Botanique

8è Année

CONFORME AU PROGRAMME NATIONAL

EDITION 2025

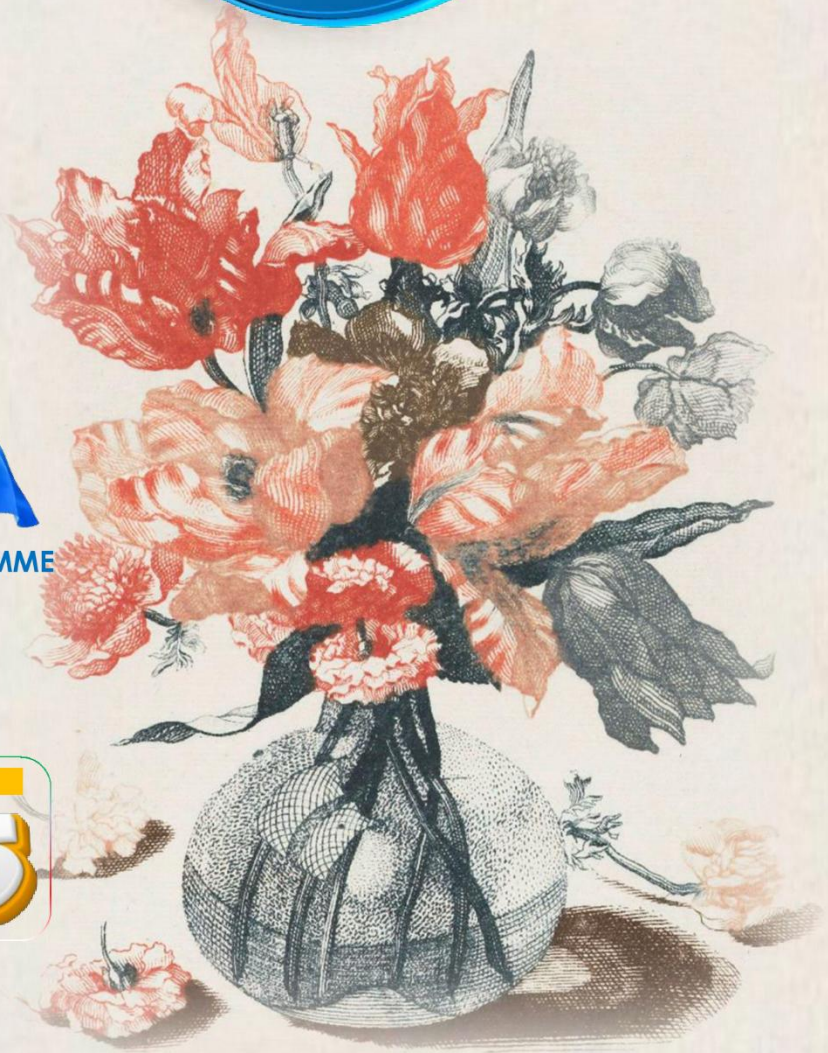




TABLE DE MATIERE

Préliminaires 1
1. Introduction Générale 1
2. Finalités et Objectifs du Cours 2
- 2.1. Développer une Compréhension Intégrée 2
- 2.2. Promouvoir une Citoyenneté Active et Responsable 2
- 2.3. Objectifs Spécifiques d'Apprentissage 3
3. Approche Pédagogique et Didactique 4
- 3.1. L'Approche par les Situations (APS) 4
- 3.2. L'Observation et l'Expérimentation 🔬 5
- 3.3. Contextualisation Congolaise 6
Chapitre 1 : La Nutrition de la Plante en Détail 9
1.1. La Photosynthèse et les Facteurs l'Influençant 🌞 9
- 1.1.1. Définition et Signification Biologique 9
- 1.1.2. Localisation du Processus 9
- 1.1.3. L'Équation Bilan et ses Composants 10
- 1.1.4. L'Influence des Facteurs Externes (Facteurs Limitants) 11
1.2. La Nutrition Minérale 13
- 1.2.1. L'Absorption Racinaire : Le Rôle des Sels Minéraux 14
- 1.2.2. Les Macroéléments (Besoins Quantitatifs) 14
- 1.2.3. Les Oligoéléments (Besoins Qualitatifs) 16
- 1.2.4. La Fertilité du Sol et les Engrais 16
Scenarios et Exercices 17
- 1. Exercices d'Application 17
- 2. Scénarios d'Assimilation 18
Chapitre 2 : La Respiration et les Échanges Gazeux 21
2.1. La Respiration Cellulaire Végétale 🌀 21
- 2.1.1. Définition et Objectif Biologique 21
- 2.1.2. Localisation du Processus : La Mitochondrie 🏭 21
- 2.1.3. L'Équation Bilan de la Respiration 21
- 2.1.4. Respiration : Un Processus Permanent et Universel 22
- 2.1.5. L'Interdépendance Jour/Nuit : Le Bilan Gazeux 🌓 23
- 2.1.6. Respiration Anaérobie (Fermentation) 24
2.2. Le Rôle des Stomates dans les Échanges 🍃 25
- 2.2.1. Définition et Localisation 25

- 2.2.2. Structure du Complexe Stomatique 🔬 25
- 2.2.3. Le Mécanisme d'Ouverture (Turgescence) 26
- 2.2.4. Le Mécanisme de Fermeture (Flaccidité) 26
- 2.2.5. Le Rôle des Stomates dans les Trois Échanges Gazeux 27
- 2.2.6. Le Dilemme Stomatique : Le Conflit Vital de la Plante 27

Scenarios et Exercices 28

- 1. Exercices d'Application 28
- 2. Scénarios d'Assimilation 29

Chapitre 3 : La Circulation et l'Utilisation de l'Eau 💧 32

3.1. Le Mécanisme de la Transpiration 32

- 3.1.1. Définition et Localisation du Phénomène 32
- 3.1.2. La Transpiration : Moteur de l'Ascension de la Sève 🚂 32
- 3.1.3. Expérience de Mise en Évidence de la Transpiration 💉 33
- 3.1.4. Les Facteurs Environnementaux influençant la Transpiration 34

