

ENSEIGNEMENT DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT)
°° SCIENCES DE LA VIE °°

Partie 2. L'organisme, un système en interaction avec son environnement
>> Cours <<

Chapitre 11 : proposition de fiche à compléter

Les Angiospermes, organismes autotrophes à vie fixée

Introduction

Angiospermes :

Vie fixée :

Comment les Angiospermes réalisent-elles leurs fonctions, notamment de nutrition (incluant la production de matière organique), dans un environnement aérien fluctuant et en demeurant fixées ?

I. La vie fixée des Angiospermes, une réalité structurale et fonctionnelle

Capacité exigible

- ✓ **Identifier** les besoins de matière minérale d'un végétal Angiosperme ;
- ✓ **Mettre en relation** des constituants minéraux avec différents processus liés à la vie de la plante (croissance cellulaire, métabolisme énergétique)

A. Les implications de la vie fixée dans l'organisation des Angiospermes

Voir notamment le TP 2.5 sur la morpho-anatomie des Angiospermes

▲ FIGURE 1. Morphologie d'une Angiosperme. D'après CAMPBELL & REECE (2007)

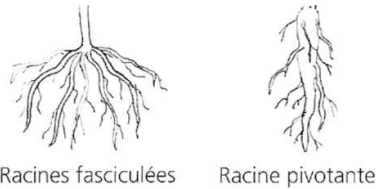
1. Un organisme ancré dans le substrat par un appareil souterrain assurant aussi le prélèvement de la solution du sol : l'appareil racinaire

a. Notion d'appareil racinaire et de racines

Appareil racinaire :

Presque toujours **souterrain**

b. Appareil fasciculé vs. pivotant



▲ FIGURE 2. **Réseau racinaire fasciculé vs. pivotant.** D'après MEYER *et al.* (2008)

c. La zonation fondamentale de l'appareil racinaire

▲ FIGURE 3. **Organisation d'une racine.** Dessin O. CHASSAING (BCPST1, Lycée Faidherbe, Lille).

2. Un organisme dont une partie se trouve en dehors du sol et où se déroule notamment la photosynthèse et la reproduction : l'appareil aérien

a. Notions d'appareil aérien et d'appareil caulinaire

Appareil aérien : *Organes situés hors du sol.*

Appareil caulinaire :
Tige + organes végétatifs portés (feuilles, bourgeons) + organes reproducteurs portés (fleurs → fruits).

b. La présence d'organes végétatifs : tige, feuilles et bourgeons

Tige :

Feuilles :

Bourgeons :
Structures aériennes globulaires situées à l'apex des tiges en croissances ou à l'aisselle des feuilles dans lesquelles se trouve un méristème caulinaire (réalisant la mérése – même s'il peut être inhibé).

Appareil végétatif :

Transition racine / tige = collet
[R] Xylème et phloème alternés dans stèle → [T] Xylème et phloème superposés en faisceaux cribrovasculaires périphériques.

c. Une organisation fondamentale en unités répétitives : les phytomères ou modules

Phytomère = module :

▲ FIGURE 4. Un phytomère ou module. D'après BREUIL (2007)
Voir là encore le chapitre 18 sur le développement végétal

d. La présence d'organes reproducteurs : fleurs puis fruits

Appareil reproducteur :

▲ FIGURE 6. De la fleur (A) au fruit (B). D'après MEYER *et al.* (2008).

3. La possibilité d'un stockage de substances organiques (voire d'eau) dans certains organes

- La **vie fixée** et l' qui y est associée supposent une **fonction de mise en réserve journalière** mais aussi **saisonnière** ; nous évoquons ci-dessous ce **second cas**.

a. Les organes végétatifs de réserve souterrains chez les géophytes : tubercules (caulinaire, racinaires, hypocotylaires, mixtes), bulbes, rhizomes

Voir le TP 2.7 pour les modalités du stockage, les caractéristiques morpho-anatomiques détaillées de chaque type de structure de réserve et le détail des substances stockées

Organes de réserve végétatifs :

Comme nous le verrons en TP (TP 2.7), les réserves organiques sont stockées dans des **parenchymes primaires** (ex. Pomme de Terre), ou bien des **parenchymes secondaires** sous forme de **rayons ligneux** ou **libériens** (ex. Radis, Carotte...).
Vous devez savoir représenter des coupes transversales de ces organes en figurés conventionnels.

▲ FIGURE 5. Une fleur hermaphrodite syncarpe à carpelles soudés en ovaire unique.
D'après DUCREUX (2002), modifié.

▼ **TABLEAU I. Diversité des organes de réserve avec quelques exemples marquants pour chaque type (incluant les semences).**

Document J. SEGARRA (TB2, ENCPB – Lycée Pierre-Gilles de Gennes, Paris 13).

Les exemples en rouge sont traités en TP (TP 2.7.).

Attention à certaines plantes parfois annuelles (Radis, certaines Carottes...) ici présentées comme bisannuelles.

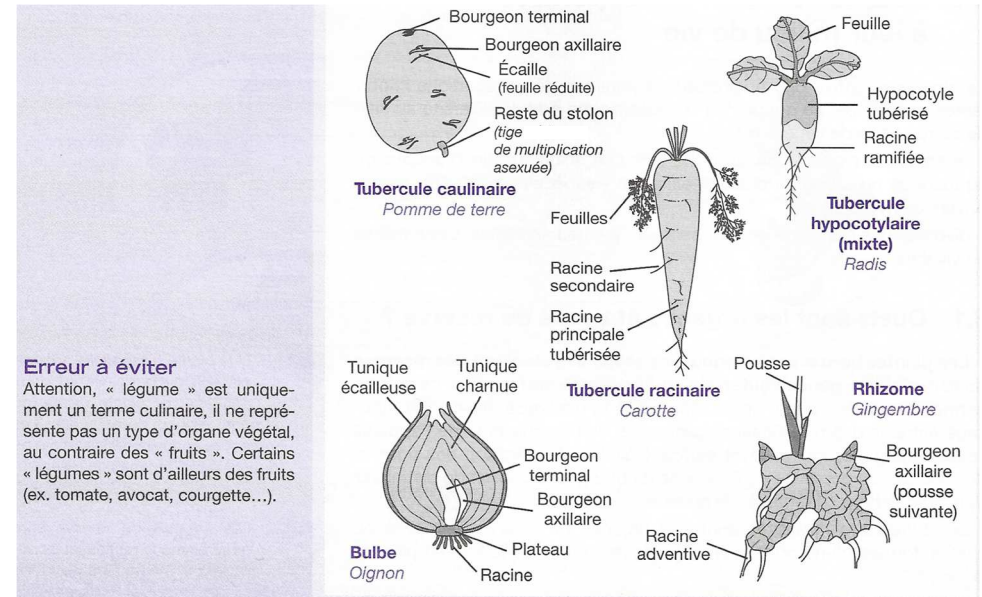
Partie de la plante ou organe accumulant des réserves	Nature de l'organe ou du tissu	Exemples	rythme de développement (au regard des exemples)
racine (essentiellement)	tubercule racinaire	carotte salsifi, panais betterave sucrière	plantes bisannuelles
		dahlia	plante vivace
racine + hypocotyle	tubercule mixte hypocotylaire	radis betterave rouge betterave fourragère	plantes bisannuelles
racine + hypocotyle + tige		céleri-rave	plantes bisannuelles
tige	tubercule caulinaire	pomme de terre topinambour glaïeul	plantes vivaces
		chou-rave	plantes bisannuelles
	rhizome	gingembre sceau de Salomon muguet	plantes vivaces
feuilles	bulbe	oignon	plantes bisannuelles
		ail tulipe	plantes vivaces
graines → cotylédon graines → albumen		haricot, pois blé ricin	plantes annuelles plantes annuelles plante vivace

Savoir reconnaître un organe de réserve

Un organe de réserve est un organe renflé :

- s'il ne porte pas de bourgeon mais des traces éventuelles de racines de petite taille, c'est un tubercule racinaire (ex. Carotte, Betterave ou Radis) ;
- s'il porte des feuilles réduites et des bourgeons, c'est un tubercule caulinaire (ex. tubercule de Pomme de terre). Ce sont des tiges souterraines hypertrophiées qui ne survivent pas plus d'un an ;
- s'il porte des feuilles réduites à des écailles, des nœuds ou des bourgeons, c'est un rhizome (ex. rhizome de Gingembre, Iris et Sceau de Salomon). Ce sont des tiges souterraines vivaces ;
- s'il dispose de feuilles modifiées (tuniques) et d'une tige courte (plateau), c'est un bulbe (ex. bulbe d'Oignon ou de Tulipe). Ce sont des pousses souterraines verticales.

Le stockage des réserves entraîne des modifications profondes de l'organisation de l'appareil végétatif, qui rendent parfois difficile l'identification des tiges et des racines. Soyez attentifs aux différents indices, et en particulier à la présence de bourgeons.



Erreur à éviter
Attention, « légume » est uniquement un terme culinaire, il ne représente pas un type d'organe végétal, au contraire des « fruits ». Certains « légumes » sont d'ailleurs des fruits (ex. tomate, avocat, courgette...).

▲ **FIGURE 7. Organes de réserves végétatifs.** D'après DENCEUD *et al.* (2014).

b. Les graines, organes de dissémination et de résistance

▲ **FIGURE 8. Typologie des graines.** D'après KLEIMAN (2001).

Graine :

c. Les parenchymes aquifères des malacophytes

B. Les implications de la vie fixée dans le fonctionnement des Angiospermes

1. Un organisme fixé qui échange de la matière et de l'énergie avec son environnement : les fonctions de nutrition (au sens large)

Fonctions de nutrition :

▼ TABLEAU II. Un panorama des fonctions de nutrition chez les Angiospermes.

Fonctions	Structures impliquées	Précisions

2. Un organisme fixé qui interagit avec son environnement et le perçoit : les fonctions de relation (au sens large)

Fonctions de relation :

▼ TABLEAU III. **Un panorama des fonctions de relations chez les Angiospermes.**

(!) *Vie fixée* ⇒ fréquente **action à distance** sur l'environnement par **émission de substances**

Fonctions	Structures impliquées	Précisions

(1) <https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/feuille-systeme-defense-cette-plante-attaquee-chenille-reaction-etonnante-72838/> (consultation octobre 2018)

▲ **FIGURE 9. Relations entre un végétal et son environnement (abiotique ou biologique).**
D'après MEYER *et al.* (2008).

3. Un organisme fixé qui produit de nouveaux individus et se développe : les fonctions de reproduction (au sens large)

Fonctions de reproduction (sens large) :
- Reproduction (sens strict) :
- Cycle de vie : voir chapitre 16
- Développement / ontogenèse :
- Vieillesse / sénescence : définition superflue

▼ TABLEAU IV. Un panorama des fonctions de reproduction chez les Angiospermes.

Fonctions	Structures et processus en jeu



(!) **Dissémination** → seulement pour les **semences** (= *implantation d'un nouvel individu permettant la colonisation du milieu*).

C. Un fonctionnement qui implique un approvisionnement en matière minérale à l'état fixé : les besoins inorganiques des plantes

▲ FIGURE 11. Flux d'ensemble des principaux flux de matière chez une plante.
D'après CAMPBELL & REECE (2004).

1. L'eau, constituant majeur des cellules et moteur de la circulation des sèves

Eau = 80-90 % des cellules végétales (min. 70 %)

Rôles :

-
-
-
-
-

Surfaces d'échanges impliquées :

- Captation → **racines** (zone pilifère et mycorhizes)
- Pertes → surtout **stomates**

2. Les ions minéraux (dont les nitrates, principale substance azotée assimilable), composants des cellules et de molécules variées

Deux exemples :

-
-

Surfaces d'échanges impliquées :

3. Le dioxygène, composant nécessaire à la respiration cellulaire

Respiration cellulaire → production d'ATP

Toute la plante respire

- Cuticule :
- Stomates :
- Liège :

Les plantes respirent tout le temps ! Même si les échanges gazeux respiratoires peuvent être masqués en intensité par les échanges gazeux photosynthétiques en journée, **la plante n'arrête pas de respirer pour autant !**

4. Le dioxyde de carbone, composant incorporé par photosynthèse à la matière organique

Captation au niveau des parties chlorophylliennes → photosynthèse

Bilan (adapté du programme)

- ✓ Les **Angiospermes** ont des **besoins de matière minérale** permettant le maintien de leur **équilibre hydrominéral** et la réalisation de leurs **synthèses organiques**.

II. Les Angiospermes, organisme fixes dont l'autotrophie est permise par la photosynthèse

Capacités exigibles

- ✓ **Établir** que la capacité photosynthétique de certaines cellules de la plante assure l'autotrophie de l'ensemble de l'organisme.
- ✓ **Présenter** un bilan chimique simple de la photosynthèse et l'importance du couplage photochimique pour sa réalisation.
- ✓ **Identifier** les flux de matière entre les différents compartiments au sein d'une cellule chlorophyllienne.

A. La plante, organisme constitué de tissus autotrophes et hétérotrophes, ce qui suppose des corrélations trophiques entre cellules

▲ FIGURE 12. **Corrélations trophiques entre organes chez Angiospermes (été).**

D'après SEGARRA *et al.* (2015).

Voir aussi les conséquences des variations des rythmes saisonniers (chapitre 12)

Organes-sources :

Organes-puits :

Corrélations trophiques :

Rappelons bien que **toutes les cellules végétales**, qu'elles soient **autotrophes** ou **hétérotrophes**, réalisent le **catabolisme oxydatif** (dont la **respiration cellulaire**) !

B. La réduction du CO₂ et la synthèse glucidique en présence de lumière : la photosynthèse en C3

1. La photosynthèse, une réduction du CO₂ en matière organique au moyen de l'énergie lumineuse qui a lieu dans les chloroplastes

Voir aussi les conséquences des **variations des rythmes saisonniers** (chapitre 12)

Photosynthèse :

2. Une réaction qui suppose un couplage entre deux phases

- On distingue **deux grandes étapes** dans la photosynthèse (figure 15).

