

Chapitre 2

Regards sur un organisme angiosperme : une fabacée

Cours

PLAN DU CHAPITRE

- 1 Place de la luzerne au sein de la lignée verte
- 2 La nutrition chez un organisme autotrophe
- 3 La production de nouveaux individus
- 4 Des interactions multiples avec son environnement

ZOOM

- 1 Luzerne et rythmes saisonniers
- 2 Les tropismes
- 3 Les usages des fabacées
- 4 Adaptation des angiospermes au milieu terrestre

INTRODUCTION

La luzerne est une fabacée (encore appelée légumineuse) particulièrement cultivée en France pour ses qualités fourragères, sa richesse en protéines et ses qualités d'amélioration des sols. Le fonctionnement de cet organisme chlorophyllien et fixé fait intervenir de nombreux échanges et de multiples interactions avec son environnement.

- Comment est assurée la nutrition de cette fabacée ?
- Quels sont les effets des facteurs du milieu sur sa croissance et son cycle de reproduction ?
- Quelles relations développe-t-elle avec les autres organismes de son écosystème ?

1 Place de la luzerne au sein de la lignée verte

La **luzerne**, *Medicago sativa* est un organisme pluricellulaire et chlorophyllien, formé de racines et de tiges feuillées qui constituent son **appareil végétatif** : elle appartient à la lignée verte ou métaphytes. La présence d'une tige dressée portant des feuilles la rattache au clade des embryophytes qui regroupe les plantes terrestres. Son appareil reproducteur est formé par des **fleurs** qui se transforment en fruits après la fécondation : c'est une angiosperme.

Sa position systématique peut être précisée par les caractères de cette fleur (figure 2.1).

D'autres caractères sont identifiables à l'échelle des cellules ou des organes (tableau 2.1).

Tableau 2.1 Des caractères permettant de positionner la luzerne au sein de la lignée verte.

| Caractères | Position systématique |
|---|--------------------------|
| Plusieurs cellules → organisme pluricellulaire Cellules avec une paroi et une vacuole développée Chloroplastes à deux membranes | lignée verte (métaphyte) |
| Après la fécondation présence d'un embryon avec ébauches de racine et tige feuillée | embryophyte |

| Caractères | Position systématique |
|--|-----------------------|
| Présence de tissus conducteurs différenciés , assurant le transport des sèves et le soutien, avec des parois imprégnées de lignine | trachéophyte |
| Après la fécondation , il se forme une graine qui contient l'embryon et des réserves | spermatophyte |
| Les graines sont contenues à maturité dans un fruit , lequel dérive du carpelle, qui contient initialement les ovules, à l'origine des graines | angiosperme |
| Graine à deux cotylédons | eudicotylédone |
| Fruit sec s'ouvrant à maturité (gousse) et libérant de grosses graines à enveloppe coriace | fabacée |

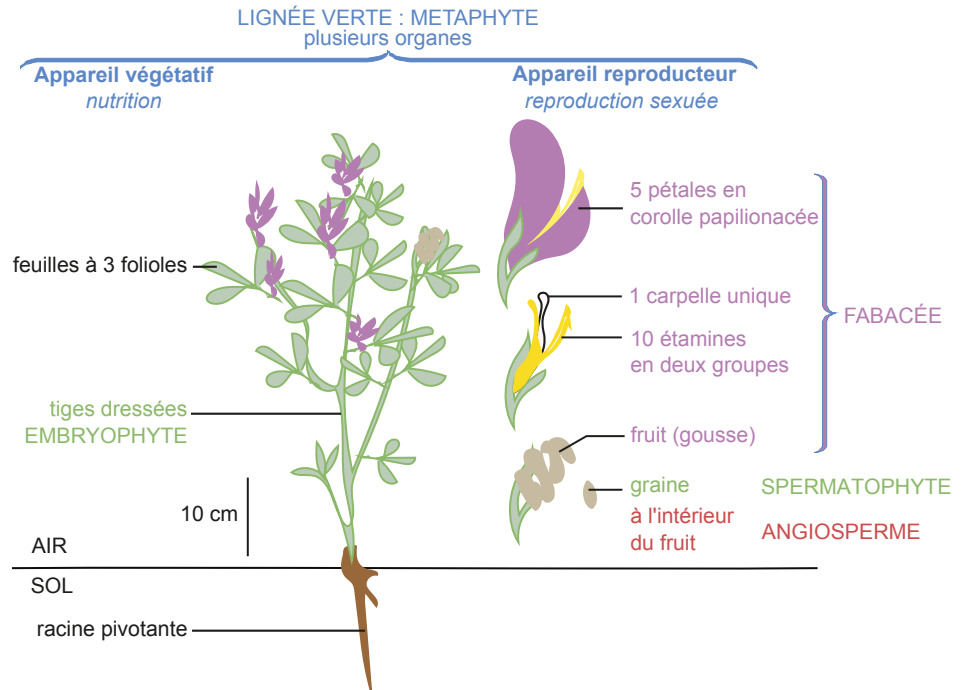


Figure 2.1 Caractères morphologiques pour établir la position systématique de la luzerne.

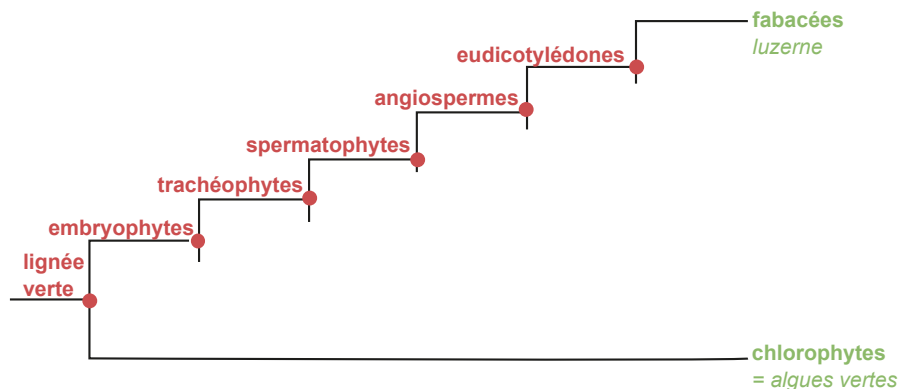


Figure 2.2 Récapitulatif de la place de la luzerne au sein de la lignée verte.

2

La nutrition chez un organisme autotrophe

Les organes participant aux fonctions de nutrition constituent l'**appareil végétatif**. Celui-ci comprend l'appareil racinaire et l'appareil caulinaire formé de la tige et des feuilles.

Le fonctionnement métabolique du végétal et sa croissance reposent sur la production de matière organique à partir de matière minérale prélevée dans le milieu : dioxyde de carbone, eau, ions minéraux (nitrate, etc.) ; la luzerne est un organisme **autotrophe pour le carbone**. Ces ressources minérales (CO_2 et ions) sont à faible concentration dans le milieu : cette nutrition en milieu dilué est assurée par le développement de vastes surfaces d'échanges racinaires et foliaires.

2.1 Des surfaces d'échanges avec l'environnement

a) La surface d'échanges racinaire : absorption de l'eau et des ions

L'appareil racinaire est le siège d'une croissance indéfinie et d'une ramification importante qui en augmentent la surface. Il s'organise autour d'une **racine principale** (ou racine pivotante) entourée d'un réseau de **racines secondaires** ou latérales.

Ces racines grandissent constamment par leur extrémité apicale où se situe un **méristème**, massif de cellules indifférenciées en division constante. Ces cellules s'allongent ensuite dans une zone située en arrière de l'apex, et dans laquelle elles se différencient pour donner les principaux tissus de la racine.

Cette croissance indéfinie permet l'exploration de nouvelles zones du sol, maintenant les apports en dépit d'un mode de vie fixé.

La surface de contact entre sol et racine, siège de l'absorption de l'eau et des ions (constituant la solution du sol) est accrue par différentes structures :

- la partie subterminale des jeunes racines est recouverte de **poils absorbants** (figure 2.3) dont l'ensemble forme la **zone pilifère**, constamment renouvelée lors de la croissance et qui établit un contact étroit avec le sol ;
- des associations symbiotiques peuvent se développer entre racine et champignons, les **mycorrhizes**. Ceux-ci forment des filaments mycéliens entourant pour certains la racine, alors que d'autres étendent autour d'elle la zone d'absorption.