3.2. La Poussée Racinaire et l'Absorption d'Eau 35

- 3.2.1. L'Absorption d'Eau : Le Principe de l'Osmose 35
- 3.2.2. L'Application de l'Osmose à la Racine 35
- 3.2.3. Le Trajet de l'Eau et la Poussée Racinaire 36
- 3.2.4. La Manifestation de la Poussée Racinaire : La Guttation 💧 36
- 3.2.5. Bilan des Deux Moteurs 37

Scenarios et Exercices 37

- 1. Exercices d'Application 37
- 2. Scénarios d'Assimilation 38

RESSOURCES COMPLEMENTAIRES 41

I. Questions et reponses d'approfondissement. 41

II. Confusions et erreurs frequentes a eviter 47

- 1. La Confusion : "Les plantes respirent seulement la nuit." 47
- 2. La Confusion : "La 'respiration' de la plante, c'est l'échange gazeux par les feuilles." 48
- 3. La Confusion : "La photosynthèse est l'inverse de la respiration." 48
- 4. La Confusion : "La nourriture de la plante vient du sol." 49
- 5. La Confusion : "La transpiration est inutile et un gaspillage d'eau." 49
- 6. La Confusion : "La poussée racinaire (guttation) est le moteur principal de la montée de la sève." 50
- 7. La Confusion : "L'oxygène (O_2) que la plante rejette vient du Dioxyde de Carbone (CO_2)." 50

III. La fiche de revision prete a l'emploi. 51

- 1. La Photosynthèse ☀️ (Production de Nourriture) 51
- 2. La Nutrition Minérale 💧 (Absorption des Outils) 51
- 3. La Respiration Cellulaire ⚙️ (Libération d'Énergie) 52
- 4. La Circulation de l'Eau (Sève Brute) 🌊 52
- 5. Les Stomates 👄 (Les Portes de la Feuille) 53

Chapitre 4 : La Reproduction Asexuée ou Multiplication Végétative 🌿 57

4.1. Les Méthodes Naturelles 57

- 4.1.1. Définition et Principe Biologique 57
- 4.1.2. Les Stolons (Multiplication Aérienne Rampante) 🍓 57
- 4.1.3. Les Rhizomes (Multiplication Souterraine) 58
- 4.1.4. Les Tubercules (Réserves pour la Propagation) 🥔 59
- 4.1.5. Les Bulbes (Bourgeons Protégés) 🧅 59

4.2. Les Techniques Agricoles Artificielles 60

- 4.2.1. Le Bouturage (Propagation par Fragments) 60
- 4.2.2. Le Marcottage (Enracinement Sécurisé) 61
- 4.2.3. Le Greffage (L'Union de Deux Plantes) 🌳 62

Scenarios et Exercices 64

- 1. Exercices d'Application 64
- 2. Scénarios d'Assimilation 65

Chapitre 5 : La Reproduction Sexuée et la Dissémination 68

5.1. Le Cycle de Vie d'une Plante à Fleurs (Angiosperme) 🌸 68

- 5.1.1. Définition : Les Angiospermes 68
- 5.1.2. Étape 1 : La Germination de la Graine 🌱 68
- 5.1.3. Étape 2 : La Croissance Végétative 69
- 5.1.4. Étape 3 : La Floraison (Reproduction) 🌺 70
- 5.1.5. Étape 4 : La Pollinisation (Transport du Pollen) 🐝 70
- 5.1.6. Étape 5 : La Double Fécondation (Le Cœur du Processus) 71
- 5.1.7. Étape 6 : La Fructification (De la Fleur au Fruit) 🍊 72
- 5.1.8. Étape 7 : La Dissémination et la Fin du Cycle 73

5.2. Les Stratégies de Dissémination des Graines et des Fruits 73

- 5.2.1. L'Anémochorie (Dispersion par le Vent) 🌬️ 73
- 5.2.2. La Zoochorie (Dispersion par les Animaux) 🐘🐿️ 74
- 5.2.3. L'Hydrochorie (Dispersion par l'Eau) 🌊 75
- 5.2.4. L'Autochorie (Auto-dispersion) 76

Scenarios et Exercices 76

- 1. Exercices d'Application 76
- 2. Scénarios d'Assimilation 78

RESSOURCES COMPTABLES COMPLEMENTAIRES 81

I. Questions et reponse d'approfondissement 81

II. Confusions et erreurs frequentes a eviter 87

- 1. La Confusion : "La bouture et la graine sont deux types de semences." 87
- 2. La Confusion : "Le tubercule de pomme de terre est une racine." 88
- 3. La Confusion : "La pollinisation, c'est la fécondation." 88
- 4. La Confusion : "Tous les fruits sont comestibles, sucrés et charnus." 89
- 5. La Confusion : "Le greffage crée une nouvelle espèce ou variété." 89
- 6. La Confusion : "Les 'soies' du maïs sont les fleurs mâles." 90

III. La fiche de revision prete a l'emploi. 90

- 1. Concepts Fondamentaux 91
- 2. Reproduction Asexuée (Multiplication Végétative) 91
- 3. Reproduction Sexuée (Cycle des Angiospermes) 92
- 4. Dissémination (Transport des Graines et Fruits) 93

Chapitre 6 : Les Végétaux et leur Milieu de Vie 96

6.1. Les Adaptations aux Contraintes du Milieu 96

- 6.1.1. Adaptations à la Sécheresse (Xérophytes) 🏜️ 96
- 6.1.2. Adaptations aux Milieux Aquatiques (Hydrophytes) 🌊 98
- 6.1.3. Les Plantes Épiphytes (Vie Aérienne) 🌿 99

6.2. Les Grandes Formations Végétales de la RDC 🌳 100

- 6.2.1. La Forêt Dense Humide Équatoriale (Bassin du Congo) 100
- 6.2.2. Les Forêts Claires et Savanes Arborées (Sud) 101
- 6.2.3. Les Forêts de Montagne (Albertine Rift) 102