▲ FIGURE 13. **Organisation d'un chloroplaste : rappels**. D'après ALBERTS *et al.* (2004)

Voir aussi les conséquences des **variations des rythmes saisonniers** (chapitre 12)

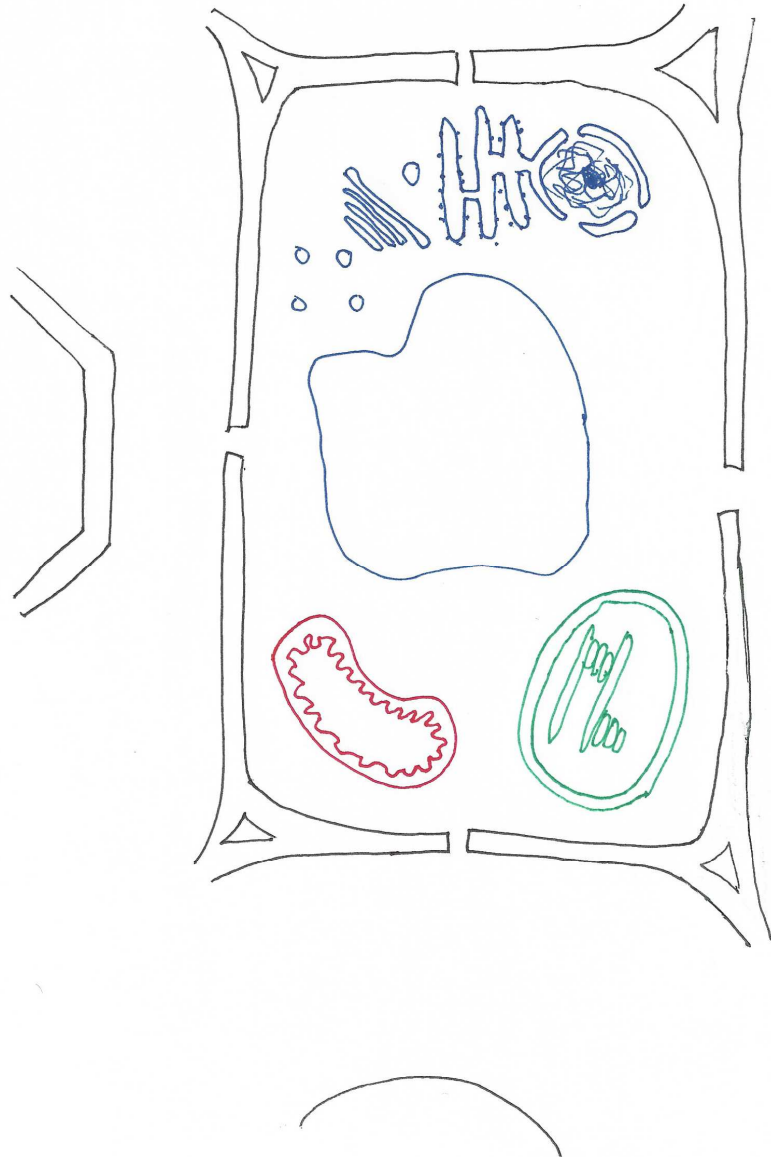
Équation :

▲ FIGURE 15. **Résumé de la photosynthèse en C3**. D'après CAMPBELL & REECE (2004)

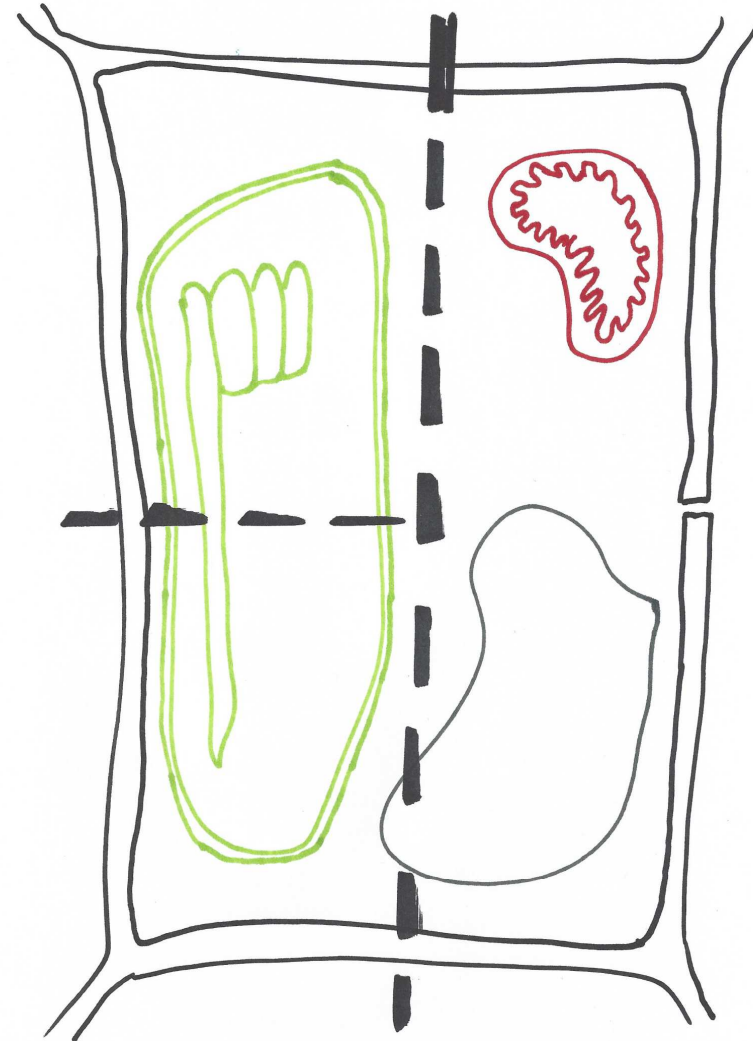
a. La phase photochimique : une conversion d'énergie lumineuse en pouvoir réducteur (NAPH, H⁺) et en ATP

b. La phase chimique : une utilisation de l'ATP et une oxydation du pouvoir réducteur permettant l'incorporation de carbone inorganique

C. La cellule chlorophyllienne, une cellule traversée par des flux de matière



▲ FIGURE 16. Les flux de matière au sein d'une cellule chlorophyllienne. *Original.*
On a choisi une cellule réalisant l'assimilation des nitrates. Les flux d'ATP (ainsi que le flux d'eau respiratoire ou photosynthétique) ont été omis pour soulager la figure.



▲ FIGURE 17. Métabolisme d'une cellule végétale chlorophyllienne : vue d'ensemble en lien avec les cycles jour-nuit. *Schéma original.*

D. La synthèse de l'ensemble des molécules organiques à partir des photoassimilats et de petits acides aminés

III. Les Angiospermes, organismes fixes dont les échanges supposent des surfaces spécialisées et une disponibilité des ressources

A. La réalisation des échanges de matière et d'énergie au niveau de surfaces spécialisées

1. Des surfaces importantes, fines, aux gradients importants et limitant la déshydratation

Capacité exigible

✓ **Expliciter** la relation entre l'organisation des surfaces spécialisées dans les échanges (racines, feuilles) et leur fonction.

a. Une optimisation des paramètres de la loi de FICK

b. Le milieu aérien, un environnement desséchant

Adaptations :

-

-

>

>

2. La captation de la lumière : un processus optimisé au niveau du limbe foliaire

a. À l'échelle de l'organe : le limbe foliaire, organe aplati et fin favorisant la captation de lumière

b. À l'échelle du tissu : le limbe foliaire, un organe riche en parenchyme chlorophyllien

c. À l'échelle de la cellule, de l'organite et des molécules : des cellules dont les chloroplastes présentent des thylakoïdes riches en pigments assimilateurs

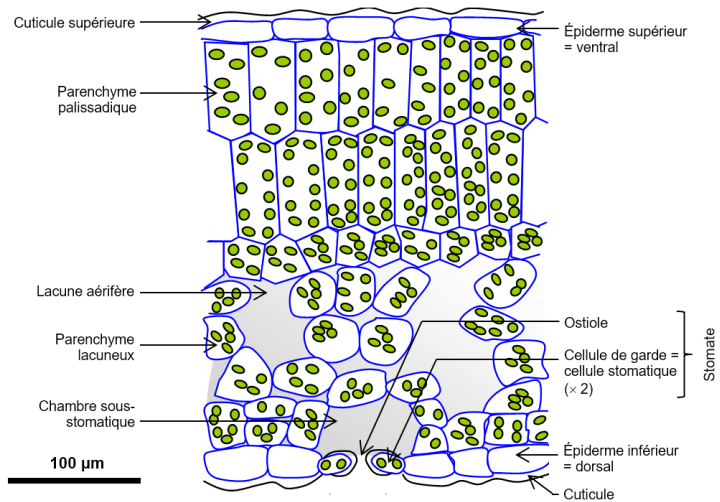
▲ FIGURE 18. Vers la synthèse de toutes les molécules organiques.
D'après PEYCRU *et al.* (2013)

Bilan (adapté du programme)

✓ La **photosynthèse** assure l'**autotrophie** de la plante Angiosperme.
✓ La **photosynthèse** est réalisée par la **cellule chlorophyllienne** et fait intervenir des **compartiments spécialisés**, les **chloroplastes**.

Relations structure-fonction au niveau d'une feuille

- **Un parenchyme foliaire capable de capter et convertir l'énergie lumineuse**
 - Grande surface de réception de la lumière liée à l'aplatissement de l'organe
 - Richesse en chloroplastes où se trouvent des pigments assimilateurs (fonctionnement et métabolisme à détailler) du mésophylle
 - Épaisseur fine permettant à la lumière de traverser l'organe et d'atteindre tous les chloroplastes
 - Conséquence de tout ça : organe spécialisé dans la photosynthèse
- **Des stomates et un épiderme cutinisé qui permettent des échanges gazeux contrôlés**
 - Méats, lacunes : permettent la circulation d'air > réalisation d'échanges gazeux photosynthétiques en journée
 - Stomates : permettent l'entrée et la sortie des gaz en journée // souvent fermés la nuit (contrôle par la pression de turgescence – à détailler) : réalisation des échanges gazeux respiratoires par diffusion intratissulaire
 - Épiderme : protection, sécrétion des cires de la cuticule
 - Cuticule : protection contre la déshydratation
- **Des nervures qui permettent le soutien et les relations avec les autres organes**
 - FCV : présence de xylème permettant l'importation d'eau et d'ions minéraux (= sève brute) + couplage avec évaporation et fonctionnement des stomates : moteur principal de la circulation de la sève brute
 - FCV : présence de phloème > exportation de métabolites (notamment saccharose) vers les organes puits (charge du phloème à expliciter, rôle des cellules compagnes, moteur de la circulation)
 - FCV : rôle de soutien des tissus conducteurs primaires voire secondaires,
 - + importance des tissus de soutien autres (sclérenchyme, collenchyme)
 - NB : Pétiole : assure l'ancrage et la continuité fonctionnelle avec le reste de la plante (riche en nervures : rôle de soutien + conduction).



▲ FIGURE 20. Coupe transversale d'une feuille d'Angiospermes Eudicotylédones.
http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=1356 (consultation décembre 2015).

3. Le prélèvement de la solution hydrominérale du sol : un processus permis par le système racinaire

- Le prélèvement de l'eau et des ions minéraux se réalise au niveau des racines, principalement de la zone pilifère ou des mycorhizes.
 Les mécanismes en jeu seront détaillés dans la partie IV.

Capacités exigibles

- ✓ Montrer que l'absorption d'ions minéraux est un processus actif entraînant le flux d'eau au niveau du poil absorbant.
- ✓ Mettre en évidence l'importance quantitative des mycorhizes.

a. Le sol, revêtement superficiel de la planète

a. Une interface entre géosphère, biosphère, atmosphère et hydrosphère

Sol :

Si issu de roches silicatés → argiles (+ sables, limons)

▲ FIGURE 21. Contrôle climatique de l'épaisseur et de la composition minérale des sols : diagramme de PEDRO [rappels de géologie]. D'après LAGABRIELLE et al. (2013).
 Phyllites, kaolinite, gibbsite = minéraux argileux | Substratum : désigne ici la roche-mère

β. Une pellicule découpée en niveaux, les horizons

β. Une composante hydrique plus ou moins disponible

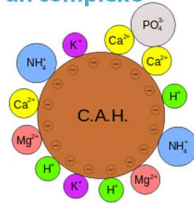
▲ FIGURE 22. Un sol typique de région tempérée et son découpage en horizons.
D'après LAGABRIELLE *et al.* (2013).

b. La solution du sol, un réservoir de ressources hydriques et minérales pour la plante

α. Une fraction minérale et une fraction organique qui forment un complexe argilo-humique (CAH) retenant les cations

Composition :

-
-



▲ FIGURE 23. Une représentation du CAH associé aux cations qui le stabilisent.
D'après Wikipédia (consultation janvier 2016).

Complexe argilo-humique (CAH) :

(!) Cations fixés par le CAH // anions plutôt lessivés

▲ FIGURE 24. Disponibilité de l'eau dans le sol. D'après PEYCRU *et al.* (2010b).
[Ne faire qu'une courbe... mais refaire le schéma fait en cours !]