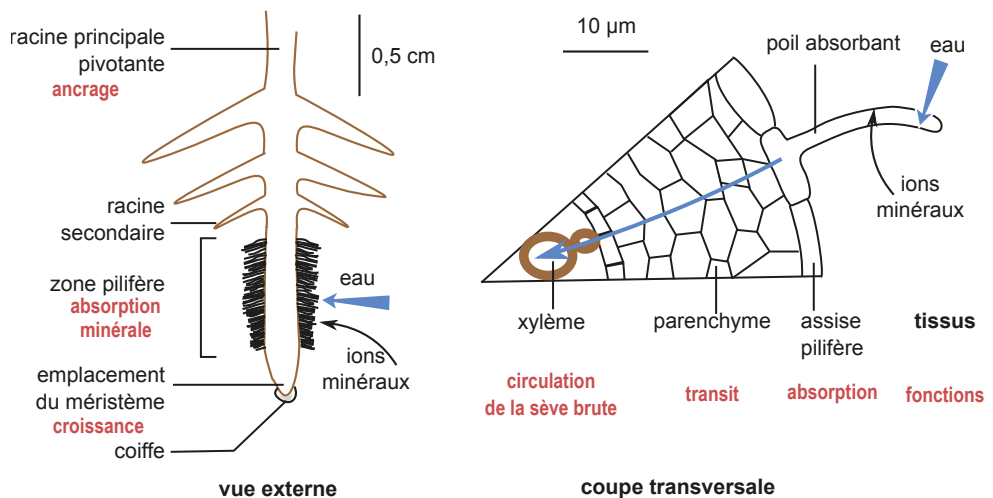


Figure 2.3 Organisation fonctionnelle d'une jeune racine.

L'eau et les ions absorbés en périphérie gagnent les tissus conducteurs situés dans la zone médullaire de la racine où ils vont constituer la sève brute : celle-ci circule dans le tissu appelé xylème, formé de cellules mortes allongées, aux parois plus ou moins imprégnées de lignine (*i.e.* lignifiées).

b) La surface d'échanges foliaire : absorption du CO₂ et de l'énergie lumineuse

L'appareil végétatif aérien de la luzerne est formé de tiges ramifiées qui portent des feuilles composées à trois folioles. L'appareil caulinaire présente lui aussi une croissance indéfinie, par des méristèmes situés dans les bourgeons.

Organes plats et minces, limités par deux épidermes, les **feuilles** sont principalement constituées d'un parenchyme chlorophyllien dans lequel on distingue deux zones : un parenchyme palissadique à la face supérieure, formé de grandes cellules jointives et un parenchyme lacuneux à la face inférieure, où les cellules ménagent entre elles de vastes lacunes, définissant une atmosphère interne (figure 2.4). Toutes ces cellules présentent de nombreux chloroplastes qui contiennent les pigments photosynthétiques et sont le siège de la **photosynthèse**.

La véritable **surface d'échanges** est ainsi celle représentée, à l'intérieur de la feuille, par l'ensemble des limites cellulaires, et au sein des cellules par l'ensemble des surfaces chloroplastiques.

La feuille présente des **nervures** qui regroupent les tissus conducteurs : le **xylème** apporte la sève brute venant des racines ; le **phloème** conduit la sève élaborée qui exporte les molécules organiques synthétisées par les cellules chlorophylliennes (ou photoassimilats).

Voir chapitre 10, § 2 et § 3

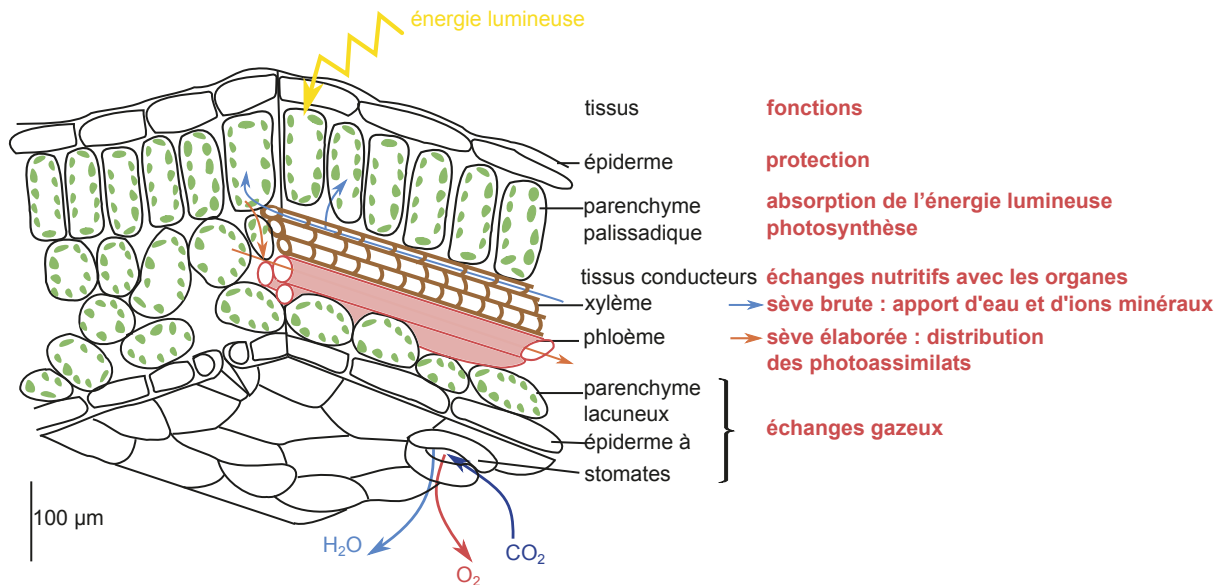


Figure 2.4 Organisation fonctionnelle de la surface foliaire.

2.2 Des organes « sources » et « puits » en corrélation et coopération

Toutes les cellules de la plante, chlorophylliennes ou non, utilisent les molécules organiques produites par la photosynthèse comme substrats énergétiques et sources de carbone permettant le fonctionnement, le renouvellement et la croissance des cellules et des organes.

Les **organes sources** sont représentés par les organes **exportateurs** de matière organique : ce sont les feuilles matures réalisant la photosynthèse.

ZOOM 1

Luzerne et rythmes
saisonniers

Les **organes puits** sont les organes **importateurs** de matière organique : ils peuvent correspondre à des organes puits d'utilisation (organes non chlorophylliens, cellules racinaires, feuilles encore immatures, méristème, fleur) ou de réserve (graine en formation).

Au cours du cycle de développement, un organe puits, ayant accumulé des réserves, peut cependant devenir organe source lors de l'utilisation de celles-ci, à l'image de la graine en germination.

Organes sources et puits sont ainsi en corrélation, interagissant les uns avec les autres dans une coopération fonctionnelle à l'échelle du végétal. Ces **corrélations trophiques** sont assurées par la circulation des sèves, brute et élaborée, respectivement dans le xylème et le phloème.

Ces tissus conducteurs parcourent la tige, en faisceaux associés (faisceaux cribrovasculaires).

Le végétal est ainsi le siège d'un **flux hydrique ascendant** marqué par la circulation de l'eau et des ions absorbés au niveau racinaire et circulant dans le xylème. Ce flux apporte aux organes chlorophylliens les constituants nécessaires à la photosynthèse. La majeure partie de l'eau n'est cependant pas conservée par le végétal est perdue dans l'atmosphère par la **transpiration foliaire**. Celle-ci s'effectue principalement par les stomates situés au niveau des épidermes foliaires. Le végétal constitue ainsi un système ouvert, du sol à l'atmosphère, la transpiration étant l'un des moteurs de l'ascension de la sève brute dans le xylème.

La **sève brute** circule dans la lumière des cellules mortes, qui mises bout à bout forment des vaisseaux. Cette voie de circulation à l'extérieur des cellules mortes est qualifiée d'**apoplasmique**.

La **sève élaborée** représente un second flux, circulant dans les éléments conducteurs du phloème, les tubes criblés, et alimenté à partir de la sève brute parvenant aux feuilles. Les cytoplasmes des tubes criblés, cellules vivantes, sont en continuité par des pores ménagés dans les parois ; la circulation de la sève élaborée se fait dans un continuum cytoplasmique qui constitue la voie **symplasmique**. La charge du phloème en assimilats organiques s'effectue au niveau des organes sources alors que le déchargement se réalise au niveau des organes puits.