Scenarios et Exercices 104

- 1. Exercices d'Application 104
- 2. Scénarios d'Assimilation 105

Chapitre 7 : Botanique Appliquée : Agriculture et Sylviculture 107

7.1. Principes Botaniques de l'Agriculture 🌾 107

- 7.1.1. L'Agronomie : La Botanique au Service de l'Agriculture 107
- 7.1.2. La Rotation des Cultures : Gestion de la Fertilité et de la Santé du Sol 108
- 7.1.3. L'Association de Cultures (Cultures Mixtes) 🤝 109
- 7.1.4. La Sélection des Variétés (Amélioration) 111

7.2. La Gestion Durable des Forêts 🌳 112

- 7.2.1. Le Bassin du Congo : "Deuxième Poumon" Mondial 112

- 7.2.2. Les Menaces sur la Forêt Congolaise 113
- 7.2.3. La Sylviculture : L'Agriculture de l'Arbre 113
- 7.2.4. Principes de Gestion Durable 114
- 7.2.5. Le Reboisement et l'Agroforesterie 114

Scenarios et Exercices 115

- 1. Exercices d'Application 115
- 2. Scénarios d'Assimilation 116

RESSOURCES COMPLEMENTAIRES 119

I. Questions et réponses d'approfondissement. 119

II. Confusions et erreurs frequentes a eviter 123

- 1. La Confusion : "La pomme de terre, le manioc et la patate douce sont tous des tubercules-racines." 124
- 2. La Confusion : "Le greffage est un type de croisement génétique." 124
- 3. La Confusion : "Planter une graine, c'est du clonage." 125
- 4. La Confusion : "Les plantes de savane meurent à cause du feu." 125
- 5. La Confusion : "Les épiphytes (ex: orchidées) sont des parasites." 126
- 6. La Confusion : "Les fruits charnus (comme la papaye) sont faits pour nourrir l'embryon." 126
- 7. La Confusion : "La déforestation est la même chose que l'exploitation forestière." 127

III. La fiche de revision prete a l'emploi. 127

- 1. Reproduction Asexuée (Multiplication Végétative) 127
- 2. Reproduction Sexuée (Cycle des Angiospermes) 128
- 3. Dissémination (Transport des Graines/Fruits) 129
- 4. Écologie et Botanique Appliquée 129

ANNEXES ..... a

ANNEXES ..... a

I. Lexique des Termes de Physiologie et d'Écologie Végétales i

- 1.1 A i
- 1.2 B ii
- 1.3 C ii
- 1.4 D-E-F iii
- 1.5 G-H iv
- 1.6 L-M-N-O v
- 1.7 P-R vii
- 1.8 S-T-V-X-Z viii

II. Protocoles d'Expériences de Physiologie Végétale ix

- 2.1 Expérience 1 : Mise en évidence de la Transpiration Foliaire x

- 2.2 Expérience 2 : Démonstration de l'Osmose (L'Osmomètre de Pomme de Terre) xi
- 2.3 Expérience 3 : Mise en évidence du Phototropisme xiii

III. Guide Pratique de Multiplication Végétative xiv

- 3.1 Technique 1 : Le Bouturage du Manioc (*Manihot esculenta*) xiv
- 3.2 Technique 2 : Le Bouturage de la Patate Douce (*Ipomoea batatas*) xvi
- 3.3 Technique 3 : Le Marcottage Aérien (Pour Arbres Fruitiers) xvii



Préliminaires

1. Introduction Générale

Ce cours de botanique pour la 8ème année de l'Éducation de Base marque une transition fondamentale dans l'étude du monde végétal. Faisant suite aux acquis de la 7ème année, où l'accent était mis sur la morphologie descriptive — l'identification et la description des différentes parties de la plante (racine, tige, feuille, fleur) — ce programme se déplace de l'anatomie statique vers une compréhension dynamique des processus qui définissent la vie végétale.

L'exploration de cette année quitte l'inventaire des structures pour entrer au cœur du fonctionnement de la plante. Nous n'allons plus seulement identifier une feuille, mais comprendre *comment* elle capte l'énergie solaire et le gaz carbonique pour fabriquer de la matière organique. Nous n'allons plus seulement décrire une racine, mais analyser *comment* elle absorbe l'eau et les minéraux essentiels, et selon quels principes physiques et chimiques.

L'objectif principal est de révéler la plante, non plus comme un objet passif dans le paysage, mais comme un organisme vivant, actif, complexe et interactif. La plante est une usine biochimique sophistiquée qui répond en permanence aux stimuli de son environnement. Elle gère des ressources (eau, lumière, nutriments), déploie des stratégies de survie (adaptations à la sécheresse ou à l'ombre), et assure sa perpétuation à travers des mécanismes de reproduction ingénieux.

Cette approche physiologique et écologique est essentielle pour l'élève en République Démocratique du Congo. Le Congo est un pays défini par sa biodiversité végétale exceptionnelle, du Bassin du Congo, deuxième poumon forestier mondial, aux savanes du sud et aux écosystèmes montagnards uniques de l'Est. Comprendre la botanique dans ce contexte, c'est comprendre les fondements de notre agriculture, la base de notre sécurité alimentaire (manioc, maïs, bananier), la valeur de nos forêts pour le climat mondial, et les défis de la gestion durable de nos ressources.

Ce cours transformera la perception de l'élève : un arbre ne sera plus un simple morceau de bois, mais un système de transport d'eau hautement efficace ; une fleur ne sera plus une simple décoration, mais un organe reproducteur complexe ciblant des pollinisateurs spécifiques ; et un champ de haricots ne sera plus une simple culture, mais un exemple visible de symbiose vitale fixant l'azote de l'air. En somme, nous étudions le moteur de la biosphère.

2. Finalités et Objectifs du Cours

Les finalités de cet enseignement sont doubles et s'inscrivent dans une perspective de formation intégrale de l'élève en tant que citoyen et acteur de son environnement.

Conformément au programme national, les finalités du cours sont de développer chez l'élève une compréhension intégrée des sciences du vivant et de promouvoir une citoyenneté active dans la gestion durable des ressources naturelles.