-
-
>
>
>

Capacité au champ (= capacité de rétention maximale) :

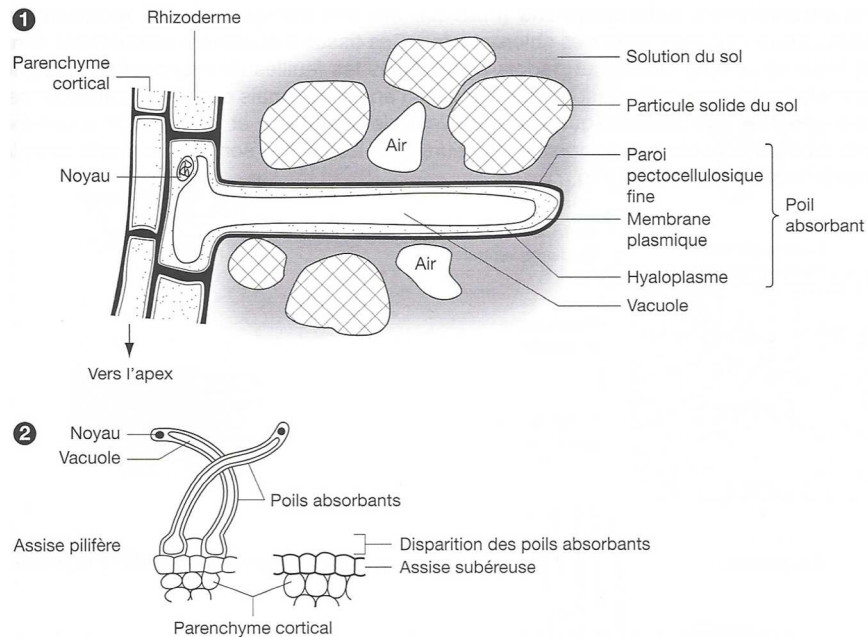
Point de flétrissement :

c. Les zones de prélèvement de la solution hydrominérale : l'assise pilifère du rhizoderme et les mycorhizes

α. Le rhizoderme, tissu de revêtement présentant des poils absorbants

i. Un tissu présentant une importante surface d'absorption

Rhizoderme :
Poils absorbants :
<i>Jusqu'à 500 / cm²</i>

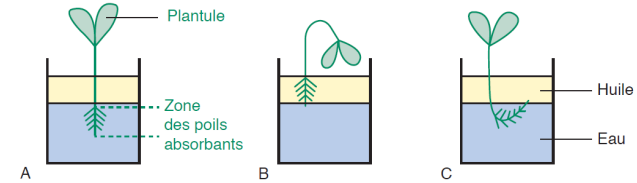


Poils absorbants

1. Relation du poil absorbant avec le sol. **2.** Remplacement fonctionnel de l'assise pilifère par la subérification de la couche de cellules corticales sous-jacentes.

A FIGURE 25. Le rhizoderme et sa subérification (racine primaire). D'après BREUIL (2007).

ii. Mise en évidence de l'importance du rhizoderme dans l'absorption : expérience historique de ROSÈNE



Cas A : l'apex et la zone pilifère sont dans l'eau, seule la zone subéreuse est au contact de l'huile; cas B : seule la zone pilifère est au contact de l'huile; cas C : seule la zone pilifère est au contact de l'eau.

A FIGURE 26. Expérience historique de ROSÈNE. D'après SEGARRA *et al.* (2015).

β. Les mycorhizes, associations symbiotiques entre racines de plantes et champignons qui augmentent grandement l'absorption

i. Une symbiose fréquente et plus ou moins spécifique

Mycorhize :
Mycélium :

ii. Deux grands types de modalités d'associations : les mycorhizes ectotrophes et les mycorhizes endotrophes [utile ?]

A FIGURE 27. Endomycorhize vs. ectomycorhize. D'après SEGARRA *et al.* (2015).

iii. Des organismes qui peuvent souvent vivre à l'état libre... quoique

iv. Une mise en place (mycorhization) associée à un dialogue moléculaire

Dialogue moléculaire :

-
-

▲ **FIGURE 30. Mise en place d'une mycorhize (mycorhization).** D'après SEGARRA *et al.* (2015).

v. Une association caractérisée par des échanges trophiques mutuellement profitables et une protection réciproque

- Apports trophiques du **champignon** à la plante :

- >
- >
- >

- Apports trophiques de la **plante** au champignon :

- >
- >
- >

- **Défense et protection** (notamment du champignon par la plante) :

- >
- >
- >

▲ **FIGURE 31. Échanges entre protagonistes d'une mycorhize.**

D'après SELOSSE (2000) et SEGARRA *et al.* (2015).

vi. Une association qui augmente grandement le volume de sol où la plante peut effectuer des prélèvements (rhizosphère vs. mycorhizosphère)

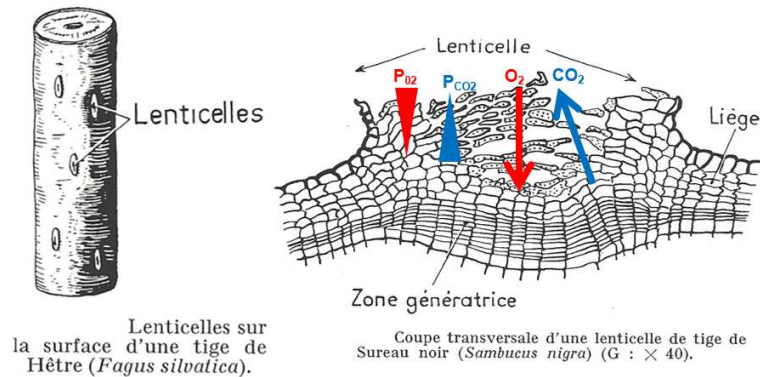
Rhizosphère :
Mycorhizosphère :

4. Les échanges gazeux respiratoires (EGR) et photosynthétiques (EGP) : des échanges ayant lieu au niveau des stomates ou des lenticelles

Capacité exigible

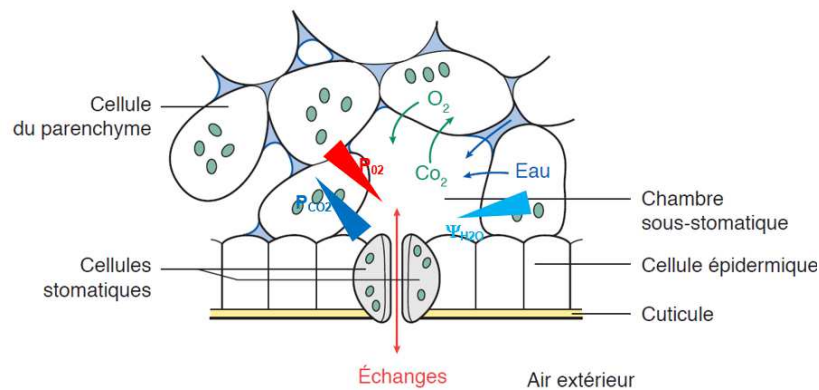
✓ **Expliciter** le paradoxe des échanges gazeux réalisés au niveau des stomates (perte d'eau versus échanges des gaz liés au métabolisme énergétique).

a. Dans les tiges et racines recouvertes d'un périderme : des EGR empruntant surtout les lenticelles ou les crevasses formées par le rhytidome



▲ FIGURE 33. **Lenticelles et échanges gazeux.** D'après CAMEFORT (1977).

b. Dans les tiges herbacées (= primaires) et dans les feuilles : une diffusion intratissulaire limitée par la cuticule et contrôlée par les stomates



▲ FIGURE 34. **Stomates et échanges gazeux.** D'après SEGARRA *et al.* (2015).
Les flux représentés sont considérés en journée (où la photosynthèse l'emporte quantitativement sur la respiration).

On notera le **paradoxe** entre :

- La **nécessité d'ouverture** des stomates dans la réalisation des EGR et EGP ;
- La **nécessité d'ouverture** des stomates dans l'évaporation de l'eau assurant la **mise en mouvement** de la **sève brute** (transpiration foliaire) ;
- La **nécessité de fermeture** (ou au moins d'**ouverture maîtrisée**) des **stomates** dans l'évitement du **dessèchement** de la plante.

B. Des échanges et une morphologie conditionnés par l'environnement et la disponibilité des ressources environnementales

1. La possibilité de variations morphologiques au sein d'une espèce en lien avec les contraintes du milieu : l'accommodation

Voir chapitre 18 (développement végétal)

Capacité exigible

✓ **Présenter** des exemples à différentes échelles de variation phénotypique liées aux caractéristiques du milieu (exemples : ports des individus, organisation foliaire, feuilles d'ombre et de lumière)

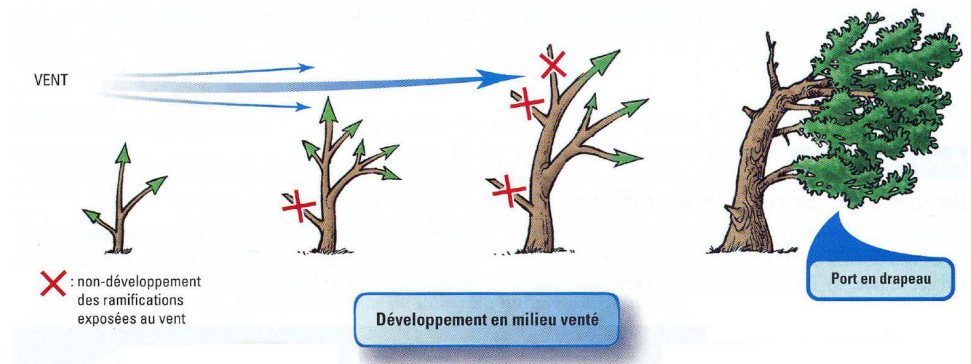
a. L'accommodation, une modulation de l'expression génétique par l'environnement

Accommodation :

→ Accomodats

(!) Non héritable (IG non modifiée)

b. Un exemple d'accommodation en conditions de vent importantes : l'anémomorphose



▲ FIGURE 37. **Anémomorphose et port en drapeau.** Document emprunté à J. SEGARRA, *source inconnue.*

c. Une accommodation en lien avec la quantité de lumière reçue : cas des feuilles d'un même arbre ou d'arbres proches d'un même lieu

- Feuilles de lumière :

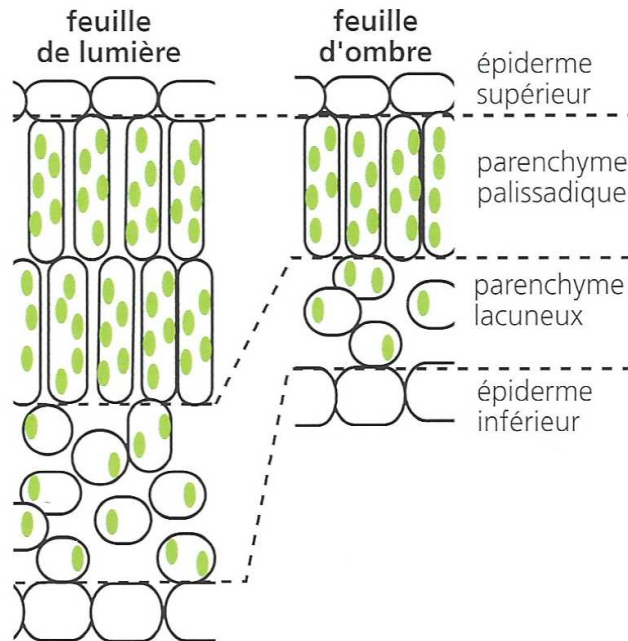
- >
- >
- >

- Feuilles d'ombre :

- >
- >
- >

Indice stomatique :

$$IS = \frac{\text{nombre de cellules de garde}}{\text{nombre de cellules de garde} + \text{nombre de cellules épidermiques au sens strict}}$$



▲ FIGURE 38. **Feuilles de lumière et d'ombre.** D'après MEYER *et al.* (2008).

2. Une influence sur la répartition des espèces dans les milieux en lien avec leurs adaptations évolutives : l'exemple des xérophytes

Capacité exigible

✓ **Faire le lien** entre distribution géographique d'une espèce et sa physiologie.

a. Notions d'adaptation (évolutive) et de convergence (évolutive)

Adaptation :

Convergence :

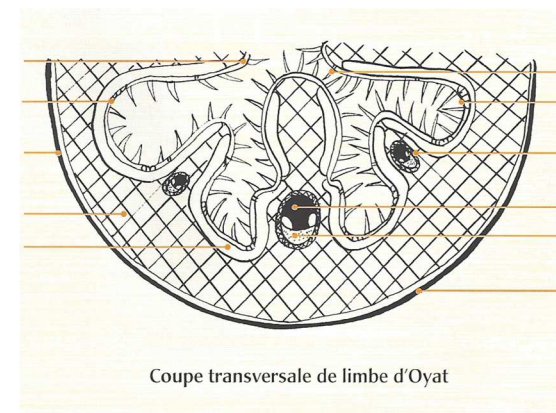
b. L'adaptation des végétaux à la sécheresse, un exemple de convergences évolutives

Xérophytes :

Diversité :

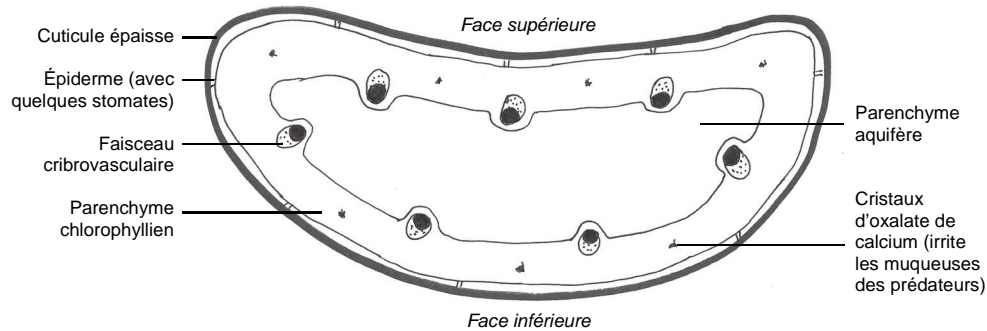
-
-
-
- >
- >
- >
- >
- >
- >

·
v
v
v
v
v
v
·

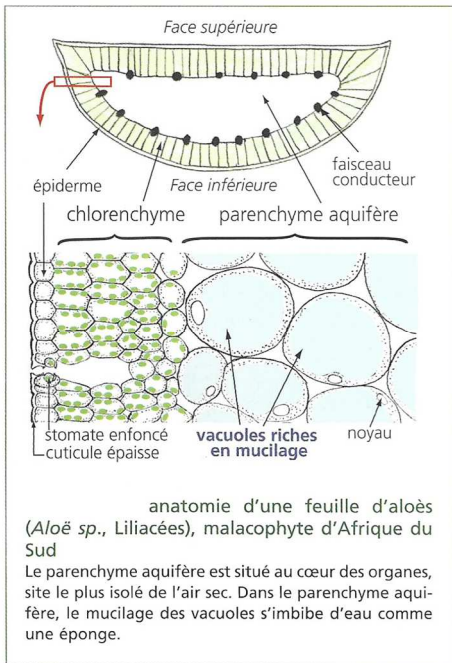


▲ FIGURE 41. Enroulement et ouverture des feuilles d'Oyat + schéma en figurés conventionnels.
D'après MEYER *et al.* (2008) et BOUTIN *et al.* (2010)