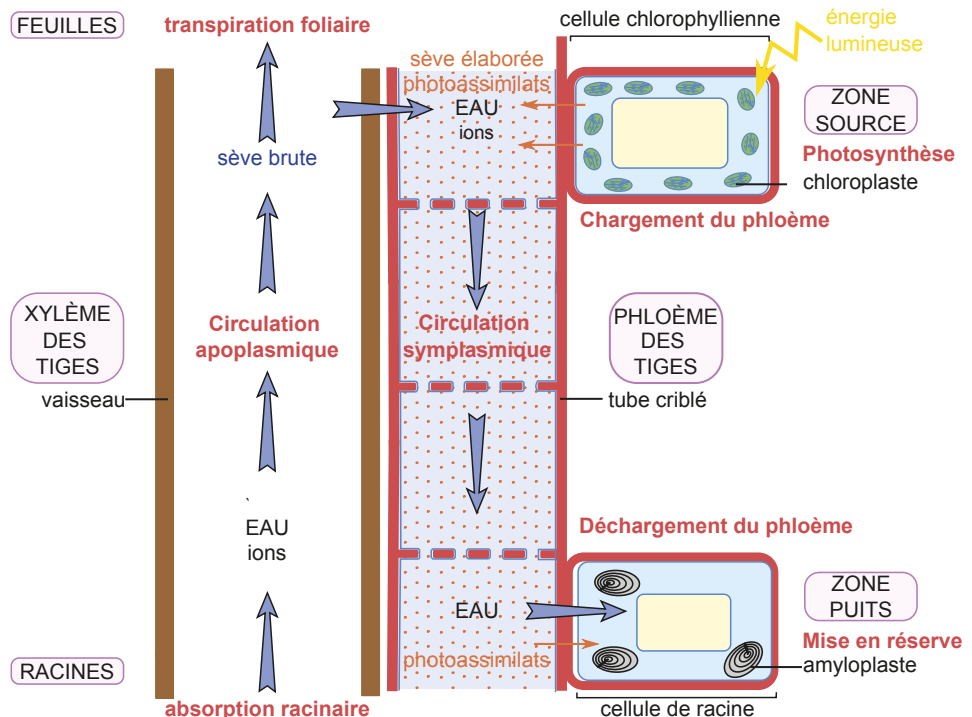
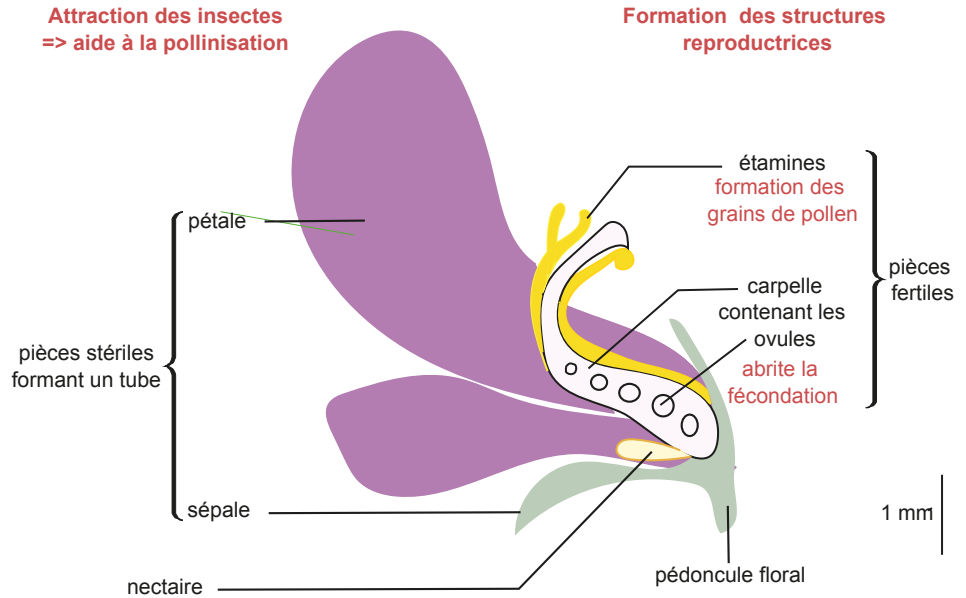


Figure 2.5 Coopération entre organes sources et organes puits par la circulation des sèves.

3 La production de nouveaux individus

Comme la vache, la luzerne se reproduit de façon **sexuée**, ce qui forme de nouveaux individus en maintenant le même nombre de chromosomes mais avec des combinaisons alléliques originales.

3.1 Une plante à fleurs hermaphrodites



Voir TP11, § 1

| Pièces florales | Caractéristiques | Fonctions |
|---------------------------------------|-----------------------------|---|
| Calice à 5 sépales (5S) | Pièces vertes, stériles | Rôle protecteur |
| Corolle papilionacée à 5 pétales (5P) | Pièces colorées, stériles | Rôle attractif lors de la pollinisation |
| Androcée (9+1 E) | 10 étamines en deux groupes | Les loges polliniques s'ouvrent et libèrent les grains de pollen |
| Gynécée ou pistil (1C) | 1 carpelle | Structure close qui abrite les ovules (futurs grains) ; se transforme en fruit après la fécondation |

Figure 2.6 Organisation fonctionnelle de la fleur de luzerne et fonctions des pièces florales.

La **fleur** est l'organe reproducteur des angiospermes. Chez la luzerne (figure 2.6), les fleurs sont regroupées en grappes fournies. Elles portent 5 pétales violets formant une corolle papilionacée. Les pièces stériles (pétales et sépales) entourent les pièces fertiles mâles constituant l'androcée (dix étamines), et femelles (le pistil formé d'un carpelle unique). Bien que la plante soit à la fois mâle et femelle (hermaphrodite), la fécondation est croisée : le pollen d'une plante est transporté sur le pistil d'une autre plante par les abeilles. La **pollinisation** est entomophile.

ZOOM 4

Adaptation des angiospermes au milieu terrestre

3.2 Un mode de reproduction adapté au milieu aérien

Les angiospermes présentent des **adaptations** permettant de protéger les cellules reproductrices du milieu aérien, desséchant et variable.



- Déposé sur le pistil d'une fleur compatible, le grain de pollen s'hydrate et forme un tube pollinique qui s'allonge et achemine les gamètes mâles directement au contact du gamète femelle. Les gamètes ne sont donc jamais au contact du milieu extérieur, c'est une **siphonogamie** qui présente une analogie avec la fécondation interne des animaux aériens.
- Après la fécondation, le développement du zygote se fait à l'intérieur du pistil (analogie avec la viviparité des mammifères). Le carpelle se transforme en un **fruit** qui devient sec, s'ouvre à maturité et libère ses graines. Chaque graine provient d'un ovule. Ainsi, une graine contient une nouvelle plante disséminable en miniature. Cet **embryon**, qui est une des caractéristiques des embryophytes, est associé à des réserves qui lui permettront de se développer lors de la germination.
- La **graine**, forme de dissémination de l'espèce, comprend une enveloppe coriace et protectrice ; déshydratée, elle peut rester en vie ralentie en attendant les conditions favorables pour la reprise du développement. C'est une forme de résistance adaptée au milieu aérien.

Le cycle de reproduction est corrélé aux **saisons** en climat tempéré. La durée qui s'étend de la floraison à la libération d'une graine mature est longue, si bien que les graines sont souvent libérées en fin d'été. Elles entrent alors en **vie ralentie** durant l'automne et l'hiver et ne reprendront leur développement qu'au printemps suivant avec le retour de conditions favorables.

ZOOM 1

Luzerne et rythmes saisonniers

3.3 La reproduction sexuée, processus conservatoire et diversificateur

Le pollen d'une fleur d'une espèce ne peut germer que sur le pistil d'une fleur de la même espèce : des mécanismes de reconnaissance morpho-anatomiques font barrière à l'hybridation interspécifique.

Comme chez la vache, méiose et fécondation contribuent à la diversité des individus d'une population. Les gamètes mâles (contenus dans le tube pollinique) et femelles (dans l'ovule, à l'intérieur du carpelle) sont haploïdes. La fécondation aboutit à un **zygote diploïde** qui formera un nouvel individu, avec les caractéristiques de l'espèce, dont le maintien du nombre de chromosomes ($2n = 32$), et de nouvelles associations de caractères.

