aquatiques qui vivent en suspension dans la colonne d'eau, les plantes sont des organismes sessiles, c'est-à-dire vivant fixés à un substrat. Cette fixation présente peu d'inconvénients dans la mesure où la ressource la plus importante pour les végétaux est la lumière et que cette ressource est omniprésente. De plus, un organisme fixé fait l'économie des coûts énormes que représentent les déplacements.

Différents types de fixation au substrat
Le champignon d'une algue ou le rhizoïde d'une mousse ne permettent pas d'assimiler des ressources, contrairement aux racines d'une plante à fleur.

Mousse Racines de Maïs

Un végétal se distingue également du monde animal par le fait qu'il se développe beaucoup en termes de surface mais très peu en termes de volume.
Ce rapport surface/volume important permet aux végétaux d'optimiser leurs échanges avec le milieu extérieur (aqueux) ils tirent leurs ressources primaires - lumière et CO₂ - assimilés par le feuillage, et eau et nutriments assimilés par les racines.

Fronde de Fougère aigle Feuille de *Mimosa pudica*

Division de la surface
Il est fréquent dans le règne végétal d'observer une division de la surface dans le feuillage ou dans le système racinaire. Ce type de structure, pour un volume donné, maximise la surface d'échanges avec le milieu extérieur.

4

Les grandes caractéristiques des végétaux

Nos connaissances en biologie ont considérablement progressé ces dernières décennies, notamment grâce à l'évolution des techniques d'investigation, approfondissant aussi bien les aspects moléculaires du fonctionnement du vivant que son analyse systémique.

En particulier, les apports de la génétique ont permis de mieux appréhender l'organisation du vivant et de classer les organismes dans un cadre phylogénétique tenant compte de la théorie de l'évolution. Ainsi, le terme de « végétal » employé ici correspond essentiellement aux espèces de la « Lignée verte » ou « Embryophytes ». Les autres groupes, anciennement classés parmi les « végétaux », ne sont pas directement traités mais simplement envisagés dans un cadre plus général, comme par exemple les champignons participant aux mycorhizes ou la part des algues dans certains écosystèmes.

L'approche, nécessairement arbitraire, qui a été choisie ici est transversale et découpée en trois grandes parties :

- 1) La place des végétaux au sein du monde vivant ;
- 2) Les grandes fonctions des végétaux ;
- 3) Les végétaux dans leur milieu.

Une annexe photographique présente les principaux tissus des Embryophytes.

Cet ouvrage est conçu comme un instrument de révision. Il permet de retrouver les principaux aspects modernes de la biologie végétale en quelques 170 fiches, illustrées de 500 schémas ou photos en couleur.

D'un niveau scientifique correspondant à la Licence de Sciences de la Vie, ce livre permettra également aux étudiants de Master, ou préparant les concours (CAPES, Agrégation), de réviser rapidement leurs connaissances.

Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement plusieurs collègues ou autres personnes de notre entourage qui, à divers titres, nous ont permis de réaliser cet ouvrage :

- Lucie Bauret (Docteure MNHN)
- Vanessa Beunèche et Lætitia Hérin des éditions Dunod
- Catherine Reeb (PRAG et docteure Sorbonne Université)
- Gaëlle Richard (Chercheure MNHN)
- Thierry Soubaya (Professeur BCPST)