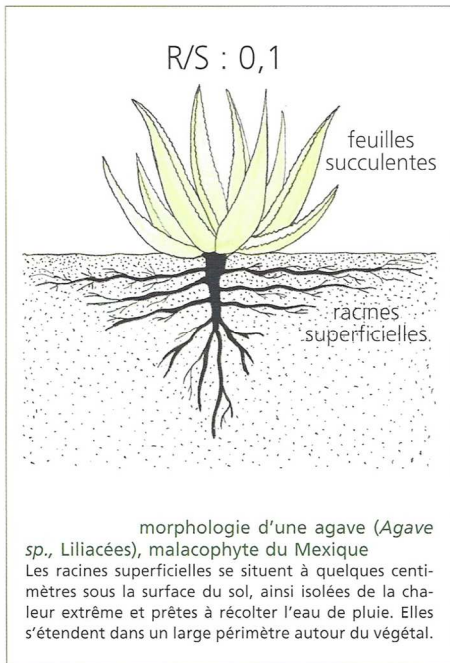
▲ FIGURE 39. Diversité des xérophytes. D'après MEYER *et al.* (2008).



A FIGURE 42. Coupe transversale de limbe de Joubarbe. D'après BOUTIN *et al.* (2010) et original.



anatomie d'une feuille d'aloès (*Aloë sp.*, Liliacées), malacophyte d'Afrique du Sud
Le parenchyme aquifère est situé au cœur des organes, site le plus isolé de l'air sec. Dans le parenchyme aquifère, le mucilage des vacuoles s'imbibe d'eau comme une éponge.

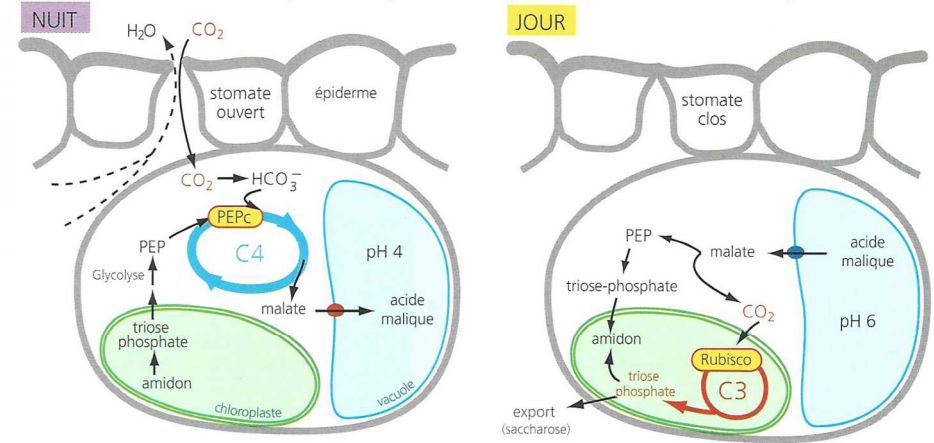


morphologie d'une agave (*Agave sp.*, Liliacées), malacophyte du Mexique
Les racines superficielles se situent à quelques centimètres sous la surface du sol, ainsi isolées de la chaleur extrême et prêtes à récolter l'eau de pluie. Elles s'étendent dans un large périmètre autour du végétal.

A FIGURE 43. Adaptations morpho-anatomiques des malacophytes. D'après MEYER *et al.* (2008).

Encadré B Le métabolisme CAM, un découplage temporel entre captation du CO₂ (la nuit) et assimilation réductrice (le jour)

(Pour aller plus loin : d'après MEYER *et al.*, 2008... déjà tombé à l'écrit !)



photosynthèse CAM pendant la nuit (air à 10°C et 30 % d'humidité relative) et le jour (30°C, 5 %) dans une cellule de chlorenchyme
La nuit, l'hydrolyse de l'amidon permet la formation du PEP à rôle d'accepteur du CO₂. Le jour, l'amidon est restauré à partir des sucres C₃. La décarboxylation du malate libère du CO₂, qui sera assimilé dans le chloroplaste, et forme du pyruvate qui est converti en PEP puis en triose-phosphate par les réactions inverses de la glycolyse. Le triose-phosphate est transporté dans le chloroplaste où il entre dans la synthèse d'amidon. L'import du malate (ion) dans la vacuole est actif (couplage avec des pompes à protons), son export est supposé passif. Dans la vacuole, il devient l'acide malique.

A FIGURE a. Adaptation métabolique des malacophytes : le métabolisme CAM [pour information : hors programme]. D'après MEYER *et al.* (2008).

IV. Les Angiospermes, organismes fixes traversés par des flux de matière permettant les corrélations trophiques entre organes

- On s'intéresse à présent enfin aux **modalités** et **mécanismes** de **mise en mouvement** de la **matière** dans la **plante**, et notamment au **transport par les sèves**.

Capacités exigibles

- ✓ **Montrer** que l'absorption d'ions minéraux est un processus actif entraînant le flux d'eau au niveau du poil absorbant.
- ✓ **Établir** ou **montrer** l'existence de facteurs internes et externes contrôlant l'ouverture et la fermeture des stomates.
- ✓ **Expliquer** que le flux de composés organiques est dépendant de la production des organes sources (les feuilles) et des besoins des organes puits.
- ✓ **Placer** les points d'entrée et de sortie de l'eau sur un schéma fonctionnel de la plante ;
- ✓ **Analyser** les flux hydriques entre la plante et son milieu en utilisant la notion de potentiel hydrique ;
- ✓ **Identifier** les propriétés des éléments conducteurs, xylème et phloème, acheminant les sèves brutes et élaborées.
- ✓ **Identifier** les moteurs de circulation de la sève brute et leur importance relative au cours d'une année en milieu tempéré.

A. Les sèves des Angiospermes, compartiments intracellulaires mobiles qui permettent les corrélations trophiques entre organes

1. Nature et composition des sèves

Sèves :

a. La sève brute, solution riche en ions qui se déplace de manière unidirectionnelle et ascendante (des racines vers les parties aériennes)

Sève brute :

On peut trouver aussi :

-
-
-

pH légèrement acide (5,5 à 6,5).

b. La sève élaborée, solution riche en métabolites qui se déplace de manière multidirectionnelle des organes-sources vers les organes-puits

Sève élaborée :

pH légèrement basique (7,5 à 6,5).

2. Le système circulatoire des Angiospermes : des tissus conducteurs aux cellules tubulaires qui véhiculent les sèves intracellulairement

Voir **TP 2.5** (Morpho-anatomie des Angiospermes) + revoir aussi le **Complément BIO4** (tissus végétaux)

a. Le xylème, tissu résistant de cellules mortes à paroi lignifiée qui véhiculent la sève brute

Éléments conducteurs :

-
-

*Ces cellules présentent des **épaississements lignifiés** qui assurent leur **résistance à la pression** générée par la **pression racinaire** ou à la **tension** générée par l'**aspiration foliaire**.*

▲ **FIGURE 44. Les éléments conducteurs du xylème.** D'après CAMPBELL & REECE (2004).

- + dans **xylème II** :
- **fibres** (fonction de **soutien** ; rôle conducteur discuté)
- **parenchyme ligneux** (dans **rayons libéro-ligneux** ; fonction de **réserve**)

b. Le phloème, tissu de cellules vivantes à fine paroi pectocellulosique qui véhiculent la sève élaborée

Complexe phloémien :

-

-

- + dans **phloème II** :
- **fibres** et
- **parenchyme** à fonction de **réserve** (dans **rayons**)

B. L'absorption racinaire et la formation de la sève brute

1. L'absorption et le transfert d'eau jusqu'au xylème, un phénomène d'osmose qui suit un gradient décroissant de potentiels hydriques

a. Le potentiel hydrique, base physique de l'osmose

- *L'eau se déplace de manière passive selon des gradients de potentiels hydriques décroissants (encadré C), c'est-à-dire du potentiel le moins négatif vers le potentiel le plus négatif.*

Encadré C	L'importance du potentiel hydrique dans l'osmose
	<i>Très important</i>
Potentiel hydrique :	
- Composante osmotique :	
- Composante hydrostatique :	
- Composante gravitaire :	
- Composante matricielle (dont tension superficielle) :	

b. Des déplacements passifs d'eau par diffusion simple et diffusion facilitée au travers d'aquaporines

c. Le potentiel osmotique, composante du potentiel hydrique expliquant l'entrée et le transfert radial d'eau au niveau racinaire

▲ **FIGURE 45. Le complexe phloémien.** D'après SEGARRA *et al.* (2015).

c. Des tissus proches, ce qui permet notamment les mouvements d'eau

d. Des tissus qui peuvent s'obturer à la mauvaise saison

Voir [chapitre 12](#).

▲ **FIGURE 49. Gradient radial de Ψ_{H_2O} dans la racine.** D'après BREUIL (2009).

2. L'absorption des ions, un phénomène actif ou passif selon les ions concernés

Encadré D Importance de la notion de potentiel électrochimique

Potentiel électrochimique μ :

(!) 2 composantes : **concentration** et **charge**

(!) **Charge = 0** dans le cas d'un **soluté non chargé** (→ **potentiel chimique** seul)

Différentiel de **potentiel électrochimique $\Delta\mu$** : permet de prévoir le déplacement d'une substance.

Si **$\Delta\mu = 0$** , il y a **équilibre**. On obtient alors l'**équation de NERNST** :

c. Une entrée active des nitrates (possiblement un transport actif secondaire de type antiport, utilisant des ions hydroxydes)

Certains auteurs suggèrent toutefois que les **nitrates rentreraient comme les autres anions (symport avec H^+)** ; il se pourrait même que les **deux systèmes coexistent (?)** ou que cela varie selon les espèces.

d. Une entrée passive des cations par diffusion simple ou diffusion facilitée au travers de canaux... qui nécessitent leur expulsion active (par antiport utilisant la force proton-motrice)

e. L'entretien du gradient de protons par l'unique transport actif primaire en présence : les pompes ATPases H^+

f. L'acidification locale du sol, conséquence du fonctionnement des pompes ATPases H^+

3. L'existence de transporteurs dans les associations mycorhiziennes

4. Le transfert radial de l'eau et des ions (= circulation radiale)

Transfert radial = circulation radiale (racinaire) :

Apoplasme :

Symplasme :

a. Un transfert radial passif à la fois apoplasmique et symplasmique (voire « transcellulaire »)

b. La présence d'un cadre de CASPARY, barrière endodermique qui impose une entrée symplasmique dans le cylindre central

NB chez Monocots : cellules de passage.

c. Bilan : formation de la sève brute et charge du xylème

▲ **FIGURE 51. Flux de matière au niveau d'un poil absorbant.** D'après SEGARRA *et al.* (2015).

a. Des concentrations ioniques loin de l'équilibre de NERNST

b. Une entrée active des anions (transport actif secondaire de type symport, utilisant la force proton-motrice)

2. Cas des flux de solutés au niveau phloémien (sève élaborée)

a. La charge du phloème en photoassimilats au niveau des organes-sources : un processus apoplastique ou symplasmique

α. Un complexe phloémien « fermé » : la charge apoplastique de saccharose par un symport saccharose/H⁺

On rappelle que le **saccharose** (figure 57) est un **disaccharide composé d'un glucose α et d'un fructose β liés en α1-β2**. Ce sucre, parce qu'il est **non réducteur** et donc **peu réactif** quand il n'est pas hydrolysé, est une **forme privilégiée de transport glucidique** par la **sève élaborée**. Il est en outre aisément **stockable** dans les **vacuoles**.

β. Un complexe phloémien « ouvert » : la charge symplasmique passive de très courts oligosaccharides (stachyose, raffinose...)

▲ FIGURE 54. Transfert radial : voies symplasmique et apoplastique.
D'après CAMPBELL & REECE (2004).

C. Les flux de matière entre sèves et autres tissus : les processus de charge et décharge des tissus conducteurs

1. Cas des flux de solutés au niveau xylémien (sève brute)

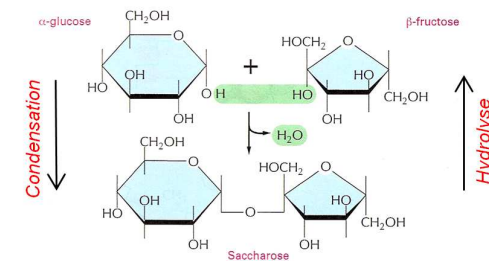
a. La charge du xylème : une circulation radiale d'eau et de solutés constituant l'absorption racinaire

= Absorption racinaire (incl. circulation radiale)

b. La décharge du xylème en lien avec la circulation verticale ascendante de la sève brute

Décharge du xylème :

▲ FIGURE 56. Charge du phloème : deux modalités possibles. D'après PEYCRU *et al.* (2014).