4

Des interactions multiples avec son environnement

4.1 Effets des facteurs abiotiques de l'environnement

Les végétaux sont des êtres vivants **fixés** à l'interface sol-atmosphère. Malgré leur apparente inertie, ils sont stimulés constamment par leur environnement physico-chimique et ajustent leur développement en fonction des signaux reçus.

a) Orientation de la croissance par les facteurs anisotropes

La lumière et la gravité sont des facteurs inégalement répartis dans leur environnement, et cette distribution **anisotrope** induit une croissance orientée de l'appareil végétatif ou **tropisme**.

b) Contrôle temporel du développement

Deux types de facteurs du milieu influencent le cycle de développement :

- les **facteurs du sol** (disponibilité en eau, en minéraux ; structure du sol) ;
- les **facteurs climatiques** (température, pluviosité, photopériode notamment).

Ces facteurs varient au cours de l'année et contribuent à synchroniser le développement de la plante avec le cycle des saisons.

ZOOM 2

Les tropismes

ZOOM 1

Luzerne et rythmes saisonniers

4.2 Effets des facteurs biotiques

a) Relations intraspécifiques : compétition pour les ressources

Le développement d'un plant de luzerne dépend de la **densité des plants voisins**. En effet, un plant de luzerne dans une prairie interagit avec les plants voisins avec lesquels il est en **compétition** pour la lumière et les ressources du sol (figure 2.7). Par ailleurs, la luzerne produit des composés chimiques toxiques contre sa propre espèce, comme le « médicarpin », qui inhibe la germination de ses graines tout en ayant une activité antifongique.

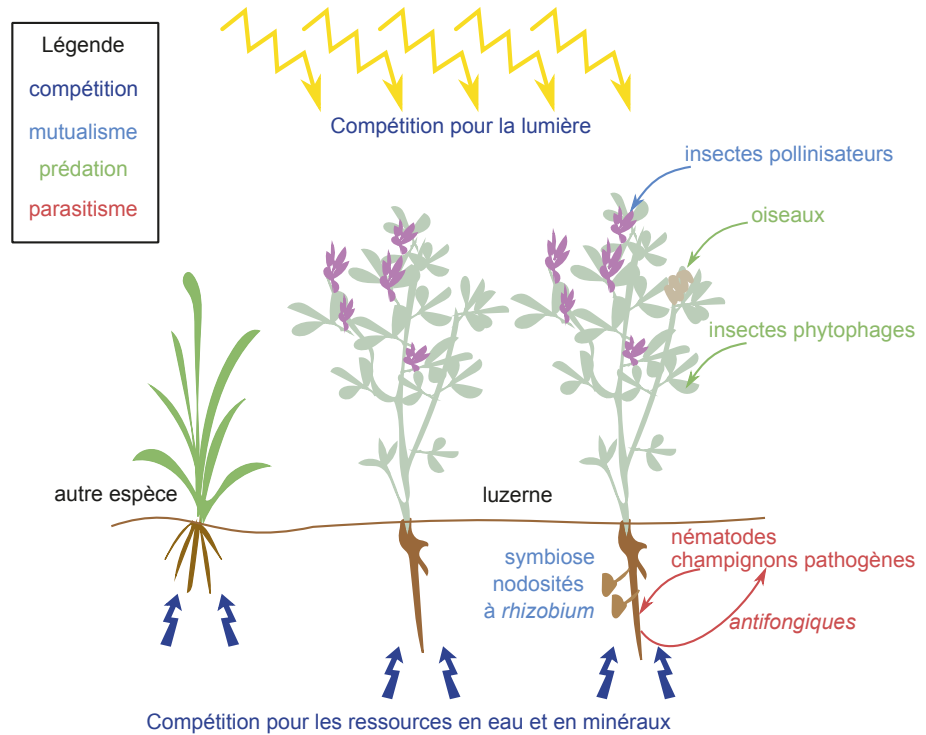


Figure 2.7 Principales relations interspécifiques entre une angiosperme et des organismes de son milieu.

b) Relations interspécifiques

Sur les racines de la luzerne et de nombreuses fabacées, on observe des structures millimétriques, des **nodosités**, dont les cellules renferment des bactéries du genre *Rhizobium*. En fixant le diazote de l'air, les *rhizobiums* mettent à la disposition des fabacées de nouvelles sources d'azote minéral. De son côté, la plante crée un environnement favorable aux bactéries et les approvisionne en molécules organiques. Cette relation est durable ; elle apporte des bénéfices mutuels : c'est une **symbiose**.

Dans les meilleures conditions, les légumineuses peuvent couvrir l'intégralité de leurs besoins azotés grâce à la fixation symbiotique du N_2 de l'air. Un champ de luzerne peut fixer 150 kg d'azote par ha et par an. À l'inverse, les fabacées peuvent cesser de former des nodosités lorsque le sol comporte suffisamment de nitrate (NO_3^-) et d'ammonium (NH_4^+), sources d'azote du sol utilisables par le végétal. Cela leur permet de limiter les dépenses énergétiques coûteuses liées à la fixation symbiotique de N_2 par rapport à l'assimilation du nitrate et de l'ammonium du sol.



La luzerne, comme les trois quarts des espèces cultivées, est **pollinisée** par les insectes. C'est un autre exemple de relation **mutualiste**.

La luzerne est également la cible de champignons **pathogènes**, *Perenospora*, *Verticillium*, *Sclerotinia*, etc. qui **parasitent** les plants, ou d'espèces qui s'en nourrissent (insectes phytophages, nématodes et oiseaux). Ce sont des relations **défavorables** pour la luzerne, des relations **d'exploitation**.

5

Importance des fabacées dans les agrosystèmes

5.1 Des producteurs primaires à la base des réseaux trophiques

Grâce à la **photosynthèse**, les végétaux sont autotrophes vis-à-vis du carbone. Ils incorporent du carbone dans la matière organique ainsi que des éléments minéraux. Les fabacées et donc la luzerne sont des **producteurs primaires**, maillons essentiels dans les **réseaux trophiques**, que ce soit dans les **écosystèmes naturels** comme les prairies ou dans les cultures ou **agrosystèmes**, puisqu'elles sont les deuxièmes productions mondiales après les céréales.

Voir chapitre 17, § 3

5.2 Des plantes issues d'une sélection par l'être humain

La luzerne est l'**espèce fourragère** la plus multipliée en France, cultivée sur plus de 650 000 hectares, seule ou associée à des poacées. Dans le monde, la luzerne est la principale espèce de légumineuse fourragère cultivée seule (*i.e.* en culture monospécifique).

En choisissant les caractères des plants dont les graines seront semées en vue d'une prochaine récolte, l'agriculteur peut trier les variétés de luzerne les mieux appropriées à chaque utilisation. La **sélection** a ainsi permis d'améliorer la résistance mécanique de la luzerne (qui supporte très bien le piétinement dans les prairies pâturées), sa résistance aux maladies ainsi que sa teneur en protéines.