2.1. Développer une Compréhension Intégrée

La botanique en 8ème année transcende la simple mémorisation de noms. Elle exige de l'élève qu'il établisse des liens entre différentes disciplines scientifiques.

- **Intégration Biologique :** L'élève doit comprendre que les processus étudiés (photosynthèse, respiration) sont des mécanismes cellulaires fondamentaux (cytologie) qui se déroulent dans des tissus spécialisés (histologie) pour assurer le fonctionnement d'organes (organographie) qui constituent la plante entière.
- **Intégration Chimique et Physique :** Les concepts de base de la chimie (molécules, réactions) et de la physique (pression, lumière, diffusion, osmose) sont mobilisés pour expliquer *comment* l'eau monte dans un arbre de 30 mètres (tension-cohésion) ou *comment* la plante transforme le CO_2 en sucre.
- **Intégration Écologique :** La plante n'est pas étudiée isolément. Elle est analysée comme un système ouvert, en interaction constante avec son milieu (climat, sol) et les autres êtres vivants (pollinisateurs, disséminateurs, pathogènes).

2.2. Promouvoir une Citoyenneté Active et Responsable

La RDC est un acteur majeur de l'équilibre écologique mondial. Ce cours vise à donner aux élèves les outils intellectuels pour devenir des gardiens avertis de cet héritage.

- **Gestion Durable :** Comprendre le rôle de la forêt du Bassin du Congo comme puits de carbone et régulateur des pluies permet de saisir l'enjeu global de la déforestation.

- **Sécurité Alimentaire :** Maîtriser les principes de la nutrition minérale (rôle de N, P, K), de la fixation de l'azote par les légumineuses (haricot, arachide) ou des techniques de multiplication (bouturage du manioc) permet à l'élève de comprendre et d'améliorer les pratiques agricoles dans son propre milieu.
- **Conservation :** Analyser les adaptations des plantes (par exemple, dans les mangroves de Moanda ou les forêts de montagne du Kivu) sensibilise à la fragilité de ces écosystèmes uniques et à la nécessité de les protéger.

2.3. Objectifs Spécifiques d'Apprentissage

À l'issue de ce cours, l'élève de 8ème année sera capable de :

1. **Expliquer les grands processus physiologiques :**
   - Détailler la photosynthèse comme le processus de production de matière organique (nourriture) et identifier les facteurs limitants (lumière, CO_2, température).
   - Différencier la photosynthèse (stockage d'énergie, de jour, dans les chloroplastes) de la respiration (libération d'énergie ATP, 24h/24, dans les mitochondries).
   - Expliquer le mécanisme de la transpiration comme moteur principal de l'ascension de la sève brute (tension-cohésion) et son rôle dans le dilemme stomatique (se nourrir vs. s'hydrater).
   - Décrire l'absorption de l'eau par le principe de l'osmose.
2. **Comparer les stratégies de reproduction :**
   - Distinguer la reproduction asexuée (clonage par bouturage, rhizome, etc.) de la reproduction sexuée (par graines, impliquant pollinisation et fécondation).
   - Expliquer les avantages agronomiques du clonage (bouturage du manioc, greffage du manguier) pour conserver les variétés.
   - Décrire les étapes clés de la reproduction sexuée (pollinisation, double fécondation, formation du fruit et de la graine).
3. **Analyser les adaptations des végétaux à leur milieu :**
   - Identifier les stratégies des xérophytes (plantes de milieu sec) pour survivre, comme celles des savanes du Katanga (perte des feuilles, écorce épaisse, racines profondes).

- Identifier les stratégies des hydrophytes (plantes de milieu aquatique) pour respirer et flotter (aérenchyme).
- Expliquer la stratégie des épiphytes (vivre sur les arbres) pour accéder à la lumière dans la forêt dense (ex: Tshopo).

4. **Appliquer les connaissances botaniques :**
   - Justifier l'importance agronomique de la rotation des cultures (alterner maïs et haricot) par le rôle fixateur d'azote des légumineuses.
   - Analyser un problème agricole local (ex: asphyxie des racines en sol inondé, carence minérale) en utilisant le vocabulaire scientifique approprié.
   - Expliquer le rôle écologique vital des forêts congolaises (stockage de carbone, régulation du climat).

3. Approche Pédagogique et Didactique

Pour atteindre ces objectifs ambitieux, la méthodologie d'enseignement doit être active, centrée sur l'élève et son environnement immédiat.

La méthodologie demeure ancrée dans l'approche par les situations, qui favorise la construction du savoir par l'élève. Le cours s'articulera autour d'expérimentations et d'études de cas.

3.1. L'Approche par les Situations (APS)

Cette approche pédagogique place l'élève en position d'acteur. Au lieu de recevoir passivement un savoir théorique, l'élève est confronté à un problème concret, souvent tiré de son vécu quotidien en RDC. Il doit mobiliser ses connaissances antérieures, identifier ce qui lui manque pour résoudre le problème, et construire activement le nouveau savoir.

Des situations-problèmes comme « Comment une plante peut-elle se reproduire sans graines ? » ou « Pourquoi certaines plantes de la savane du Kwango survivent-elles aux feux de brousse ? » serviront de catalyseurs pour l'apprentissage des techniques de multiplication végétative et des adaptations écologiques.

- **Exemple de démarche 1 (Reproduction) :**
  - *Situation-problème :* « Un agriculteur veut planter un champ de manioc et un champ de haricots. Pour le manioc, il coupe des tiges

; pour le haricot, il utilise des graines. Pourquoi utilise-t-il deux méthodes si différentes ? »

- *Investigation :* Cette question pousse l'élève à rechercher les différences entre la reproduction asexuée (bouturage, clonage, conservation des caractères) et la reproduction sexuée (graine, brassage génétique, cycle de vie).