▲ FIGURE 57. Le saccharose. D'après ALBERTS *et al.* (2004).

b. La décharge symplasmique ou apoplasmique du phloème en photoassimilats au niveau des organes-puits

- Voie symplasmique (oligosaccharides et saccharose)
- Voie apoplasmique (saccharose seulement : mécanisme inverse à la charge apoplasmique)

Principaux **devenirs des photoassimilats** : catabolisme, mise en réserve (saccharose dans vacuole ou amidon dans amyloplastes)

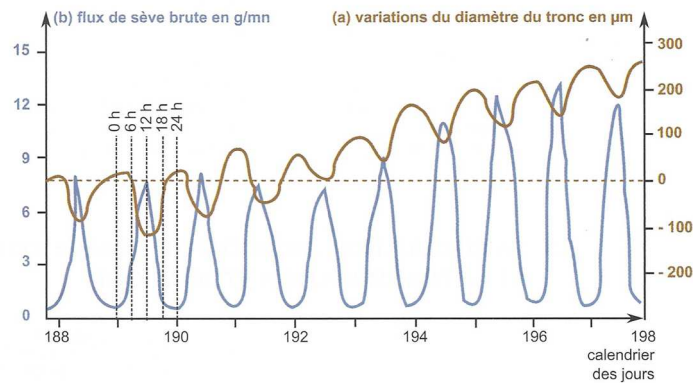
3. Cas des flux d'eau : un couplage osmotique entre les deux circulations, permis par leur proximité

D. La circulation des sèves : une mise en mouvement qui repose sur des différences de potentiel hydrique

Vous devez **parfaitement maîtriser la notion de potentiel hydrique et ses différentes composantes** (revoir encadré C).

1. La sève brute : une circulation ascendante permise par la transpiration foliaire et la poussée racinaire

a. Mise en évidence des deux moteurs de la circulation

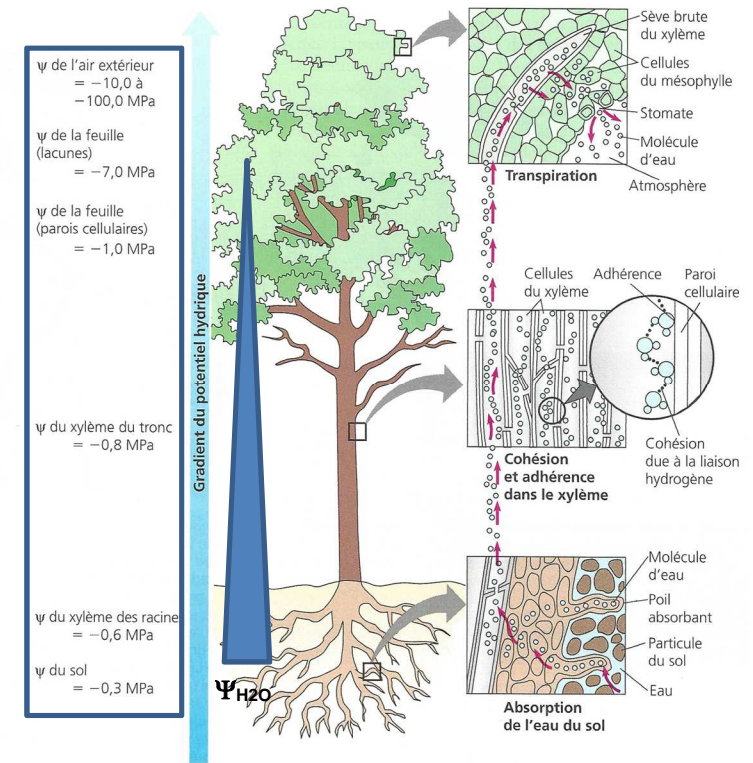


Variations du diamètre de la tige au cours du temps (a) et du flux de sève brute (b).

▲ FIGURE 59. **Variations journalières du flux de sève brute et du diamètre du tronc.** D'après PEYCRU *et al.* (2014).

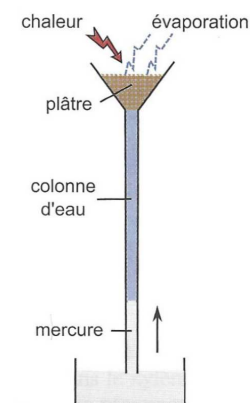
b. La transpiration foliaire, un mécanisme de traction des molécules d'eau sous tension-cohésion qui a lieu en journée lorsque les stomates sont ouverts

Ascension de l'eau dans un arbre. Les liaisons hydrogène permettent la formation d'une chaîne continue de molécules d'eau qui s'étend des feuilles jusqu'au sol. La force qui fait monter la sève brute dans le xylème est créée par un gradient de potentiel hydrique (ψ). Dans le cas du courant de masse sur longue distance, le gradient de ψ est principalement dû au gradient de potentiel de pression (ψ_p). La transpiration provoque une diminution du ψ_p de l'extrémité du xylème qui se trouve dans la feuille. Ce ψ_p est alors inférieur au ψ_p de l'extrémité située dans la racine.

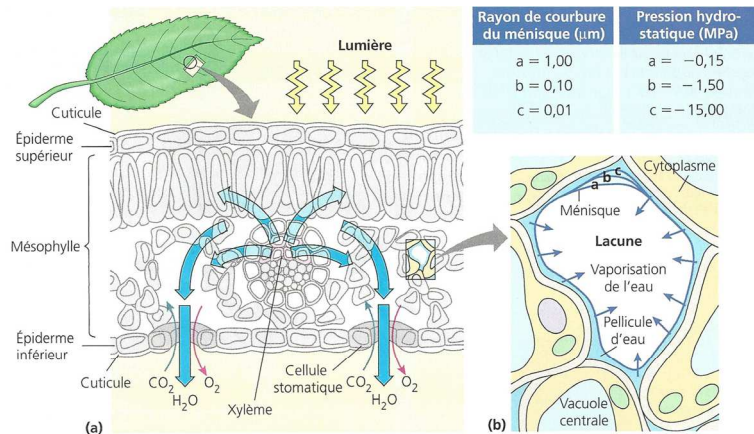


Valeurs à connaître >>

▲ FIGURE 60. **Colonne d'eau et déplacement de la sève brute liée à l'évapotranspiration foliaire (rôle du potentiel hydrique).** D'après CAMPBELL & REECE (2004).



▲ FIGURE 61. **Expérience historique de DIXON (1914).** D'après PEYCRU *et al.* (2014).

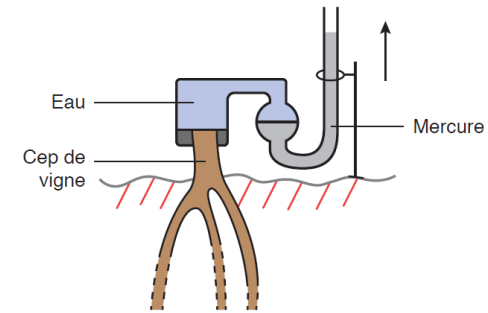


Tension créée dans une feuille par la transpiration et produisant une aspiration. (a) La vapeur d'eau qui se trouve dans les lacunes remplies d'air humide diffuse vers l'extérieur, lequel est plus sec, en passant par les stomates de la feuille. (b) La vaporisation de la pellicule d'eau tapissant les cellules du mésophylle maintient un haut degré d'humidité dans les lacunes. Cette perte d'eau modifie la courbure de la pellicule d'eau. Celle-ci forme un ménisque qui devient de plus en plus concave au fur et à mesure que la transpiration augmente. Cela crée une tension superficielle (chapitre 3) inversement proportionnelle au rayon de courbure du ménisque. Ainsi, lorsque la pellicule

d'eau s'amincit et que son ménisque devient de plus en plus concave, sa tension superficielle augmente et la force qui en découle s'applique sur une lacune du mésophylle de la feuille. La tension est la baisse de pression qui se produit en périphérie d'une cellule ou à la sortie d'un vaisseau. Elle est à l'origine d'une force d'aspiration qui tire l'eau de l'endroit ayant le plus grand potentiel hydrique pour l'envoyer vers la lacune, c'est-à-dire vers l'endroit où la pression et le potentiel hydrique sont moindres. Lorsque les cellules bordant une lacune perdent de l'eau, les cellules voisines perdent à leur tour de l'eau au profit des premières, leur potentiel hydrique étant supérieur. Cette différence

de pression et de potentiel hydrique se propage ainsi jusqu'au xylème situé à la base de la plante. La tension superficielle de l'eau qui tapisse les lacunes de la feuille constitue la manifestation physique de la transpiration qui tire l'eau du xylème comme le ferait une pompe. Le petit tableau intitulé *Pression hydrostatique* indique la pression qu'exerce la pellicule d'eau sur la paroi des cellules qui bordent la lacune. Les signes négatifs devant les nombres relèvent de la convention (dont nous avons parlé plus tôt dans ce chapitre) et signifient que la pression dans la pellicule d'eau est inférieure à la pression dans les cellules qui l'entourent.

c. La poussée racinaire, phénomène dû à la charge ionique du xylème surtout important la nuit

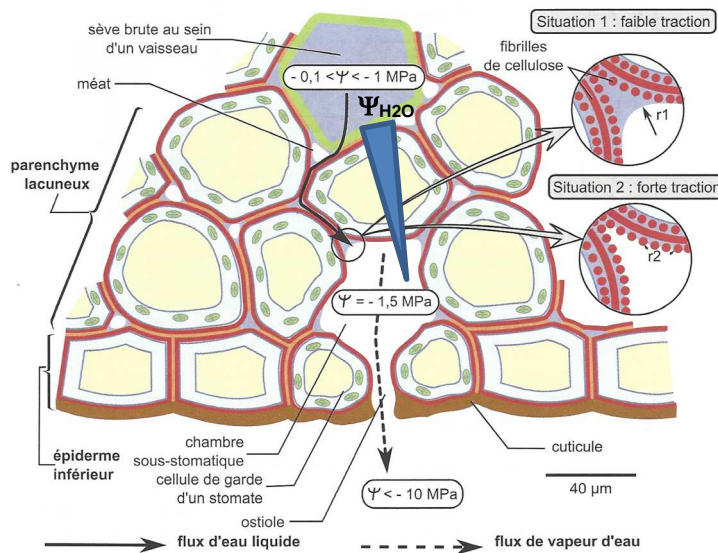


Un pied de vigne a été coupé à la base (au niveau du collet) et relié à un dispositif permettant d'évaluer la pression exercée par l'eau sortant de l'appareil racinaire. À l'état initial, l'ampoule ne contient que du mercure. On mesure au cours du temps la montée du mercure dans le tube ouvert et donc soumis à la seule pression atmosphérique.

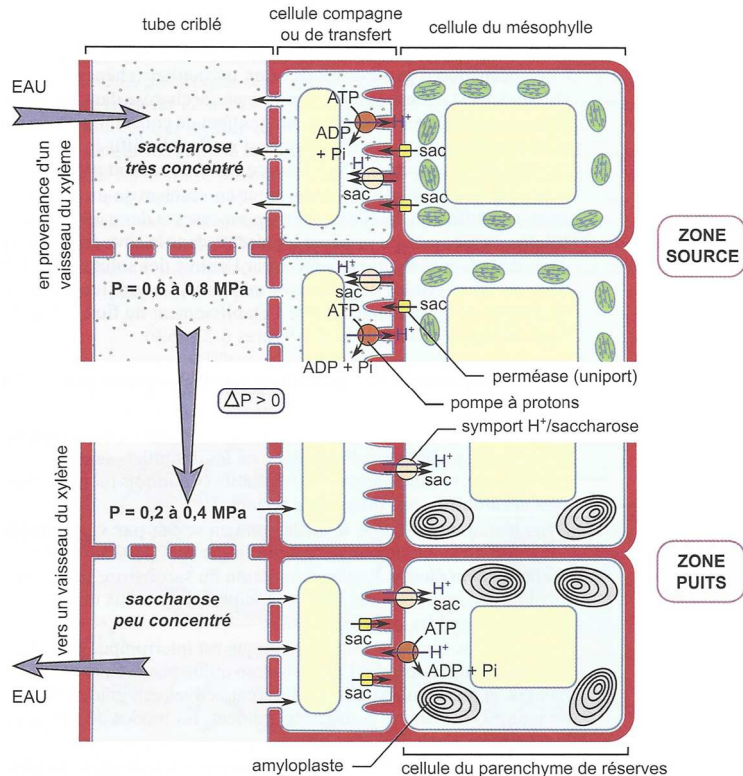
▲ **FIGURE 63. Expérience historique de HAYES (1727) mettant en évidence la poussée racinaire.**

2. La sève élaborée : une circulation multidirectionnelle des organes-sources aux organes-puits couplée à la circulation de sève brute

a. Une circulation multidirectionnelle des organes-sources vers les organes-puits variant selon les saisons et permettant les corrélations trophiques entre organes



▲ **FIGURE 62. Mécanismes de l'évapotranspiration foliaire.** D'après CAMPBELL & REECE (2004) et PEYCRU *et al.* (2014).



A FIGURE 66. La circulation de la sève élaborée, un processus couplé à la charge-décharge du phloème et à la circulation de la sève élaborée. D'après PEYCRU *et al.* (2014).

NB Les figures 65-66 montrent à peu de choses près la même chose ; elles sont en réalité complémentaires. Et idem pour la figure 58.

b. Un courant de masse dû à un gradient de pression hydrostatique mis en place par la charge du phloème (et entretenu par la décharge)

- (1) La **charge du phloème** en saccharose **abaisse** le **potentiel hydrique**, ce qui provoque l'**entrée d'eau** dans les **tubes criblés**, cette eau **provenant** principalement du **xylème**.
- (2) L'**entrée d'eau** dans le phloème engendre une **importante pression hydrostatique** qui crée un **courant d'eau et de solutés**, les poussant vers les **organes-puits** où la **pression hydrostatique** est **plus faible** (voir figure 66 pour des valeurs).
- (3) Le **gradient de pression hydrostatique** est **entretenu** par la **décharge** en saccharose du **phloème** au niveau des **organes-puits**.
- (4) Au niveau **racinaire**, l'**eau phloémienne** est **réabsorbée** par le **xylème**, sous l'effet d'une différence de **potentiels hydriques**.

c. Une circulation couplée à la circulation de la sève brute

A FIGURES 58-60-65-66. Une vision synthétique de la circulation chez les Angiospermes.
Croiser les figures.