ZOOM 3

Les usages des fabacées

ZOOM 1

Luzerne et rythmes saisonniers

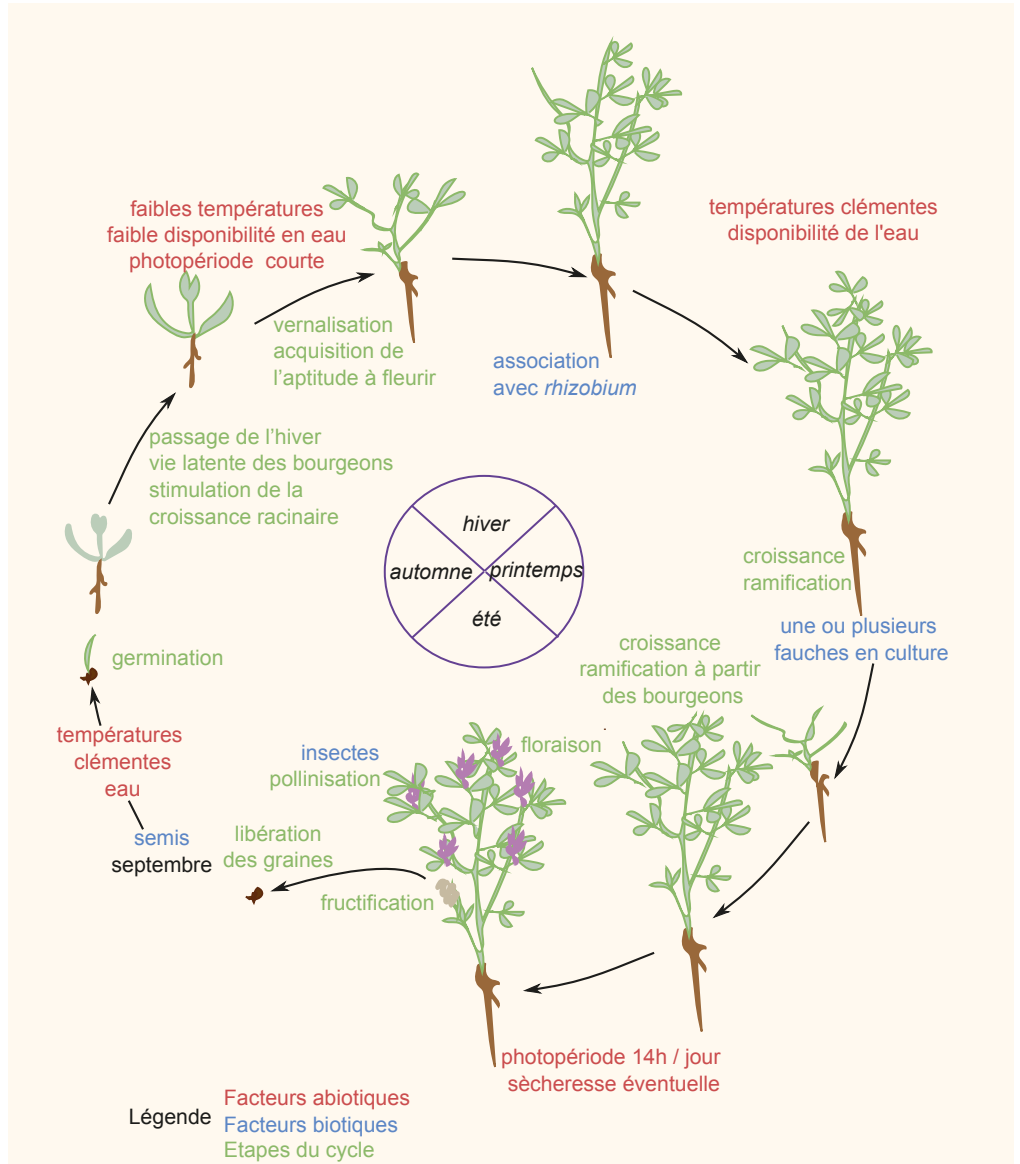
Dans les zones bénéficiant de pluies à la fin de l'été, la luzerne peut être semée en septembre pour permettre une récolte d'avril à octobre, en 4 ou 5 coupes. Si la température est favorable, la graine germe grâce à l'eau du sol en utilisant les réserves de ses cotylédons, permettant le développement de l'appareil végétatif et en particulier des feuilles qui rendent la plante autotrophe pour le carbone. Les **bourgeons** situés à la base des tiges et à l'aisselle des feuilles permettent d'assurer le développement des tiges ou la repousse après une coupe. Chaque pied émet progressivement plusieurs tiges. La luzernière est alors exploitée pendant au moins deux ans.

Saisons et cycle de développement

À chaque étape de la vie de la plante, des **facteurs biotiques et abiotiques** du milieu exercent une influence prédominante sur le développement. Par exemple, le froid hivernal active le développement de la racine, alors que l'allongement de la durée du jour (au moins 14 heures) induit la floraison.

Variations saisonnières des organes sources et puits

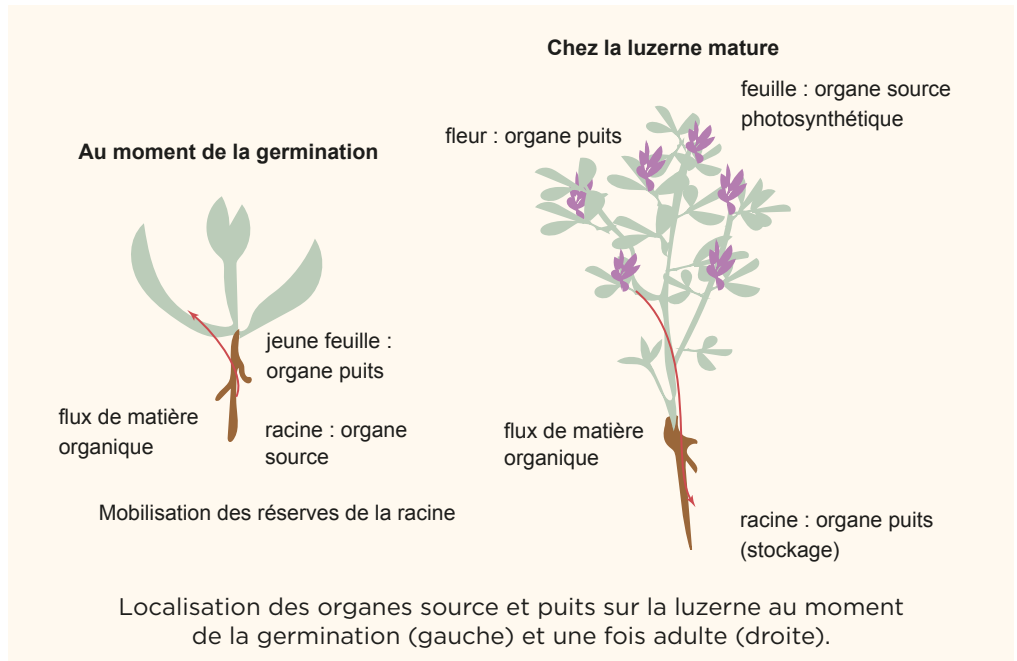
Avant d'être photosynthétiques, les organes en développement, dont les jeunes feuilles, se comportent comme des **organes puits**, c'est-à-dire qu'ils utilisent la matière organique qui a été mise en réserve dans les racines et qui est transportée exceptionnellement *via* le xylème qui assure aussi la montée de l'eau et des minéraux dans la plante.



Les facteurs de contrôle du développement.

Dans un pied de luzerne mature, les **organes sources** sont les feuilles qui réalisent la photosynthèse et assurent la production de photoassimilats en quantité suffisante pour approvisionner toute la plante. Cela concerne en particulier les organes puits, comme les racines non photosynthétiques, qui ne peuvent pas fixer le carbone minéral. Le phloème assure alors la distribution de la matière organique dans l'organisme avec un aiguillage en fonction des **besoins** des différents organes puits. L'intensité des flux et des échanges dépend de la température et la lumière.

Au moment de la floraison, la **fleur** devient un organe puits majeur qui utilise les ressources pour se développer, fructifier et constituer les réserves des graines.



ZOOM 2

Les tropismes

Un tropisme est une croissance d'un végétal orientée par un facteur anisotrope (inégalement réparti) de l'environnement. Les **tropismes** contrôlent l'organisation spatiale de la plante fixée dans son milieu. Leur étude expérimentale a permis la mise en évidence de l'**auxine**, une hormone végétale (phytohormone). L'auxine, qui est produite à l'apex des tiges, joue un rôle majeur dans le contrôle de la croissance.

Le gravitropisme positif de la racine

La racine oriente sa croissance dans le sens de la **gravité**, c'est-à-dire vers le sol. La pointe des racines est recouverte d'une coiffe dont la zone centrale montre des cellules avec de gros amyloplastés denses (**statolithes**). Leur positionnement dans le cytoplasme génère des signaux d'orientation de la croissance. En activant des protéines membranaires sensibles à l'étirement, ils induisent une redistribution de l'auxine dans la racine. À forte concentration dans la racine, l'auxine inhibe l'élongation de la zone de croissance. L'allongement est alors plus important du côté opposé au sol et la racine croît vers le sol.