- **Exemple de démarche 2 (Écologie) :**
  - *Situation-problème :* « Après le passage du feu de brousse à Kundelungu, le sol est noir et les arbres sont calcinés. Pourtant, quelques semaines après la première pluie, les herbes repoussent. D'où viennent-elles ? »
  - *Investigation :* L'élève est amené à découvrir l'existence d'organes de survie souterrains (les rhizomes) et d'adaptations au feu (pyrophytes), comme l'écorce épaisse de liège des arbres.

3.2. L'Observation et l'Expérimentation

La botanique est une science du concret. L'observation directe et l'expérimentation simple sont fondamentales pour transformer une notion abstraite en un fait tangible.

- **Observations de terrain :** Le milieu local (la cour de l'école, un champ voisin, un marché de Kinshasa ou de Goma) est le premier laboratoire.
  - Observer les nodosités sur les racines d'une plante d'arachide.
  - Comparer le système racinaire fasciculé d'un plant de maïs au système pivotant d'un plant d'avocatier.
  - Examiner la structure d'une fleur d'hibiscus pour identifier l'ovaire, les étamines et le stigmate.
  - Observer les adaptations des épiphytes sur un manguier en ville.
- **Expérimentations en classe :** Des protocoles simples (détaillés en annexe) seront menés pour visualiser les processus invisibles :
  - Mettre en évidence la transpiration (expérience du sac en plastique).
  - Démontrer l'osmose (expérience de la pomme de terre et du sucre).

- Prouver le phototropisme (la croissance vers la lumière avec la boîte à chaussures).
- Démontrer la nécessité de l'oxygène pour la germination (graines dans l'eau bouillie vs. eau aérée).

3.3. Contextualisation Congolaise

Pour assurer la pertinence du cours, les exemples et études de cas seront systématiquement puisés dans la réalité biogéographique et agricole de la RDC. L'objectif est que l'élève voie la botanique comme un outil direct de compréhension de son monde.

- En parlant de **nutrition minérale**, nous analyserons la fertilité des sols volcaniques du Nord-Kivu par rapport aux sols lessivés de la Cuvette Centrale.
- En étudiant la **dissémination**, nous examinerons le rôle des éléphants et des bonobos dans la régénération de la forêt (zoochorie) et les adaptations des fruits flottants sur le fleuve Congo (hydrochorie).
- En abordant la **sylviculture**, nous discuterons de l'importance du Bassin du Congo comme puits de carbone et des défis de l'exploitation du bois d'œuvre (Wengé, Afrormosia) face à la production de charbon de bois (Makala).
- En traitant des **adaptations**, nous analyserons les racines-échasses des palétuviers du Parc Marin des Mangroves à Moanda.

Cette approche, combinant la résolution de problèmes, l'expérimentation et une contextualisation forte, vise à former des élèves capables non seulement de réciter les principes de la botanique, mais de les *utiliser* pour analyser le monde vivant qui les entoure.

Éditions Donel C.
Direction Éditoriale et Conception Générale :
MURHULA BAZIKANGE M.
Pour contacts, mon site web :
https://murhulabazikange.com/

© 2025, Donel Consulting, Kin. RDC
Tous droits réservés.

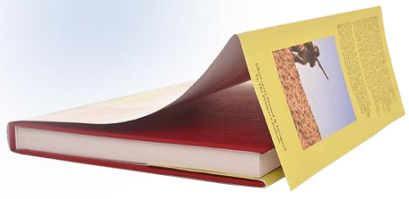
Pour l'excellence de l'éducation en RDC,
Tous les manuels scolaires en un seul endroit,
sur ce site web :
https://manuels-scolaires-rdc.com/

Pour plus de détails, scannez ceci :

PARTIE I

Physiologie Végétale : le Fonctionnement Interne de la Plante

Cette première partie plonge au cœur du métabolisme de la plante pour en comprendre les mécanismes vitaux. Elle vise à approfondir la connaissance des processus de nutrition et des échanges avec le milieu, en expliquant comment la plante produit sa propre matière et gère ses ressources énergétiques et hydriques.



Chapitre 1 : La Nutrition de la Plante en Détail

1.1. La Photosynthèse et les Facteurs l'Influençant

Ce sous-chapitre approfondit le processus de la photosynthèse. Au-delà de l'équation bilan, l'influence des facteurs externes est analysée expérimentalement : l'importance de l'intensité lumineuse, de la concentration en dioxyde de carbone et de la température sur le rendement photosynthétique.

1.1.1. Définition et Signification Biologique

La photosynthèse est le processus métabolique fondamental qui permet aux plantes vertes, aux algues et à certaines bactéries (dites "photoautotrophes") de synthétiser leur propre matière organique. Ce processus utilise des composés inorganiques simples (dioxyde de carbone et eau) et l'énergie lumineuse pour produire des glucides (sucres), qui constituent la base de l'alimentation de la plante et, indirectement, de presque tous les écosystèmes.

La photosynthèse est la réaction biochimique qui soutient la vie sur Terre en produisant de la biomasse (matière organique) à partir de matière minérale et en libérant de l'oxygène (O_2), un gaz indispensable à la respiration de la plupart des êtres vivants, y compris les humains.

1.1.2. Localisation du Processus

La photosynthèse est un processus hautement compartimenté qui se déroule dans des structures spécifiques de la plante.

1. **Au niveau de l'organe : La Feuille** L'organe principal de la photosynthèse est la feuille. Sa structure est optimisée pour cette fonction :
   - **Le limbe** (partie large et plate) offre une surface maximale d'exposition à la lumière solaire.
   - **Les tissus internes** (mésophylle) sont riches en cellules spécialisées.
   - **Les stomates** (pores) permettent les échanges gazeux.

2. **Au niveau du tissu : Le Parenchyme Chlorophyllien** À l'intérieur de la feuille, le tissu de remplissage (parenchyme) est le site actif. Il se divise en parenchyme palissadique (cellules allongées, riches en chloroplastes, optimisées pour capter la lumière) et en parenchyme lacuneux (espaces pour la circulation des gaz).