3. Une circulation et un équilibre hydrique contrôlés notamment par l'activité stomatique

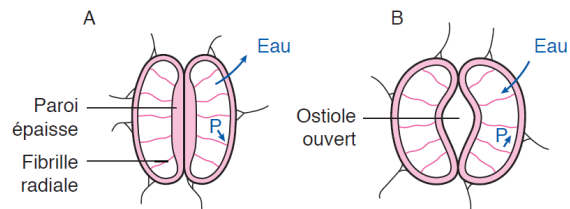
a. L'équilibre hydrique des Angiospermes : une égalité entre entrées (par absorption racinaire) et sorties (par transpiration) d'eau dans l'organisme

Équilibre hydrique :

Entrées d'eau : absorption racinaire

Sorties d'eau : essentiellement évapotranspiration foliaire

b. Des sorties d'eau qui dépendent du degré d'ouverture des stomates



A. Cellules de garde peu turgescents et ostiole fermé.

B. Cellules de garde très turgescents et ostiole ouvert.

P : pression exercée par l'eau sur les parois cellulaires. Les stomates sont entourés de cellules épidermiques banales.

▲ FIGURE 67. Ouverture et fermeture des stomates.
D'après SEGARRA *et al.* (2015)

Les **microfibrilles de cellulose** des cellules de garde ont une **orientation majoritairement radiale**. Ajouté à cela l'**épaississement des cellules de garde** au niveau de l'**ostiole**, ces éléments conditionnent l'**orientation de la déformation des cellules**.

c. Modulation de la turgescence des cellules de garde : rôle des solutés vacuolaires

Surtout ions K^+ et aussi ions Cl^-

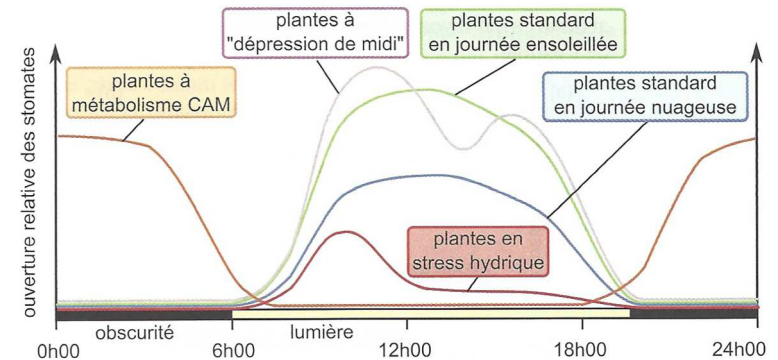
Entrée d'ions → entrée d'eau → turgescence → ouverture des stomates

Sortie d'ions → sortie d'eau → plasmolyse → fermeture des stomates

d. Contrôle de l'activité stomatique par le milieu : importance de la lumière et de la disponibilité en eau (+ type métabolique, température...)

Paramètres du milieu impliqués :

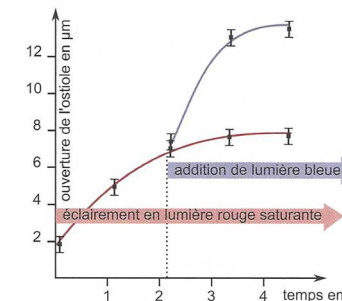
- autres : température, $[CO_2]$...



▲ FIGURE 69. Quelques paramètres contrôlant l'ouverture des stomates.
D'après PEYCRU *et al.* (2014).

e. Mécanismes d'action de l'activité photosynthétique et de la lumière sur l'ouverture des stomates

a. Mise en évidence d'une double action de la lumière et du rôle de la longueur d'onde



▲ FIGURE 70. Influence de la longueur d'ondes sur le contrôle de l'ouverture stomatique par la lumière : mise en évidence expérimentale. D'après PEYCRU *et al.* (2014).

β. Une corrélation entre activité photosynthétique et ouverture des stomates due à l'accumulation de photoassimilats dans la vacuole

γ. Une détection de la lumière bleue par des photorécepteurs spécifiques qui induit une transduction à l'origine de l'entrée d'ions (K^+ et Cl^-)

- Détection : **zéaxanthines, phototropines**
- **Transduction** :
- **Expulsion** de **protons** hors de la cellule (**pompe à protons**)
- **Ouverture** de **canaux potassiques voltage-dépendants** → entrée de K^+ (cellule puis vacuole)
+ **Symport H^+/Cl^-** → entrée de Cl^- (cellule puis vacuole)

f. Mécanismes à l'origine de la fermeture stomatique

α. Une baisse de l'activité photosynthétique qui induit une baisse de l'accumulation vacuolaire de photosynthétats (mécanisme hydroactif)

β. En cas de stress hydrique : une évaporation d'eau non compensée par l'arrivée xylémienne (mécanisme hydropassif)

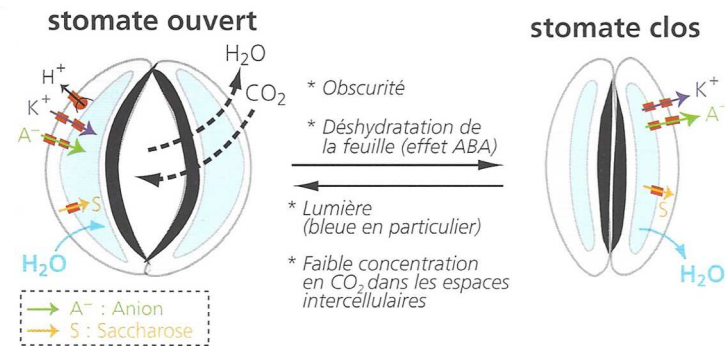
γ. En cas de stress hydrique prolongé (ou à l'obscurité) : un mécanisme hydroactif impliquant l'acide abscissique (ABA) et la sortie d'ions

ABA produit par la **racine** en cas de **stress hydrique** (déplacement : **sève brute**)
+ par **chloroplaste** en cas de **stress hydrique** ou à l'**obscurité**
(libéré suite à acidification dans le chloroplaste)

ABA : active des **canaux calcique** du **tonoplaste** → hausse de $[Ca^{2+}]_{\text{cytosol}}$
→ **inhibe pompe à protons** (vue en e.γ)
→ stimule l'**ouverture** de **canaux chlorures** → **sortie passive** de Cl^-
→ les deux points précédents stimulent l'ouverture de **canaux potassiques voltage-dépendants**
qui laissent **échapper des K^+** de manière passive
(en effet, ceux-ci compensent la sortie de chlorures, et l'arrêt du prélèvement de protons, d'où le fait qu'il s'agisse d'un phénomène passif).

▲ FIGURES 71-72. Modèles d'ouverture et de fermeture stomatiques.
D'après PEYCRU *et al.* (2014).

g. Bilan sur l'ouverture des stomates : une autre vision simplifiée et synthétique



facteurs d'ouverture et de fermeture des stomates

L'ouverture est permise par la lumière reçue par la chlorophylle (radiations bleues et rouges) et les récepteurs de lumière bleue qui activent une H⁺-ATPase de la membrane plasmique. L'extrusion de protons abaisse le potentiel électrique membranaire entraînant l'ouverture de canaux K⁺ voltage dépendants et l'entrée des ions Cl⁻ dans le cytosol. L'influx de K⁺ cytosolique dans la vacuole est compensé électriquement par l'influx d'anions cytosoliques par des canaux qui s'ouvrent lors de l'ouverture des stomates (Cl⁻ venant initialement de l'apoplasme, malate²⁻ du cytosol). Du saccharose s'accumule aussi dans les vacuoles. Cette accumulation d'ions et de métabolites abaisse le potentiel hydrique de la cellule de garde par rapport aux cellules épidermiques, d'où un influx d'eau, une augmentation de la turgescence de la cellule de garde entraînant l'ouverture du stomate.

La fermeture est induite par les ions calcium qui entraînent, par une cascade de signalisation, l'arrêt des pompes à H⁺, la dépolarisation de la cellule et, au final, l'efflux d'anions, de K⁺, de saccharose et d'eau (cf. encadré).

A FIGURE 74. Ouverture et fermeture des stomates : synthèse ultra simple.
D'après MEYER *et al.* (2008).

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes

Il est conseillé de maîtriser les **grandes lignes du plan**

Le plan ne doit pas être perçu comme un carcan figé, ou comme un modèle de plan de dissertation à ré-utiliser en devoir, mais bien comme un outil d'apprentissage et de structuration des concepts importants. Vous pouvez en recopier les grandes lignes ou annexer le plan du polycopié directement.

Il est conseillé de réaliser un **lexique des principales définitions**.

Il est conseillé de reproduire les **schémas (et tableaux) majeurs** :

Liste indicative.

- Vie fixée, réalité structurale et fonctionnelle

° **Morphologie** d'une Angiosperme

° Zonation de l'**appareil racinaire**

° **Phytomère = module**

[° Organisation d'une **fleur** : rappels]

[° **De la fleur au fruit** : rappels]

[° Types de **graines** : rappels]

° **Tableaux des fonctions de nutrition / relation / reproduction**

- *Autotrophie*

° **Corrélations trophiques**

° **Chloroplaste** (organisation)

° Résumé de la **photosynthèse en C3**

[à étoffer avec le **chapitre 5**]

° **Flux de matière** dans la **cellule chlorophyllienne**

° **Impact** des **rythmes jour-nuit** sur le **métabolisme** d'une cellule chlorophyllienne

[° **Synthèse** des **principales molécules organiques** dans une cellule végétale]

- *Sols, surfaces d'échanges et adaptations*

° **Loi de FICK**

° **CT de feuille / stomate** [y compris échanges gazeux]

[° **Diagramme de PEDRO** : rappels de **géologie**]

[° Découpage du **sol** en **horizons** : rappels de géologie/écologie]

° **CAH**

° **Eau** dans le **sol**

° **Poils absorbants** [zone subéreuse ?]

[° Expérience de **ROSÈNE**]

° **Endomycorhize / Ectomycorhizes**

° **Mycorhization**

° **Échanges trophiques** dans une **mycorhize**

° **Anémomorphose**

° **Feuilles d'ombre** et de **lumière**

° Diversité des **xérophytes**

° **Oyat** (sclérophyte)

° **Jourbarbe / Aloès** (malacophyte)

[° **Métabolisme CAM**... limite programme mais bon]

- *Déplacements de matière*

° **Xylème** (au moins **élément de vaisseau**)

° **Complexe phloémien**

[° **Thylle / Plaques criblées calosées** : anticipation sur le **chapitre 12**]

° **Potentiel hydrique** et ses **composantes**

° **Gradient radial de potentiel hydrique** racinaire

° Équation de **NERNST**

° **Entrée des ions** dans le **poil absorbant**

° **Transfert radial de l'eau** et des **ions** (symplasme vs. apoplasme)

° **Charge du phloème**

° **Synthèse** sur les **flux de matière / circulation** de la **sève élaborée / couplage** des deux sèves

° **Fonctionnement stomatique** de l'**évapotranspiration**

° **Mécanismes d'ouverture** et de **fermeture** des **stomates**, et leur **contrôle**

Vous devez en outre **savoir / pouvoir** :