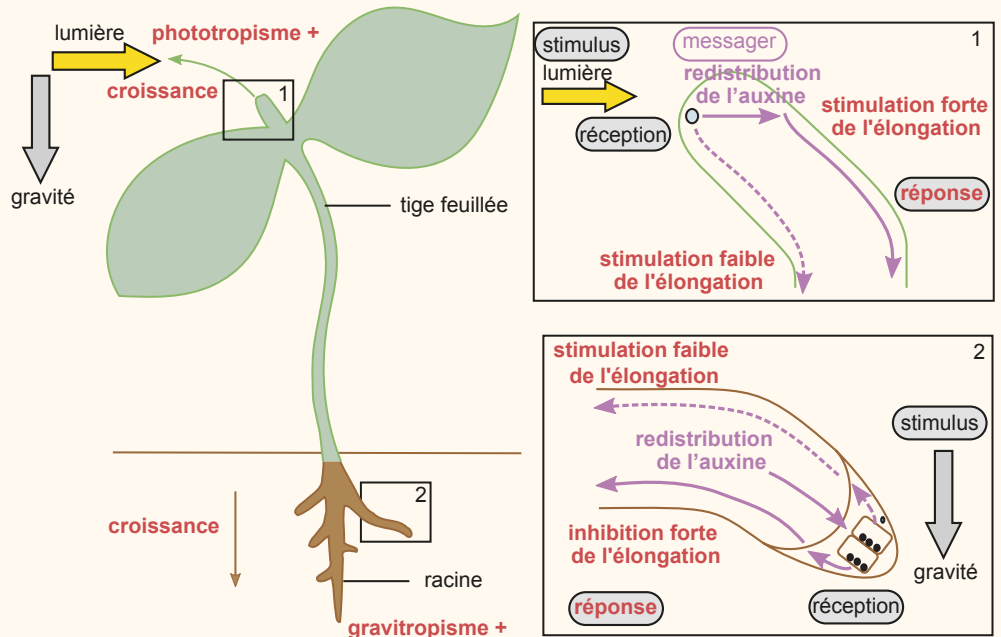
Le gravitropisme négatif de la tige

Les tiges orientent leur croissance dans le sens opposé à la gravité, vers l'atmosphère. L'extrémité des tiges contient aussi des statolithes. Quand la tige s'incline, la sédimentation des **statolithes** sous l'effet de la gravité déclenche une redistribution de l'auxine, dans la tige. Comme les fortes concentrations d'auxine favorisent l'allongement cellulaire dans la tige, c'est le côté opposé au sol qui s'allonge le moins et la tige s'oriente vers l'atmosphère. Le gravitropisme résulte donc de zones spécifiques sensibles à la gravité grâce aux statolithes, qui communiquent *via* l'auxine vers des zones de croissance lesquelles répondent par une **croissance différentielle**.

Voir s'entraîner figures 2.9 et 2.10

Le phototropisme

De la même façon, le phototropisme résulte de la perception d'une répartition inégale de la lumière par des **pigments photorécepteurs**, qui modifie le transport vertical de l'auxine et entraîne une croissance différentielle résultant d'une inégalité de concentration de l'auxine entre la face éclairée et la face non éclairée.



Orientation de la croissance par le gravitropisme et le phototropisme.
(traits violets pleins : forte concentration d'auxine ; pointillés : faible concentration).

ZOOM 3

Les usages des fabacées

Alimentation du bétail

Associées ou non à des poacées (céréales), les fabacées sont une source **d'alimentation du bétail**. Au niveau mondial, le soja est largement prépondérant au sein des légumineuses à graines. Et le trèfle blanc, pour lequel les ruminants ont une forte **appétence**, occupe les surfaces les plus importantes au sein des prairies multispécifiques, suivi par le lotier et la luzerne. Les graines, les granulés de luzerne déshydratée et les tourteaux de soja complètent l'alimentation du bétail en hiver. Dans tous les cas, les valeurs nutritives des fabacées fraîches ou concentrées apportent une part importante de l'énergie du bétail.

Alimentation humaine

Les fabacées sont la deuxième famille la plus importante **d'intérêt alimentaire** après les poacées, notamment avec ses légumes verts (pois, haricots verts) riches en fer et en fibres, et ses légumes secs, pauvres en vitamines, mais riches en protéines. Elles contiennent entre 20 et 25 % de protéines, soja et lupin en contenant jusqu'à 45 % quand la viande en contient 16 à 25 %, et apportent six des huit acides aminés essentiels. Par ailleurs, les légumineuses ne contiennent pas de gluten et leur index glycémique est bas.



Très tôt les hommes ont sélectionné les légumineuses pour se nourrir (lentille, pois sec, fève, et majoritairement soja). L'arachide (*Arachis hypogaea*) est cultivée dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées pour ses graines oléagineuses. On en extrait l'huile d'arachide et elle sert à la fabrication du beurre de cacahuète.

Engrais vert

Les **nodosités** abritant une symbiose avec *Rhizobium* permettent aux fabacées de fixer le N_2 atmosphérique. Lors de la **fauche**, les racines laissées en place se décomposent et libèrent dans le sol une partie de cet azote, sous forme NH_4^+ alors disponible pour les racines. À ce titre, les fabacées sont des **engrais verts**.

Structuration du sol

Les fabacées ont un **système racinaire** important, jusqu'à 2 m de profondeur pour la luzerne, ce qui aère le sol et permet un **décompactage**, facilitant l'infiltration de l'eau. Leur croissance rapide leur assure un fort **pouvoir couvrant** donc elles protègent le sol de l'érosion et de l'évaporation.

Service écosystémique

Enfin, les fabacées sont de bonnes **mellifères**, les abeilles étant les **pollinisateurs** exclusifs de la luzerne.

ZOOM 4

Adaptation des angiospermes au milieu terrestre

Le milieu terrestre présente une faible disponibilité en eau, une faible densité et viscosité et une forte variabilité de températures. Les angiospermes possèdent des adaptations à toutes ces caractéristiques.

Adaptation à une faible disponibilité en eau

La pauvreté du milieu aérien pose une difficulté pour **s'approvisionner en eau** à laquelle les angiospermes répondent par des surfaces d'échanges souterraines étendues et souvent associées à des **mycorhizations**.

La **fécondation** est interne, réalisée par siphonogamie, et le développement embryonnaire se déroule dans une graine protégée du milieu extérieur. Les structures reproductrices fragiles (gamètes, zygotes, embryons) sont ainsi protégées d'un milieu variable.

Le contrôle de la transpiration au niveau des stomates, et l'imperméabilisation de la surface des épidermes permettent de **limiter** les pertes d'eau ; certaines angiospermes peuvent coloniser des milieux arides.

Adaptation à un milieu de faible densité et faible viscosité

La faible densité du milieu aérien en fait un milieu peu porteur, contrairement au milieu aquatique (où la poussée d'Archimède est plus élevée). Chez les angiospermes, le maintien et le soutien des organes et de l'organisme est réalisé par la **rigidification** des matrices extracellulaires, en particulier avec la **lignine** qui imprègne les parois des sclérenchymes et des cellules du xylème.

En contrepartie, le milieu aérien étant faiblement visqueux, le coût énergétique des **déplacements** est moindre. Ainsi, le transport du pollen et des graines des angiospermes peut dans de nombreux cas être de type **anémophile** (grâce au vent).

Adaptation à l'exploitation d'un milieu favorable et variable

Le milieu aérien est riche en O_2 et favorable à la bonne transmission des radiations lumineuses. Les feuilles des angiospermes présentent une organisation qui favorise l'absorption de cette énergie lumineuse.

Par ailleurs, certains paramètres (température, humidité, lumière) varient à l'échelle d'une journée ou même d'une année, rendant certaines saisons plus difficiles que d'autres en milieu tempéré. Les angiospermes présentent aussi des adaptations à ces variabilités journalière et saisonnière, à travers la **vie ralentie** (dormance), la constitution de **réserves** ou bien la **synchronisation** de la reproduction (floraisons du printemps).

Réviser

Résumé

Les fabacées sont des **embryophytes**, organismes à vie fixée à l'interface sol – atmosphère. Les fonctions de **nutrition** sont assurées par deux vastes **surfaces d'échanges** : la surface racinaire prélève de l'eau et des minéraux dans le sol ; la surface foliaire échange des gaz avec l'atmosphère, capte l'énergie lumineuse et produit de la matière organique à partir du CO₂ (autotrophie au carbone). Un double courant de sève parcourt la plante. La sève brute circule des racines vers les organes aériens. Les **photoassimilats** produits dans les feuilles, organes sources, sont distribués par la sève élaborée aux organes non chlorophylliens de la plante, ou organes puits. Comme les facteurs de la photosynthèse, la distribution des **sèves** présente une périodicité quotidienne et saisonnière, en milieu tempéré.

Le développement de la plante est initié à partir de **méristèmes**. Leurs cellules restent capables de se diviser pendant toute la vie de la plante, ce qui assure une croissance indéfinie des organes végétatifs.