Abréviations

| | |
|-------|--|
| ABA | Acide abscissique; hormone végétale |
| ABC | <i>ATP-binding cassette</i> ; famille de transporteurs de macromolécules |
| AIA | Acide Indol Acétique ou Auxine; hormone de croissance |
| CAM | <i>Crassulacean Acid Metabolism</i> ; métabolisme de plantes adaptées aux milieux arides |
| Cdk | <i>Cyclin dependant kinase</i> ; protéines kinases impliquées dans le contrôle du cycle cellulaire |
| CMS | Stérilité mâle cytoplasmique; gènes cytoplasmiques intervenant dans la stérilité mâle |
| CMTE | Chaîne de transfert d'électrons; ensemble de réactions d'oxydoréduction intra-chloroplastiques impliquées dans la photosynthèse |
| EXP | Expansine; protéine permettant le glissement réversible des fibres de cellulose |
| EXT | Endo-xyloglucane transférase; enzyme de scission des molécules de xyloglucane |
| FD | <i>Flowering locus D</i> ; facteur de transcription participant à l'induction florale |
| FT | <i>Flowering locus T</i> ou florigène; protéine participant à l'induction florale |
| ISR | Résistance systémique induite; mécanisme induit de résistance aux pathogènes |
| LOV | <i>Light Oxygen Voltage</i> ; côté N terminal des phototropines |
| MAC | Méristème apical caulinaire; méristème primaire de l'extrémité des tiges |
| MADS | Famille de gènes dont le nom provient de l'acronyme de quatre éléments fondateurs: <i>MCM1</i> de la levure de boulanger, <i>AGAMOUS</i> d' <i>Arabidopsis</i> , <i>DEFICIENS</i> du Muflier et <i>SRF</i> humain. |
| MAR | Méristème apical racinaire; méristème primaire de l'extrémité de la racine primaire |
| MTOC | <i>Microtubule organizing center</i> ; centre organisateur de la mitose |
| PAMPS | <i>Pathogen Associated Molecular Pattern</i> ; signaux moléculaires spécifiques mis en jeu lors d'une infection |
| PPB | <i>Preprophase band</i> ; regroupement de microtubules et de microfilaments en début de prophase de la mitose |
| PR | <i>Pathogenesis Related</i> ; protéine participant à la réaction d'hypersensibilité |
| SAR | Résistance systémique acquise; mécanisme acquis de résistance aux pathogènes |
| UTR | <i>UnTranslated Region</i> ; région non traduite d'un gène |



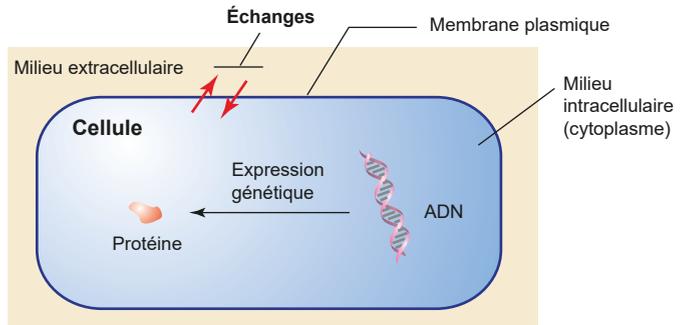
**La place des végétaux
au sein du monde vivant**

Les végétaux sont des organismes vivants

La **biologie** est la science qui étudie le vivant, un être vivant pouvant se définir comme un être organisé qui naît, se développe, se reproduit et meurt.

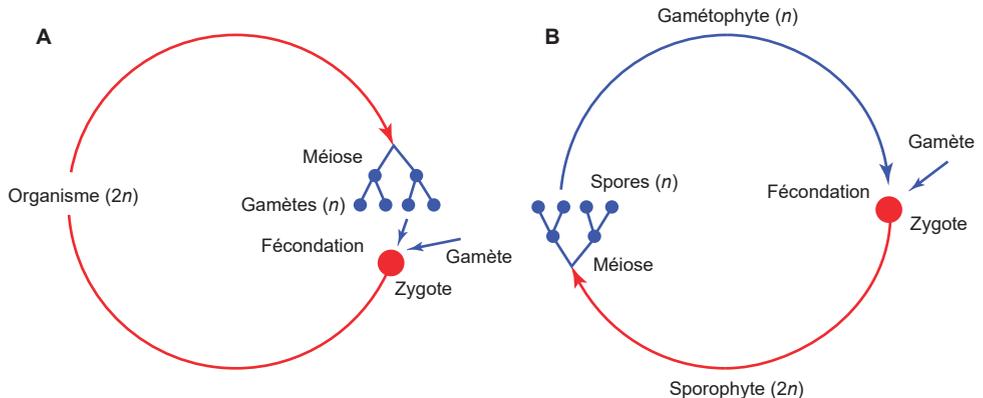
Les **végétaux**, comme tous les êtres vivants sont formés d'unités structurales et fonctionnelles, les cellules. Une **cellule** (fiche 34) provient toujours de la division d'une cellule préexistante, exceptée la cellule œuf formée lors de la reproduction sexuée (fiche 103). Sur le plan fonctionnel, un être vivant est caractérisé par sa capacité à échanger avec son milieu des matériaux, de l'énergie et de l'information, et à se reproduire.