° **Réaliser** des calculs de **potentiel hydrique** ou d'**équilibre ionique**

° **Reconnaître** les **tissus** cités dans ce cours en microscopie optique

Références

- ALBERTS, B., A. JOHNSON, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS & P. WALTER (2004). *Biologie moléculaire de la cellule. Quatrième édition*. Traduction de la quatrième édition américaine (2002) par F. LE SUEUR-ALMOSNI. Flammarion, Paris. Première édition américaine 1983 (1986 1^{re} édition française).
- BERTHET, J. (2006). *Dictionnaire de Biologie*. De Boeck Université, Bruxelles (Belgique).
- BOUJARD, D. (dir.). B. ANSELME, C. CULLIN & CÉLINE RAGUÉNÈS-NICOL (2015). *Biologie cellulaire et moléculaire. Tout le cours en fiches. Licence. PACES. CAPES. 2^e édition (1^{re} édition 2012)*, Dunod, Paris.
- BREUIL, M. (2007). *Biologie 1^{re} année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- BREUIL, M. (2009). *Biologie 2^e année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- CALLÉN, J.-C. (2005). *Biologie cellulaire. Des molécules aux organismes*. Dunod, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 1999).
- CAMEFORT, H. (1977). *Morphologie des végétaux vasculaires. Cytologie. Anatomie. Adaptations*. Doin, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 1962).
- CAMPBELL, N. A. & J. B. REECE (2004). *Biologie*. De Boeck Université, Bruxelles, 2^e édition (1^{re} édition 1995).
- DAUTEL, O. (dir.), A. PROUST, M. ALGRAIN, C. BORDI, A. HELME-GUIZON, F. SAINTPIERRE, M. VABRE & C. BOGGIO (2017). *Biologie Géologie BCPST 1^{re} année*. Vuibert, Paris.
- DENÈUD, J., T. FERROIR, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2011). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2^e année*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- DENÈUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2013). *Biologie-Géologie BCPST-véto 1^{re} année*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- DENÈUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2014). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2^e année*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- GODINOT, C., H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2010). *Biologie-Géologie 1^{re} année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.
- KLEIMAN, C. (2001). *La reproduction des Angiospermes*. Belin, Paris.
- LAFON, C. (2003). *La biologie autrement. 100 questions de synthèse*. Ellipses, Paris.
- LATRUFFE, N. (dir.), F. BLEICHER-BARDETTI, B. DUCLOS & J. VAMECQ (2014). *Biochimie. Tout le cours en fiches. Licence. PACES-UE1. CAPES*. Dunod, Paris.
- MEYER, S., C. REEB & R. BOSDEVIX (2008). *Botanique. Biologie et physiologie végétales*. Maloine, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 2004).
- MORÈRE, J.-L., R. PUJOL (coord.), J.-C. CALLÉN, L. CHESNOY, J.-P. DUPONT, A.-M. GIBERT-TANGAPREGASSOM, G. RICOU, N. TOUZET (dir.) et collaborateurs (2003). *Dictionnaire raisonné de Biologie*. Frison-Roche, Paris.
- PEYCRU, P. (dir.), J.-F. FOGELGESANG, D. GRANDPERRIN, B. AUGÈRE, J.-C. BAEHR, C. PERRIER, J.-M. DUPIN & C. VAN DER REST (2010a). *Biologie tout-en-un BCPST 1^{re} année*. Dunod, Paris, 2^e édition (2009), réimpression corrigée (2010) (1^{re} édition 2006).
- PEYCRU, P. (dir.), J.-C. BAEHR, F. CARIU, D. GRANDPERRIN, C. PERRIER, J.-F. FOGELGESANG & J.-M. DUPIN (2010b). *Biologie tout-en-un BCPST 2^e année*. Dunod, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 2007).
- PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER J.-F. FOGELGESANG & C. VAN DER REST (2013). *Biologie tout-en-un BCPST 1^{re} année*. Dunod, Paris, 3^e édition (1^{re} édition 2006).
- PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, J.-F. BEAUX, F. CARIU, P. CARRÈRE, T. DARRIBÈRE, J.-M. DUPIN, C. ESCUYER, J.-F. FOGELGESANG, S. MAURY, É. QUÉINNEC, E. SALGUEIRO & C. VAN DER REST (2014). *Biologie tout-en-un BCPST 2^e année*. Dunod, Paris, 3^e édition (1^{re} édition 2007).
- RAVEN, P. H., G. B. JOHNSON, J. B. LOSOS, S. S. SINGER (2007). *Biologie*. De Boeck, Bruxelles.
- RICHARD, D. (dir.), P. CHEVALET, S. FOURNEL, N. GIRAUD, F. GROS, P. LAURENTI, F. PRADÈRE & T. SOUBAYA (2012). *Biologie. Tout le cours en fiches. Licence. CAPES. Prépas*. Dunod, Paris, 2^e édition (1^{re} édition 2010).
- SAINTPIERRE, F., C. BORDI (dir.), M. ALGRAIN, Y. KRAUSS, I. MOLLIERE & H. CLAUCE (2017). *Mémento Biologie BCPST 1^{re} et 2^e années*. Vuibert, Paris.
- SEGARRA, J. (dir.), É. CHAUVET, C. COLSON-PROCH, M. HUILLE, M. LABROUSSE, F. LOUET, F. METZ & E. PIÈTRE (2014). *Biologie BCPST 1^{re} année*. Ellipses, Paris.
- SEGARRA, J., E. PIÈTRE (dir.), G. BAILLY, O. CHASSAING, D. FAVRE, T. JEAN, F. METZ & C. MEUNIER (2015). *Biologie BCPST 2^e année*. Ellipses, Paris.
- VIGNAIS, P. (2001). *La Biologie des origines à nos jours. Une Histoire des idées et des hommes*. « Grenoble Sciences », EDP Sciences, Les Ulis.
- VIGNAIS, P. (2006). *Science expérimentale et connaissance du Vivant. La Méthode et les concepts*. « Grenoble Sciences », EDP Sciences, Les Ulis.
- VINCENT, P. (1962). *Sciences naturelles. Classe de 1^{re}M'*. Vuibert, Paris.
- VINCENT, P. (1964). *Sciences naturelles. Classe de 2^{de}M'*. Vuibert, Paris. [Labo]
- VINCENT, P. (1968). *Sciences naturelles. Classe de 1^{re}D*. Vuibert, Paris.
- VINCENT, P. (1974). *Sciences naturelles. Classe de Terminale D*. Vuibert, Paris.

Plan du chapitre

Objectifs : extraits du programme	1
Introduction	2
I. La vie fixée des Angiospermes, une réalité structurale et fonctionnelle	2
A. Les implications de la vie fixée dans l'organisation des Angiospermes	2
1. Un organisme ancré dans le substrat par un appareil souterrain assurant aussi le prélèvement de la solution du sol : l'appareil racinaire	3
a. Notion d'appareil racinaire et de racines	3
b. Appareil fasciculé vs. pivotant	3
c. La zonation fondamentale de l'appareil racinaire	3
2. Un organisme dont une partie se trouve en dehors du sol et où se déroule notamment la photosynthèse et la reproduction : l'appareil aérien	3
a. Notions d'appareil aérien et d'appareil caulinare	3
b. La présence d'organes végétatifs : tige, feuilles et bourgeons	3
c. Une organisation fondamentale en unités répétitives : les phytomères ou modules	4
d. La présence d'organes reproducteurs : fleurs puis fruits	4
3. La possibilité d'un stockage de substances organiques (voire d'eau) dans certains organes	5
a. Les organes végétatifs de réserve souterrains chez les géophytes : tubercules (caulinare, racinaires, hypocotylaires, mixtes), bulbes, rhizomes	5
b. Les graines, organes de dissémination et de résistance	6
c. Les parenchymes aquifères des malacophytes	6
B. Les implications de la vie fixée dans le fonctionnement des Angiospermes	6
1. Un organisme fixé qui échange de la matière et de l'énergie avec son environnement : les fonctions de nutrition (au sens large)	6
2. Un organisme fixé qui interagit avec son environnement et le perçoit : les fonctions de relation (au sens large)	7
3. Un organisme fixé qui produit de nouveaux individus et se développe : les fonctions de reproduction (au sens large)	8
C. Un fonctionnement qui implique un approvisionnement en matière minérale à l'état fixé : les besoins inorganiques des plantes	9
1. L'eau, constituant majeur des cellules et moteur de la circulation des sèves	9
2. Les ions minéraux (dont les nitrates, principale substance azotée assimilable), composants des cellules et de molécules variées	10
3. Le dioxygène, composant nécessaire à la respiration cellulaire	10
4. Le dioxyde de carbone, composant incorporé par photosynthèse à la matière organique	10
II. Les Angiospermes, organismes fixes dont l'autotrophie est permise par la photosynthèse	11
A. La plante, organisme constitué de tissus autotrophes et hétérotrophes, ce qui suppose des corrélations trophiques entre cellules	11
B. La réduction du CO₂ et la synthèse glucidique en présence de lumière au sein des chloroplastes : la photosynthèse en C3	11
1. La photosynthèse, une réduction du CO ₂ en matière organique au moyen de l'énergie lumineuse qui a lieu dans les chloroplastes	11
2. Une réaction qui suppose un couplage entre deux phases	12
a. La phase photochimique : une conversion d'énergie lumineuse en pouvoir réducteur (NAPH, H+) et en ATP	13
b. La phase chimique : une utilisation de l'ATP et une oxydation du pouvoir réducteur permettant l'incorporation de carbone inorganique	13
C. La cellule chlorophyllienne, une cellule traversée par des flux de matière	13

D. La synthèse de l'ensemble des molécules organiques à partir des photoassimilats et de petits acides aminés	14		
III. Les Angiospermes, organismes fixes dont les échanges supposent des surfaces spécialisées et une disponibilité des ressources	14		
A. La réalisation des échanges de matière et d'énergie au niveau de surfaces spécialisées	14		
1. Des surfaces importantes, fines, aux gradients importants et limitant la déshydratation	14		
a. Une optimisation des paramètres de la loi de FICK	14		
b. Le milieu aérien, un environnement desséchant	14		
2. La captation de la lumière : un processus optimisé au niveau du limbe foliaire	15		
a. À l'échelle de l'organe : le limbe foliaire, organe aplati et fin favorisant la captation de lumière	15		
b. À l'échelle du tissu : le limbe foliaire, un organe riche en parenchyme chlorophyllien	16		
c. À l'échelle de la cellule, de l'organite et des molécules : des cellules dont les chloroplastes présentent des thylakoïdes riches en pigments assimilateurs	16		
3. Le prélèvement de la solution hydrominérale du sol : un processus permis par le système racinaire	16		
a. Le sol, revêtement superficiel de la planète	16		
α. Une interface entre géosphère, biosphère, atmosphère et hydrosphère	16		
β. Une pellicule découpée en niveaux, les horizons	17		
b. La solution du sol, un réservoir de ressources hydriques et minérales pour la plante	17		
α. Une fraction minérale et une fraction organique qui forment un complexe argilo-humique (CAH) retenant les cations	17		
β. Une composante hydrique plus ou moins disponible	17		
c. Les zones de prélèvement de la solution hydrominérale : l'assise pilifère du rhizoderme et les mycorhizes	18		
α. Le rhizoderme, tissu de revêtement présentant des poils absorbants	18		
i. Un tissu présentant une importante surface d'absorption	18		
ii. Mise en évidence de l'importance du rhizoderme dans l'absorption : expérience historique de ROSÈNE	18		
β. Les mycorhizes, associations symbiotiques entre racines de plantes et champignons qui augmentent grandement l'absorption	19		
i. Une symbiose fréquente et plus ou moins spécifique	19		
ii. Deux grands types de modalités d'associations : les mycorhizes ectotrophes et les mycorhizes endotrophes [utile ?]	19		
iii. Des organismes qui peuvent souvent vivre à l'état libre... quoique	20		
iv. Une mise en place (mycorhization) associée à un dialogue moléculaire	20		
v. Une association caractérisée par des échanges trophiques mutuellement profitables et une protection réciproque	21		
vi. Une association qui augmente grandement le volume de sol où la plante peut effectuer des prélèvements (rhizosphère vs. mycorrhizosphère)	22		
4. Les échanges gazeux respiratoires (EGR) et photosynthétiques (EGP) : des échanges ayant lieu au niveau des stomates ou des lenticelles	22		
a. Dans les tiges et racines recouvertes d'un périoderme : des EGR empruntant surtout les lenticelles ou les crevasses formées par le rhytidome	22		
b. Dans les tiges herbacées (= primaires) et dans les feuilles : une diffusion intratissulaire limitée par la cuticule et contrôlée par les stomates	23		
B. Des échanges et une morphologie conditionnés par l'environnement et la disponibilité des ressources environnementales	23		
1. La possibilité de variations morphologiques au sein d'une espèce en lien avec les contraintes du milieu : l'accommodation	23		
a. L'accommodation, une modulation de l'expression génétique par l'environnement	23		
b. Un exemple d'accommodation en conditions de vent importantes : l'anémomorphose	24		
c. Une accommodation en lien avec la quantité de lumière reçue : cas des feuilles d'un même arbre ou d'arbres proches d'un même lieu	24		
2. Une influence sur la répartition des espèces dans les milieux en lien avec leurs adaptations évolutives : l'exemple des xérophytes	25		
a. Notions d'adaptation (évolutive) et de convergence (évolutive)	25		
b. L'adaptation des végétaux à la sécheresse, un exemple de convergences évolutives	25		
IV. Les Angiospermes, organismes fixes traversés par des flux de matière permettant les corrélations trophiques entre organes	29		
A. Les sèves des Angiospermes, compartiments intracellulaires mobiles qui permettent les corrélations trophiques entre organes	29		
1. Nature et composition des sèves	29		
a. La sève brute, solution riche en ions qui se déplace de manière unidirectionnelle et ascendante (des racines vers les parties aériennes)	29		
b. La sève élaborée, solution riche en métabolites qui se déplace de manière multidirectionnelle des organes-sources vers les organes-puits	29		
2. Le système circulatoire des Angiospermes : des tissus conducteurs aux cellules tubulaires qui véhiculent les sèves intracellulairement	30		
a. Le xylème, tissu résistant de cellules mortes à paroi lignifiée qui véhiculent la sève brute	30		
b. Le phloème, tissu de cellules vivantes à fine paroi pecto-cellulosique qui véhiculent la sève élaborée	31		
c. Des tissus proches, ce qui permet notamment les mouvements d'eau	31		
d. Des tissus qui peuvent s'obtenir à la mauvaise saison	31		
B. L'absorption racinaire et la formation de la sève brute	32		
1. L'absorption et le transfert d'eau jusqu'au xylème, un phénomène d'osmose qui suit un gradient décroissant de potentiels hydriques	32		
a. Le potentiel hydrique, base physique de l'osmose	32		
b. Des déplacements passifs d'eau par diffusion simple et diffusion facilitée au travers d'aquaporines	33		
c. Le potentiel osmotique, composante du potentiel hydrique expliquant l'entrée et le transfert radial d'eau au niveau racinaire	33		
2. L'absorption des ions, un phénomène actif ou passif selon les ions concernés	33		
a. Des concentrations ioniques loin de l'équilibre de NERNST	34		
b. Une entrée active des anions (transport actif secondaire de type symport, utilisant la force proton-motrice)	34		
c. Une entrée active des nitrates (possiblement un transport actif secondaire de type antiport, utilisant des ions hydroxydes)	34		
d. Une entrée passive des cations par diffusion simple ou diffusion facilitée au travers de canaux... qui nécessitent leur expulsion active (par antiport utilisant la force proton-motrice)	34		
e. L'entretien du gradient de protons par l'unique transport actif primaire en présence : les pompes ATPases H ⁺	35		
f. L'acidification locale du sol, conséquence du fonctionnement des pompes ATPases H ⁺	35		
3. L'existence de transporteurs dans les associations mycorrhiziennes	36		
4. Le transfert radial de l'eau et des ions (= circulation radiale)	36		
a. Un transfert radial passif à la fois apoplasmique et symplasmique (voire « transcellulaire »)	36		
b. La présence d'un cadre de CASPARY, barrière endodermique qui impose une entrée symplasmique dans le cylindre central	36		
c. Bilan : formation de la sève brute et charge du xylème	36		
C. Les flux de matière entre sèves et autres tissus : les processus de charge et décharge des tissus conducteurs	37		
1. Cas des flux de solutés au niveau xylémien (sève brute)	37		
a. La charge du xylème : une circulation radiale d'eau et de solutés constituant l'absorption racinaire	37		