L'organisme végétal est en interactions multiples avec son environnement abiotique et biotique. Les facteurs anisotropes du milieu orientent la croissance de l'appareil végétatif : la lumière induit un **phototropisme** positif de la tige ; la gravité déclenche un **gravitropisme** positif dans la racine et négatif dans la tige.

Les saisons imposent des **rythmes** qui conditionnent les étapes du cycle de reproduction. La plante est également impliquée dans différents systèmes de **relations intra et interspécifiques**. La symbiose entre fabacées et bactéries *Rhizobium*, fixatrice d'azote dans les nodosités, augmente la productivité de la fabacée en permettant une utilisation du N₂ de l'air.

Les végétaux chlorophylliens sont des **producteurs primaires**. Ce sont des **ressources** alimentaires à la base des réseaux trophiques. Comme de nombreuses fabacées, la luzerne, sélectionnée par l'être humain pour son alimentation et pour celle du bétail, comme engrais vert et comme élément structurant du sol présente une importance fondamentale dans les agroécosystèmes.

Attention

- Mettez bien en relation les structures et les fonctions des différents organes et tissus de la luzerne.
- Reliez les modalités des fonctions avec la vie fixée de la luzerne.
- Sachez définir organe source et organe puits puisque ces fonctions peuvent changer pour un même organe.
- Sachez placer sur un cycle de reproduction les paramètres du milieu exerçant une influence importante sur les étapes de la vie de la plante.
- Identifiez les types d'interactions inter et intra-spécifiques, et connaissez bien l'exemple des nodosités avec *rhizobium*.

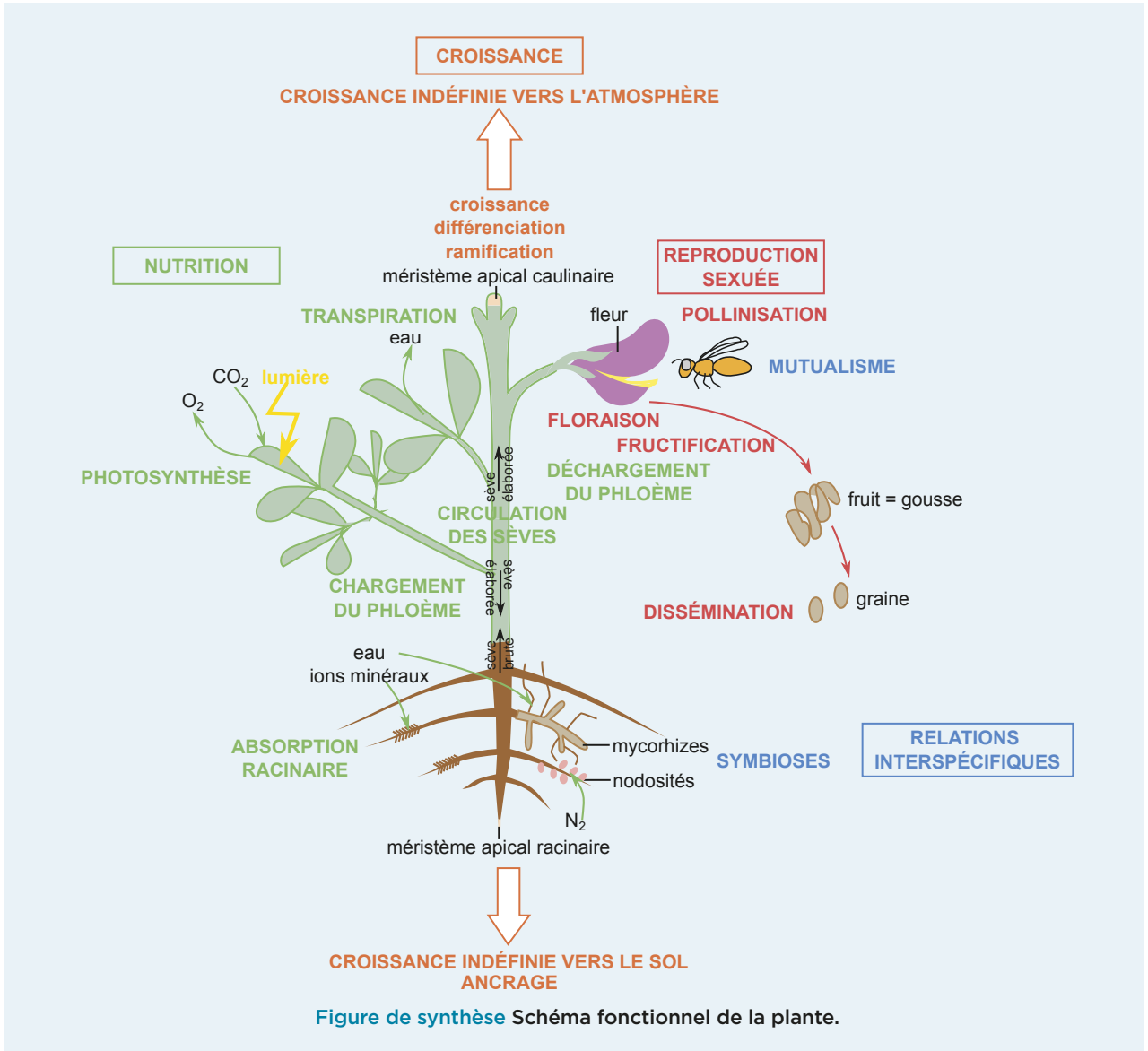


Figure de synthèse Schéma fonctionnel de la plante.

S'entraîner

QCM de connaissances

- Les poils absorbants :
 - a. Sont présents sur toute la plante.
 - b. Forment une surface d'échange avec le sol très réduite.
 - c. Sont formés d'une seule cellule chacun.
 - d. Sont fondamentaux pour les plantes aquatiques.

- 2** Les filaments mycéliens :
- a. Perturbent la croissance de la racine.
 - b. Limitent les capacités d'absorption de la racine.
 - c. Sont toxiques car ils étouffent les poils absorbants.
 - d. Sont un exemple de symbiose et accroissent la surface d'échange.
- 3** Les feuilles :
- a. Sont toujours des organes sources.
 - b. Présentent une organisation orientée permettant d'absorber l'eau et les ions minéraux.
 - c. Présentent une organisation orientée permettant de capter les photons.

QCM à partir de documents

On suit la croissance de racines dans des conditions variables par rapport à la gravité (se référer à la [figure 2.8 jour 0](#)) et on regarde les résultats quant à la forme de la racine après deux jours ([figure 2.8 jour 2](#)). On localise ensuite les amyloplastes dans les cellules de la columelle (tissu de la coiffe racinaire, centre de la géoperception) ([figure 2.9](#)).

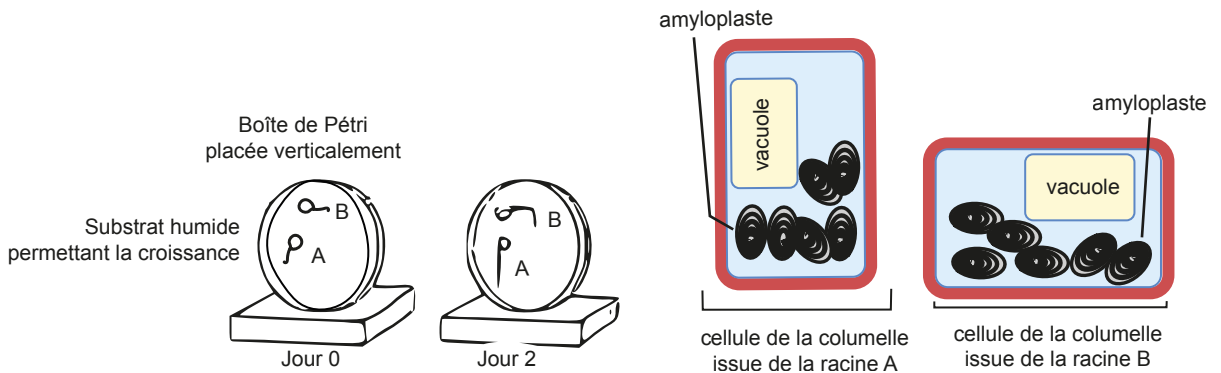


Figure 2.8 Dispositif expérimental de croissance des racines

Figure 2.9 Dessins réalisés à partir des micrographies des cellules de la columelle après deux jours de culture.