3. **Au niveau de l'organite : Le Chloroplaste** 🔋 L'usine chimique réelle de la photosynthèse est un organite cellulaire spécifique appelé **chloroplaste**. Une seule cellule du parenchyme palissadique peut contenir des centaines de chloroplastes. Le chloroplaste possède une structure interne complexe :

   - **Thylakoïdes :** Des sacs membranaires aplatis, souvent empilés (formant des "grana"). C'est à la surface de ces membranes que se trouve le pigment capteur.
   - **Chlorophylle :** Le pigment vert essentiel. C'est la molécule qui a la capacité unique d'absorber l'énergie des photons lumineux. Elle absorbe principalement les longueurs d'onde **bleues** et **rouges** du spectre lumineux et réfléchit le vert, ce qui donne leur couleur aux feuilles.
   - **Stroma :** Le liquide interne du chloroplaste où se déroulent les réactions de synthèse du sucre.

1.1.3. L'Équation Bilan et ses Composants

L'ensemble du processus complexe de la photosynthèse peut être résumé par une équation chimique bilan. Cette équation montre les matières premières (intrants) consommées et les produits finaux générés.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{Énergie Lumineuse+Chlorophylle}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

L'analyse détaillée de cette équation est fondamentale :

- **Les Intrants (Matières Premières) :**
  - $6CO_2$ **(Dioxyde de Carbone) :** Six molécules de CO_2 sont nécessaires. Ce gaz est absorbé de l'atmosphère par la feuille, principalement via les **stomates**. Il fournit le **carbone** (C) et l'**oxygène** (O) nécessaires à la construction du sucre.
  - $6H_2O$ **(Eau) :** Six molécules d'eau sont consommées. L'eau est absorbée du sol par les **racines** (zone pilifère) et transportée jusqu'aux feuilles par les vaisseaux du **xylème** (sève brute). L'eau

fournit l'**hydrogène** (H) pour le sucre et, crucialement, elle est la source de l'oxygène gazeux libéré.

- **Les Conditions Nécessaires (Catalyseurs) :**
  - **Énergie Lumineuse (Soleil) :** C'est le moteur du processus. L'énergie des photons est capturée par la chlorophylle et convertie en énergie chimique.
  - **Chlorophylle :** Le pigment biologique qui capte l'énergie lumineuse. Le processus entier est impossible sans cette molécule.
- **Les Produits (Résultats) :**
  - $C_6H_{12}O_6$ **(Glucose) :** Une molécule de glucose (un sucre simple). C'est la **matière organique** produite. C'est l'aliment de base de la plante. Ce glucose sera ensuite utilisé pour :
    1. La **respiration** (libérer de l'énergie pour la croissance).
    2. Le **transport** (converti en saccharose et distribué par le phloème).
    3. Le **stockage** (polymérisé en **amidon**, par exemple dans le tubercule de manioc ou la graine de maïs).
  - $6O_2$ **(Oxygène) :** Six molécules d'oxygène. Cet oxygène provient de la "cassure" (photolyse) des molécules d'eau (H_2O), et non du CO_2. Une partie de cet oxygène est utilisée par la plante pour sa propre respiration, mais la grande majorité est un déchet métabolique libéré dans l'atmosphère par les stomates.

1.1.4. L'Influence des Facteurs Externes (Facteurs Limitants)

Le rendement de la photosynthèse (la vitesse à laquelle une plante produit du glucose) est directement influencé par les conditions de son environnement. Le concept de **facteur limitant** (inspiré de la loi du minimum de Liebig) stipule que la vitesse d'un processus dépendant de plusieurs facteurs est déterminée par le facteur qui est le plus proche de son minimum requis. Si un seul facteur manque, même si tous les autres sont abondants, le processus s'arrête ou ralentit.

1.1.4.1. L'Intensité Lumineuse (Énergie)

La lumière est le moteur énergétique.

- **Faible luminosité (ex: sous-bois, matin tôt) :** L'intensité lumineuse est le facteur limitant. La photosynthèse est très lente.
- **Augmentation de la luminosité :** La vitesse de la photosynthèse augmente proportionnellement.
- **Point de saturation lumineuse :** À un certain niveau d'intensité, la photosynthèse atteint son maximum. Augmenter encore la lumière n'accélère plus le processus, car un autre facteur (généralement le CO_2) est devenu limitant.
- **Contexte (Culture du maïs dans le Kwilu) :** Cette notion justifie l'importance de l'espacement entre les plants. Si les plants de maïs sont semés trop densément (trop serrés), les feuilles supérieures captent toute la lumière. Les feuilles inférieures, privées de lumière (auto-ombrage), ne peuvent pas réaliser la photosynthèse. La production globale de glucose par plant est réduite, menant à de petits épis. Un espacement correct (par exemple, 80 cm x 40 cm) assure que la lumière pénètre et atteint un maximum de feuilles, optimisant ainsi le rendement.

1.1.4.2. La Concentration en Dioxyde de Carbone (CO_2)

Le CO_2 est la matière première carbonée.

- **Concentration atmosphérique :** Le CO_2 ne représente qu'environ 0,04% de l'atmosphère. Dans des conditions de forte lumière et de température idéale, cette faible concentration est très souvent le **facteur limitant principal** pour la croissance des plantes sur Terre.
- **Enrichissement en CO_2 :** Dans des environnements contrôlés (comme une serre à tomates au Kongo-Central), augmenter artificiellement la concentration de CO_2 (par exemple, à 0,1%) peut augmenter le rendement de 30% à 50%, car cela lève ce facteur limitant.
- **Lien avec la sécheresse :** Le CO_2 entre par les stomates. Si la plante manque d'eau, elle ferme ses stomates pour survivre. Cette fermeture bloque l'entrée de CO_2. La photosynthèse s'arrête, non pas par manque de lumière, mais par "faim" de CO_2.

1.1.4.3. La Température

La photosynthèse est une série de réactions biochimiques catalysées par des **enzymes**. L'activité des enzymes est extrêmement sensible à la température.