b. La décharge du xylème en lien avec la circulation verticale ascendante de la sève brute	37
2. Cas des flux de solutés au niveau phloémien (sève élaborée)	37
a. La charge du phloème en photoassimilats au niveau des organes-sources : un processus apoplasmique ou symplasmique	37
α. Un complexe phloémien « fermé » : la charge apoplasmique de saccharose par un symport saccharose/H ⁺	37
β. Un complexe phloémien « ouvert » : la charge symplasmique passive de très courts oligosaccharides (stachyose, raffinose...)	38
b. La décharge symplasmique ou apoplasmique du phloème en photoassimilats au niveau des organes-puits	38
3. Cas des flux d'eau : un couplage osmotique entre les deux circulations, permis par leur proximité	38
D. La circulation des sèves : une mise en mouvement qui repose sur des différences de potentiel hydrique	39
1. La sève brute : une circulation ascendante permise par la transpiration foliaire et la poussée racinaire	39
a. Mise en évidence des deux moteurs de la circulation	39
b. La transpiration foliaire, un mécanisme de traction des molécules d'eau sous tension-cohésion qui a lieu en journée lorsque les stomates sont ouverts	40
c. La poussée racinaire, phénomène dû à la charge ionique du xylème surtout important la nuit	41
2. La sève élaborée : une circulation multidirectionnelle des organes-sources aux organes-puits couplée à la circulation de sève brute	42
a. Une circulation multidirectionnelle des organes-sources vers les organes-puits variant selon les saisons et permettant les corrélations trophiques entre organes	42
b. Un courant de masse dû à un gradient de pression hydrostatique mis en place par la charge du phloème (et entretenu par la décharge)	42
c. Une circulation couplée à la circulation de la sève brute	43
3. Une circulation et un équilibre hydrique contrôlés notamment par l'activité stomatique	43
a. L'équilibre hydrique des Angiospermes : une égalité entre entrées (par absorption racinaire) et sorties (par transpiration) d'eau dans l'organisme	43
b. Des sorties d'eau qui dépendent du degré d'ouverture des stomates	43
c. Modulation de la turgescence des cellules de garde : rôle des solutés vacuolaires	43
d. Contrôle de l'activité stomatique par le milieu : importance de la lumière et de la disponibilité en eau (+ type métabolique, température...)	44
e. Mécanismes d'action de l'activité photosynthétique et de la lumière sur l'ouverture des stomates	45
α. Mise en évidence d'une double action de la lumière et du rôle de la longueur d'onde	45
β. Une corrélation entre activité photosynthétique et ouverture des stomates due à l'accumulation de photoassimilats dans la vacuole	45
γ. Une détection de la lumière bleue par des photorécepteurs spécifiques qui induit une transduction à l'origine de l'entrée d'ions (K ⁺ et Cl ⁻)	45
f. Mécanismes à l'origine de la fermeture stomatique	46
α. Une baisse de l'activité photosynthétique qui induit une baisse de l'accumulation vacuolaire de photosynthétats (mécanisme hydroactif)	46
β. En cas de stress hydrique : une évaporation d'eau non compensée par l'arrivée xylémienne (mécanisme hydropassif)	46
γ. En cas de stress hydrique prolongé (ou à l'obscurité) : un mécanisme hydroactif impliquant l'acide abscissique (ABA) et la sortie d'ions	47
g. Bilan sur l'ouverture des stomates : une autre vision simplifiée et synthétique	47

Annexe. La réduction du nitrate et du diazote en acides aminés d'interconversion [hors programme !]	50
A. Une obtention d'azote par absorption racinaire ou symbiose avec des Bactéries permettant l'entrée d'azote dans l'organisme et les écosystèmes	50
B. La réduction des nitrates par les Angiospermes : une voie permettant l'autotrophie à l'azote	51
1. Localisation des processus en jeu à l'échelle de la plante	51
2. Mécanismes : implication de diverses enzymes (nitrate réductase, nitrite réductase, GS GOGAT...) et coopération entre compartiments cellulaires	51
a. Réduction des nitrates en ammonium : couplage chimio-chimique entre l'usage de pouvoir réducteur et la réduction d'azote catalysé par la NAR et la NIR	51
b. Assimilation de l'ammonium en acides aminés par le couple enzymatique GS-GOGAT au moyen d'acides aminés d'interconversion	52
C. La réduction des nitrates en association avec des Bactéries : l'exemple de la symbiose Fabacées-Rhizobium	52
Pour faire une fiche de révision : quelques pistes	53
Références	54
Plan du chapitre	54
Plan simplifié (trois niveaux de plan)	57
Plan très simplifié (deux niveaux de plan)	58

Plan simplifié (trois niveaux de plan)

Objectifs : extraits du programme	1
Introduction	2
I. La vie fixée des Angiospermes, une réalité structurale et fonctionnelle	2
A. Les implications de la vie fixée dans l'organisation des Angiospermes	2
1. Un organisme ancré dans le substrat par un appareil souterrain assurant aussi le prélèvement de la solution du sol : l'appareil racinaire	3
2. Un organisme dont une partie se trouve en dehors du sol et où se déroule notamment la photosynthèse et la reproduction : l'appareil aérien	3
3. La possibilité d'un stockage de substances organiques (voire d'eau) dans certains organes	5
B. Les implications de la vie fixée dans le fonctionnement des Angiospermes	6
1. Un organisme fixé qui échange de la matière et de l'énergie avec son environnement : les fonctions de nutrition (au sens large)	6
2. Un organisme fixé qui interagit avec son environnement et le perçoit : les fonctions de relation (au sens large)	7
3. Un organisme fixé qui produit de nouveaux individus et se développe : les fonctions de reproduction (au sens large)	8
C. Un fonctionnement qui implique un approvisionnement en matière minérale à l'état fixé : les besoins inorganiques des plantes	9
1. L'eau, constituant majeur des cellules et moteur de la circulation des sèves	9
2. Les ions minéraux (dont les nitrates, principale substance azotée assimilable), composants des cellules et de molécules variées	10
3. Le dioxygène, composant nécessaire à la respiration cellulaire	10
4. Le dioxyde de carbone, composant incorporé par photosynthèse à la matière organique	10
II. Les Angiospermes, organismes fixes dont l'autotrophie est permise par la photosynthèse	11
A. La plante, organisme constitué de tissus autotrophes et hétérotrophes, ce qui suppose des corrélations trophiques entre cellules	11
B. La réduction du CO₂ et la synthèse glucidique en présence de lumière au sein des chloroplastes : la photosynthèse en C3	11
1. La photosynthèse, une réduction du CO ₂ en matière organique au moyen de l'énergie lumineuse qui a lieu dans les chloroplastes	11
2. Une réaction qui suppose un couplage entre deux phases	12
C. La cellule chlorophyllienne, une cellule traversée par des flux de matière	13
D. La synthèse de l'ensemble des molécules organiques à partir des photoassimilats et de petits acides aminés	14
III. Les Angiospermes, organismes fixes dont les échanges supposent des surfaces spécialisées et une disponibilité des ressources	14
A. La réalisation des échanges de matière et d'énergie au niveau de surfaces spécialisées	14
1. Des surfaces importantes, fines, aux gradients importants et limitant la déshydratation	14
2. La captation de la lumière : un processus optimisé au niveau du limbe foliaire	15
3. Le prélèvement de la solution hydrominérale du sol : un processus permis par le système racinaire	16
4. Les échanges gazeux respiratoires (EGR) et photosynthétiques (EGP) : des échanges ayant lieu au niveau des stomates ou des lenticelles	22
B. Des échanges et une morphologie conditionnés par l'environnement et la disponibilité des ressources environnementales	23

1. La possibilité de variations morphologiques au sein d'une espèce en lien avec les contraintes du milieu : l'accommodation	23
2. Une influence sur la répartition des espèces dans les milieux en lien avec leurs adaptations évolutives : l'exemple des xérophytes	25

IV. Les Angiospermes, organismes fixes traversés par des flux de matière permettant les corrélations trophiques entre organes	29
A. Les sèves des Angiospermes, compartiments intracellulaires mobiles qui permettent les corrélations trophiques entre organes	29
1. Nature et composition des sèves	29
2. Le système circulatoire des Angiospermes : des tissus conducteurs aux cellules tubulaires qui véhiculent les sèves intracellulairement	30
B. L'absorption racinaire et la formation de la sève brute	32
1. L'absorption et le transfert d'eau jusqu'au xylème, un phénomène d'osmose qui suit un gradient décroissant de potentiels hydriques	32
2. L'absorption des ions, un phénomène actif ou passif selon les ions concernés	33
3. L'existence de transporteurs dans les associations mycorhiziennes	36
4. Le transfert radial de l'eau et des ions (= circulation radiale)	36
C. Les flux de matière entre sèves et autres tissus : les processus de charge et décharge des tissus conducteurs	37
1. Cas des flux de solutés au niveau xylémien (sève brute)	37
2. Cas des flux de solutés au niveau phloémien (sève élaborée)	37
3. Cas des flux d'eau : un couplage osmotique entre les deux circulations, permis par leur proximité	38
D. La circulation des sèves : une mise en mouvement qui repose sur des différences de potentiel hydrique	39
1. La sève brute : une circulation ascendante permise par la transpiration foliaire et la poussée racinaire	39
2. La sève élaborée : une circulation multidirectionnelle des organes-sources aux organes-puits couplée à la circulation de sève brute	42
3. Une circulation et un équilibre hydrique contrôlés notamment par l'activité stomatique	43

Annexe. La réduction du nitrate et du diazote en acides aminés d'interconversion [hors programme !]	50
A. Une obtention d'azote par absorption racinaire ou symbiose avec des Bactéries permettant l'entrée d'azote dans l'organisme et les écosystèmes	50
B. La réduction des nitrates par les Angiospermes : une voie permettant l'autotrophie à l'azote	51
1. Localisation des processus en jeu à l'échelle de la plante	51
2. Mécanismes : implication de diverses enzymes (nitrate réductase, nitrite réductase, GS GOGAT...) et coopération entre compartiments cellulaires	51
C. La réduction des nitrates en association avec des Bactéries : l'exemple de la symbiose Fabacées-<i>Rhizobium</i>	52

Pour faire une fiche de révision : quelques pistes	53
Références	54
Plan du chapitre	54
Plan simplifié (trois niveaux de plan)	57
Plan très simplifié (deux niveaux de plan)	58

Plan très simplifié (deux niveaux de plan)

Objectifs : extraits du programme	1
Introduction	2
I. La vie fixée des Angiospermes, une réalité structurale et fonctionnelle	2
A. Les implications de la vie fixée dans l'organisation des Angiospermes	2
B. Les implications de la vie fixée dans le fonctionnement des Angiospermes	6
C. Un fonctionnement qui implique un approvisionnement en matière minérale à l'état fixé : les besoins inorganiques des plantes	9
II. Les Angiospermes, organismes fixes dont l'autotrophie est permise par la photosynthèse	11
A. La plante, organisme constitué de tissus autotrophes et hétérotrophes, ce qui suppose des corrélations trophiques entre cellules	11
B. La réduction du CO ₂ et la synthèse glucidique en présence de lumière au sein des chloroplastes : la photosynthèse en C3	11
C. La cellule chlorophyllienne, une cellule traversée par des flux de matière	13
D. La synthèse de l'ensemble des molécules organiques à partir des photoassimilats et de petits acides aminés	14
III. Les Angiospermes, organismes fixes dont les échanges supposent des surfaces spécialisées et une disponibilité des ressources	14
A. La réalisation des échanges de matière et d'énergie au niveau de surfaces spécialisées	14
B. Des échanges et une morphologie conditionnés par l'environnement et la disponibilité des ressources environnementales	23
IV. Les Angiospermes, organismes fixes traversés par des flux de matière permettant les corrélations trophiques entre organes	29
A. Les sèves des Angiospermes, compartiments intracellulaires mobiles qui permettent les corrélations trophiques entre organes	29
B. L'absorption racinaire et la formation de la sève brute	32
C. Les flux de matière entre sèves et autres tissus : les processus de charge et décharge des tissus conducteurs	37
D. La circulation des sèves : une mise en mouvement qui repose sur des différences de potentiel hydrique	39
Annexe. La réduction du nitrate et du diazote en acides aminés d'interconversion [hors programme !]	50
A. Une obtention d'azote par absorption racinaire ou symbiose avec des Bactéries permettant l'entrée d'azote dans l'organisme et les écosystèmes	50
B. La réduction des nitrates par les Angiospermes : une voie permettant l'autotrophie à l'azote	51
C. La réduction des nitrates en association avec des Bactéries : l'exemple de la symbiose Fabacées- <i>Rhizobium</i>	52
Pour faire une fiche de révision : quelques pistes	53
Références	54
Plan du chapitre	54
Plan simplifié (trois niveaux de plan)	57
Plan très simplifié (deux niveaux de plan)	58

© Tanguy JEAN. Les textes et les figures originales sont la propriété de l'auteur. Les figures extraites d'autres sources restent évidemment la propriété des auteurs ou éditeurs originaux.

Document produit en septembre 2018 • Dernière actualisation : octobre 2018.

Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com

Adresse de téléchargement : <https://www.svt-tanguy-jean.com/>



Ces données sont placées sous licence *Creative Commons Attribution – Pas d'Utilisation commerciale 4.0 CC BY NC* qui autorise la reproduction et la diffusion du document, à condition d'en citer explicitement la source et de ne pas en faire d'utilisation commerciale.