- 1** Dans cette étude, on cherche à étudier :
- a. Le phototropisme des tiges.
 - b. Le gravitropisme des racines.
 - c. L'importance de l'humidité du substrat.
 - d. L'importance des réserves en amidon.
- 2** La racine B placée à l'horizontale :
- a. Continue à pousser horizontalement.
 - b. Présente un phototropisme positif.
 - c. Présente un gravitropisme positif.
 - d. Présente un gravitropisme négatif.
- 3** D'après le [document 2.9](#) :
- a. Les amyloplastes se répartissent aléatoirement dans les cellules de la racine.
 - b. Les amyloplastes sédimentent en bas des cellules de la racine selon la gravité.

Questions de synthèse courte

- 1** Distribution des assimilats au cours du cycle saisonnier.
- 2** Les surfaces d'échanges chez une angiosperme.

Sujets sur documents (analyse et mise en relation)

1. Phototropisme des coléoptiles

Les coléoptiles (étuis recouvrant les premières feuilles) de jeunes germinations d'avoine subissent plusieurs types de traitements :

a : la pointe du coléoptile est sectionnée ;

b : la pointe du coléoptile est recouverte d'un petit capuchon de métal ;

c : le corps du coléoptile est entouré d'un petit tuyau de métal mais la pointe n'est pas cachée ;

T : le témoin négatif, sans traitement.

Puis ils sont soumis à un éclairage orienté venant de gauche pendant plusieurs heures.

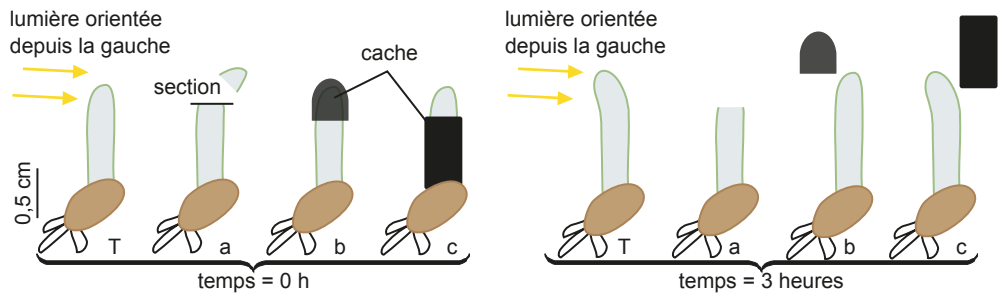


Figure 2.10 Croissance du coléoptile dans différentes conditions.

- 1 Analysez les résultats présentés sur la ligne du bas, après l'exposition à une lumière orientée.
- 2 Concluez sur le lieu de perception du signal lumineux et sur le lieu de réponse. Qu'en déduisez-vous ?

2. Les mycorhizes

On sème du trèfle (*Trifolium pratense*) sur un sol soit stérilisé (expérience O), soit stérilisé puis inoculé par une seule espèce de *Glomus* (ce sont des champignons qui forment des endomycorhizes ; 4 espèces différentes sont utilisées : A, B, C et D) ou par les 4 espèces de *Glomus* simultanément (expérience T). On mesure, au bout d'un temps, la croissance de la plante (biomasse par pot, en grammes de matière sèche) (figure 2.11).

Analysez ces résultats et proposez une hypothèse pour expliquer le rôle observé des mycorhizes.

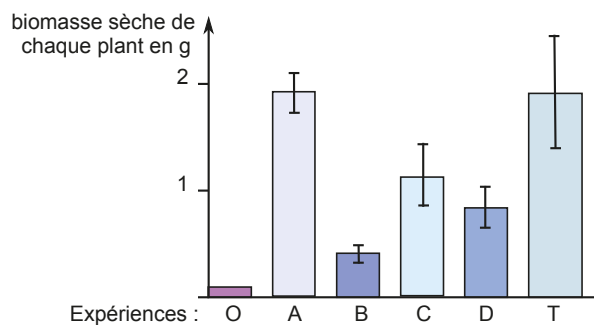


Figure 2.11 Effet de la présence ou non de mycorhizes sur la croissance de plants de trèfle et incidence du type de mycorhizes.

3. Les effets de la photopériode sur le cycle de développement du blé

Les variables environnementales qui affectent le développement des blés sont le froid hivernal et la photopériode sous forme d'allongement de la durée du jour (héméropériode) au printemps. Deux variétés de blé (notées A et B – figure 2.12) sont testées en plein champ, avec la même conduite des cultures (identité de la densité des semis, de l'apport en engrais et des traitements

phytosanitaires). Pour chacune, 2 lots de semences sont préparés, l'un est simplement hydraté durant 24 h (lot V0), l'autre est placé dans une atmosphère froide (5 °C) et humide durant 50 jours avant d'être hydraté pendant 24 h (lot V50). La mise en culture au champ est réalisée au même moment pour les 2 lots. Quatre traitements photopériodiques sont alors appliqués à ces cultures : le premier correspond à la photopériode naturelle (PN), le second à un allongement de 2 heures de l'hémopériode naturelle (PN+2), le troisième à un allongement de 4 h (PN+4) et le quatrième à un allongement de 6 h (PN+6).

Tous les 3 jours, un échantillonnage représentatif de chaque population est réalisé afin de déterminer le stade de développement des plants prélevés. Trois stades sont retenus :

- le stade 1 précède l'apparition des premières ébauches florales au niveau de l'apex ;
- le stade 2 s'étend de l'apparition des premières ébauches florales à l'achèvement de la différenciation de l'épi, avant la croissance de la tige portant l'épi ;
- le stade 3 s'étend de la croissance de la tige à la floraison.

Chaque étape du développement nécessitant un certain cumul de température, c'est la température moyenne cumulée (base 0 °C) sur la durée à partir du jour d'ensemencement soit $\Sigma(T_{\text{moyenne journalière}})$ en °C.jour qui sert de paramètre au lieu du temps calendaire (nombre de jours).

Par ailleurs, à la fin de l'expérimentation soit au bout de 2 500 °C.jour, le pourcentage de plants fertiles (épis fertiles lors de la floraison) de chaque lot est déterminé. Le [tableau 2.2](#) regroupe ces résultats.

Tableau 2.2 Pourcentage de plants à épis fertiles par rapport au nombre total de plants.

| Traitement | | Variété A | Variété B |
|-----------------|--------------|-----------|-----------|
| Vernalisation | Photopériode | | |
| V ₅₀ | PN+0 | 100 | 100 |
| | PN+2 | 100 | 100 |
| | PN+4 | 100 | 100 |
| | PN+6 | 100 | 100 |
| V ₀ | PN+0 | 24 | 100 |
| | PN+2 | 31 | 100 |
| | PN+4 | 40 | 100 |
| | PN+6 | 53 | 100 |

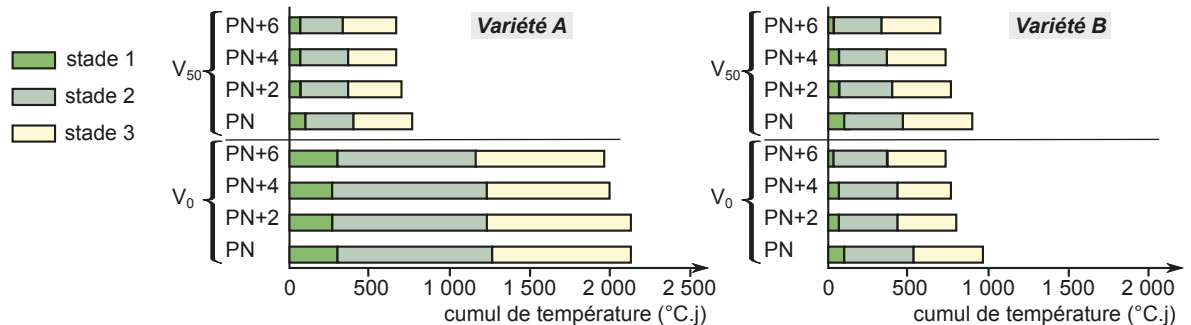


Figure 2.12 Effets du traitement photopériodique et de la vernalisation sur le développement de 2 variétés de blé.

- 1 Que dire des effets du traitement par le froid humide (vernalisation) sur les divers stades de développement et sur la proportion finale de plants fertiles ?
- 2 Même question à propos des effets de la photopériode.
- 3 Comment qualifier les variétés A et B ? Conclure sur leur comportement vis-à-vis de la photopériode.