- **Températures basses :** L'activité enzymatique ralentit considérablement. La photosynthèse est faible, même si la lumière et le CO_2 sont abondants (ex: un matin froid dans les hauts plateaux de Masisi au Nord-Kivu).
- **Température optimale :** Chaque plante a une plage de température où ses enzymes fonctionnent le mieux. Pour les plantes tropicales comme le bananier ou le palmier à huile, cette plage se situe souvent entre 25°C et 35°C.
- **Températures excessives :** Au-delà d'un certain seuil (ex: > 40-45°C), les enzymes commencent à se **dénaturer** (leur structure se brise). Elles perdent leur fonction de manière irréversible, et la photosynthèse s'effondre.

1.1.4.4. La Disponibilité en Eau (H_2O)

L'eau est un intrant direct de l'équation, mais son rôle indirect est encore plus critique.

- **Rôle direct (Réactif) :** L'eau est la source d'hydrogène pour le glucose et d'oxygène gazeux.
- **Rôle indirect (Contrôle des stomates) :** Le **stress hydrique** (manque d'eau dans le sol) est le facteur le plus courant qui arrête la photosynthèse.

1. La plante manque d'eau.
2. Pour éviter une déshydratation mortelle (transpiration), les cellules de garde des stomates perdent leur turgescence (se dégonflent).
3. Les **stomates se ferment**.
4. L'entrée de CO_2 est bloquée.
5. La photosynthèse s'arrête. C'est un mécanisme de survie : la plante sacrifie la production de nourriture (croissance) pour conserver l'eau (survie).

1.2. La Nutrition Minérale

La photosynthèse produit du glucose ($C_6H_{12}O_6$), composé uniquement de Carbone, d'Hydrogène et d'Oxygène. Cependant, pour construire ses structures (protéines, ADN, chlorophylle, enzymes), la plante a besoin de nombreux autres éléments chimiques. Elle puise ces éléments dans le sol sous

forme de **sels minéraux**. La nutrition minérale est l'étude de l'absorption et de l'utilisation de ces éléments.

1.2.1. L'Absorption Racinaire : Le Rôle des Sels Minéraux

L'absorption de l'eau et des minéraux est la fonction principale des racines.

- **Zone d'Absorption : La Zone Pilifère** L'absorption se produit massivement au niveau de la **zone pilifère** de la racine (la partie jeune). Cette zone est couverte de millions de **poils absorbants**. Un poil absorbant est une extension très fine d'une seule cellule épidermique. Cette structure augmente de manière exponentielle la surface de contact entre la racine et les particules du sol.
- **La Solution du Sol** Les minéraux existent dans le sol sous forme d'**ions** dissous dans l'eau du sol (ex: l'azote sous forme d'ion nitrate NO_3^-, le potassium sous forme d'ion K^+).
- **Mécanismes d'Absorption** L'absorption de l'eau et des minéraux se fait par deux mécanismes différents :
    1. **Eau (Osmose) :** L'eau se déplace **passivement** (sans dépense d'énergie) du sol (milieu moins concentré) vers l'intérieur des poils absorbants (milieu plus concentré), suivant le gradient de potentiel hydrique.
    2. **Ions Minéraux (Transport Actif) :** Les ions sont souvent moins concentrés dans le sol que dans la racine. La cellule racinaire doit donc les "pomper" activement vers l'intérieur, **contre** leur gradient de concentration. Ce **transport actif** nécessite de l'énergie, que la cellule racinaire fournit grâce à la respiration (en consommant du glucose venu des feuilles).

1.2.2. Les Macroéléments (Besoins Quantitatifs)

Les macroéléments sont les nutriments dont la plante a besoin en **grandes quantités**. On distingue les macroéléments primaires (N, P, K) des secondaires (Ca, Mg, S).

1.2.2.1. L'Azote (N)

- **Fonction :** L'azote est le composant fondamental des **protéines** (les "briques" de construction de la cellule) et des **acides nucléiques** (ADN). Il est également un composant essentiel de la molécule de **chlorophylle**.
- **Rôle agronomique :** L'azote stimule la croissance **végétative** : la production de tiges et de feuilles. Il est responsable de la couleur verte intense du feuillage.
- **Symptôme de Carence (Manque) :** Une carence en azote provoque la **chlorose** (jaunissement) uniforme des feuilles, en commençant par les **feuilles les plus âgées** (en bas de la plante), car l'azote est mobile et la plante le déplace de ses vieilles feuilles vers ses jeunes bourgeons.

1.2.2.2. Le Phosphore (P)

- **Fonction :** Le phosphore est le composant clé de l'**ATP** (Adénosine TriPhosphate), la molécule universelle du transfert d'énergie dans la cellule. Il est aussi vital pour l'ADN et les membranes cellulaires.
- **Rôle agronomique :** Le phosphore est le moteur de l'énergie. Il est crucial pour :
    1. Le développement du **système racinaire** au début de la croissance.
    2. La **floraison** (initiation des fleurs).
    3. La formation des **fruits** et des **graines**.
- **Symptôme de Carence :** Une croissance ralentie (nanisme), un retard de floraison, et une coloration anormale (souvent **rougeâtre ou violacée**) sur les feuilles âgées.

1.2.2.3. Le Potassium (K)

- **Fonction :** Le potassium n'entre pas dans la composition de molécules organiques majeures. Son rôle est celui d'un **régulateur** et d'un **activateur**. Il active plus de 60 enzymes différentes.
- **Rôle agronomique :**
    1. **Régulation de l'eau :** Le potassium contrôle le mouvement de l'eau dans la plante. Il est indispensable à l'ouverture et à la fermeture des **stomates** (il provoque l'entrée d'eau dans les cellules de garde, qui gonflent et ouvrent le pore).

2. **Résistance :** Une plante bien pourvue en potassium résiste mieux à la **sécheresse**, au gel et aux **maladies**.

- **Symptôme de Carence :** Un dessèchement ou une nécrose (brûlure) qui commence au **bord** et à la **pointe** des feuilles les plus âgées. Les tiges sont faibles et la plante se "verse" (couche) facilement.

1.2.2.4. Le Magnésium (Mg)

- **Fonction :** Le magnésium est parfois classé comme secondaire, mais son rôle est central. C'est l'**atome central** de la molécule de **chlorophylle**.
- **Symptôme de Carence :** Une **chlorose** (jaunissement) qui apparaît **entre les nervures** des feuilles âgées (les nervures restent vertes tandis que le limbe jaunit).