Ceci correspond à trois grands ensembles de fonctions : les fonctions de **nutrition**, de **relation** et de **reproduction**.



La cellule, unité structurale et fonctionnelle de tout être vivant

Chez les Eucaryotes tels que les végétaux, l'ADN est inclus dans un noyau à double membrane.



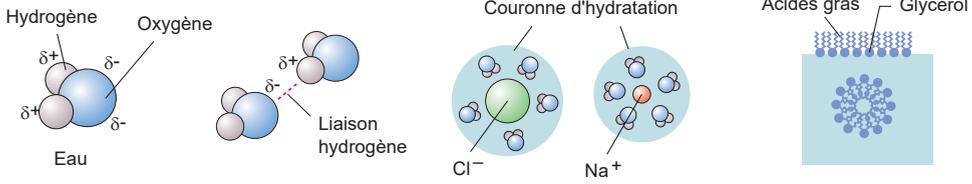
Comparaison des cycles biologiques animaux et végétaux

A - Chez les animaux, exceptés quelques protozoaires, seuls les gamètes sont haploïdes (n chromosomes). Ils ne présentent, au cours de leur cycle biologique, qu'une seule génération diploïde.

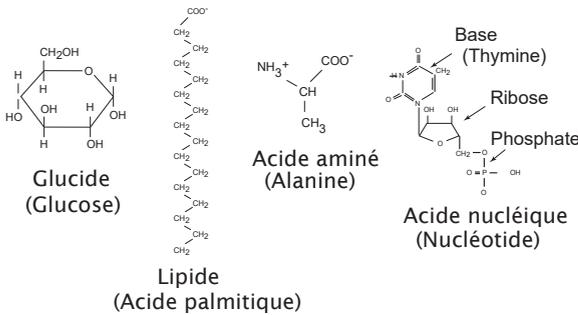
B - Chez les végétaux, toute espèce vit successivement sous deux formes biologiques distinctes, l'une haploïde, le gaméophyte et l'autre diploïde, le sporophyte.

L'importance relative de ces deux formes varie en fonction des espèces (fiches 112 à 115).

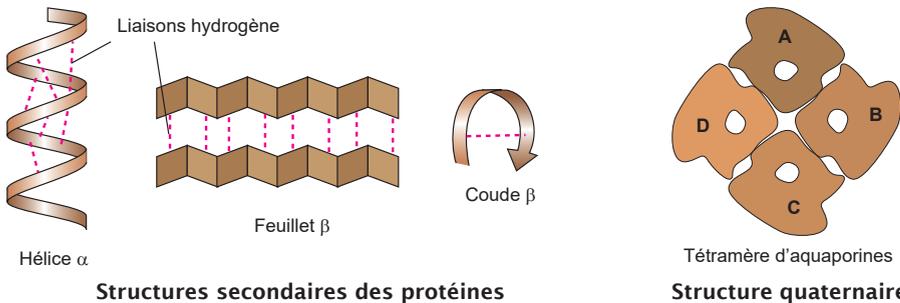
Les constituants chimiques fondamentaux des végétaux



Les propriétés chimiques de l'eau ont permis la naissance et le développement de la vie. Une molécule d'eau est formée d'un atome d'oxygène lié à deux atomes d'hydrogène par des liaisons covalentes. Des liaisons hydrogène faibles se forment également du fait de sa polarité, favorisant des réactions d'hydrolyse et une cohésion entre molécules d'eau. Il en découle aussi une attirance pour les molécules chargées électriquement, formant une couronne d'hydratation. À l'opposé, elle exclut les molécules polaires telles que le glycérol.



Les molécules biologiques sont formées à partir de squelettes carbonés dans lesquels les atomes de carbone sont liés entre eux ou avec des atomes d'oxygène, d'hydrogène, d'azote, de phosphore ou de soufre. On distingue quatre grands types de molécules biologiques : les **glucides**, les **lipides**, les **acides aminés** et les **acides nucléiques**.



Les **protéines** sont constituées de l'assemblage d'acides aminés. La combinaison de quelques éléments assure la formation d'un nombre illimité de **macromolécules**. Celles-ci s'organisent en structures tridimensionnelles, stabilisées par des liaisons faibles, dont certaines s'associent en structures supramoléculaires.