1.2.3. Les Oligoéléments (Besoins Qualitatifs)

Les oligoéléments (ou "éléments traces") sont nécessaires en quantités infimes (traces), mais leur absence totale bloque la croissance de la plante. Ils agissent le plus souvent comme des cofacteurs enzymatiques.

- **Fer (Fe) :** Essentiel pour la **synthèse de la chlorophylle** (bien qu'il ne soit pas dans la molécule) et pour la respiration. Sa carence provoque une chlorose (jaunissement) sévère, mais sur les **jeunes feuilles** (car le fer est peu mobile dans la plante).
- **Manganèse (Mn) :** Impliqué dans la photosynthèse (la photolyse de l'eau).
- **Zinc (Zn) :** Important pour la synthèse des hormones de croissance.
- **Bore (B) :** Crucial pour la division cellulaire et la germination du pollen.

1.2.4. La Fertilité du Sol et les Engrais

La **fertilité** d'un sol est sa capacité à fournir durablement aux plantes l'eau et les nutriments minéraux nécessaires.

- **Contextualisation (Sols de la RDC) :**
  1. **Sols volcaniques (Ex: Nord-Kivu, région de Goma, Rutshuru) :** Ces sols sont jeunes, issus de roches volcaniques riches. Ils libèrent d'énormes quantités de minéraux (Phosphore, Potassium, oligoéléments). Ce sont des sols **très fertiles**, expliquant la vigueur des cultures de haricots ou de pommes de terre.

2. **Sols tropicaux anciens (Ex: Cuvette Centrale, Tshopo) :** Ces sols (ferralsols) sont très anciens et ont été soumis à des pluies intenses pendant des millénaires. L'eau a "lessivé" les sols, entraînant les nutriments en profondeur. Ces sols sont souvent acides et **pauvres** en minéraux.

- **La Fertilisation (Engrais) :** Lorsque les cultures successives épuisent les minéraux du sol (chaque récolte de manioc ou de maïs exporte de l'azote, du phosphore et du potassium hors du champ), l'agriculteur doit restituer cette fertilité.

1. **Engrais Organiques :** (Fumier, compost, résidus de cultures, tourteaux). Ils nourrissent le sol en se décomposant lentement et améliorent sa structure physique (rétention d'eau, aération).

2. **Engrais Minéraux (Chimiques) :** (Urée, NPK, Superphosphate). Ils fournissent des nutriments spécifiques, sous une forme directement assimilable par la plante. L'étiquette **NPK** (ex: 15-15-15) indique les pourcentages d'Azote (N), de Phosphore (exprimé en P_2O_5) et de Potassium (exprimé en K_2O).

Scenarios et Exercices

1. Exercices d'Application

Exercice 1 (À compléter)

Le processus de la photosynthèse, résumé par l'équation $6CO_2 + 6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$, se déroule dans les organites cellulaires appelés ..., qui contiennent le pigment vert, la ..., capable de capter l'énergie ... ; ce processus utilise le dioxyde de carbone, qui entre par les ..., et l'eau, qui monte par le ..., pour fabriquer du ..., la nourriture de la plante.

Exercice 2 (À compléter)

Pour construire ses protéines et sa chlorophylle, un plant de maïs absorbe par ses racines le macroélément principal appelé ..., dont le manque provoque un symptôme de ... (jaunissement) sur les feuilles âgées ; pour développer un bon système racinaire et assurer une bonne floraison, il a besoin de ..., tandis que pour résister à la sécheresse en contrôlant l'ouverture de ses stomates, il utilise le ....

Exercice 3 (À compléter)

L'absorption de l'eau se fait passivement par ..., mais l'absorption des ions minéraux (comme les nitrates NO_3^-) est un transport ... qui demande de l'énergie à la plante ; cette absorption se fait au niveau de la zone ... de la racine, grâce à ses ... absorbants qui augmentent la surface de contact, puis la sève ... (composée d'eau et de minéraux) est transportée vers les feuilles.

Exercice 4 (Raisonnement)

En te basant sur le concept de "facteur limitant", explique pourquoi un plant d'avocatier, même s'il est parfaitement arrosé et fertilisé (il a de l'eau et des minéraux) et qu'il fait une température idéale (28°C), cessera de produire du glucose s'il est placé dans une pièce hermétiquement fermée et sans lumière pendant 48 heures.

Exercice 5 (Raisonnement)

Un agriculteur cultive deux parcelles de lenga-lenga (amarante, une plante dont on mange les feuilles) à Kinshasa. Sur la Parcelle A, il met de l'urée (engrais 46-0-0, qui contient uniquement de l'azote). Sur la Parcelle B, il met du superphosphate (engrais 0-20-0, qui contient uniquement du phosphore). Sur quelle parcelle obtiendra-t-il une meilleure récolte de *feuilles* ? Justifie ta réponse en expliquant le rôle de l'azote (N) et du phosphore (P).

Exercice 6 (Raisonnement)

Pendant une période de forte sécheresse dans la région de Matadi (Kongo-Central), un agriculteur observe que ses plants de maïs arrêtent de grandir. Les feuilles semblent saines, mais la plante ne produit plus de nouveaux tissus. Explique ce phénomène en liant la sécheresse, les stomates, le CO_2 et la photosynthèse.

2. Scénarios d'Assimilation

Scénario 1 : L'énigme des sols volcaniques du Kivu

- **Situation :** Un agronome compare deux champs de haricots (une Dicotylédone). Le Champ A est près de Goma (Nord-Kivu), sur un sol volcanique jeune, noir et riche. Le Champ B est près de Kisangani (Tshopo), sur un sol tropical ancien (ferralsol), rouge et lessivé. Les deux champs reçoivent la même pluie et la même lumière. Les plants du Champ A sont vigoureux, très verts, et produisent beaucoup de gousses. Les plants du Champ B sont petits, jaunâtres, et fleurissent peu.