Document téléchargeable sur le site
https://www.svt-tanguy-jean.com/

EPLEFPA Dijon Quetigny Plombières-lès-Dijon
Site de Quetigny (21) • LEGTA Olivier de Serres
Classe préparatoire ATS (Adaptation Technicien Supérieur) Biologie
Préparation des Concours agronomiques et vétérinaires (voie C)

ENSEIGNEMENT DE BIOLOGIE • TRAVAUX PRATIQUES
Partie B. L'organisme dans son milieu : exemple de la nutrition

TP B1

Les échangeurs des Angiospermes

Objectifs : extraits du programme

TP B1 : Les échangeurs des Angiospermes (1h)	Observer des stomates d'épidermes foliaires, des lenticelles de tiges subérifiées, des poils absorbants racinaires et des mycorhizes.

Introduction

Les **Angiospermes** réalisent des **échanges gazeux** (respiratoires et photosynthétiques) avec l'extérieur, ainsi qu'un **prélèvement d'eau et d'ions minéraux** au niveau **racinaire**.

Comment s'organisent les zones d'échanges avec le milieu extérieur chez les Angiospermes ?

[Programme limité à quelques structures]

Ce TP s'appuie sur plusieurs points de cours qu'il illustre, notamment :
B.1.2.1. La réalisation des prélèvements gazeux au niveau d'échangeurs chez les organismes
B.1.2.2. Le prélèvement de la solution minérale au niveau de l'appareil racinaire
B.2.1.2. Les moteurs de la mise en mouvement des sèves brute et élaborée des Angiospermes
B.4.3.1. Le contrôle de l'absorption racinaire et des pertes stomatiques en fonction des conditions du milieu

I. Deux structures d'échanges gazeux

A. Les stomates, des structures épidermiques spécialisées dans les échanges gazeux situées principalement au niveau foliaire

- Les **stomates** sont des ***différenciations de l'épiderme végétal permettant les échanges gazeux avec le milieu environnant***, principalement situées au niveau de l'**épiderme foliaire** où on les trouve sur **les deux faces** ou bien seulement sur la **face inférieure** (en fonction des espèces).
- Chaque stomate comprend ***deux cellules en forme de haricot*** nommées **cellules de garde** ou **cellules stomatiques** qui délimitent un ***orifice permettant les échanges*** nommé **ostiole**. La **turgescence** des **cellules stomatiques** contrôle l'**ouverture** ou la **fermeture** des **stomates**.
- Au sein des organes, les **gaz** circulent **entre les cellules**, notamment au niveau des **méats**. Chez les 'dicotylédones' qui présentent un **parenchyme lacuneux**, on trouve des **lacunes aérifères** qui sont souvent **volumineuses sous les stomates** et forment alors des **chambres sous-stomatiques**.

Comment l'étude microscopique des stomates nous renseigne-t-elle sur leur organisation ?

Activité 1. Étude microscopique des stomates

Savoirs à construire	Organisation des stomates

	Capacité ou attitude visée	**Évaluation**
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel ➢ Microscope	
	Analyser, observer et raisonner	

Méthodes possibles d'étude des stomates

1. **Prélèvement** à la pince et **montage** entre lame et lamelle d'**épiderme** de **Poireau** (Monocotylédones), de **Fougère** (Filicophytes… pas forcément au programme mais l'organisation est la même que chez les Angiospermes)… >> **observation microscopique**.
2. **Observation microscopique** de **lames du commerce**.

Pistes de réflexion et d'exploitation

- ***Rappelez*** *l'organisation d'une feuille (coupe transversale) en légendant la figure 1.*
- ***Légendez*** *la figure 2.*

Voir des schémas théoriques dans le complément 4 (Histologie végétale).

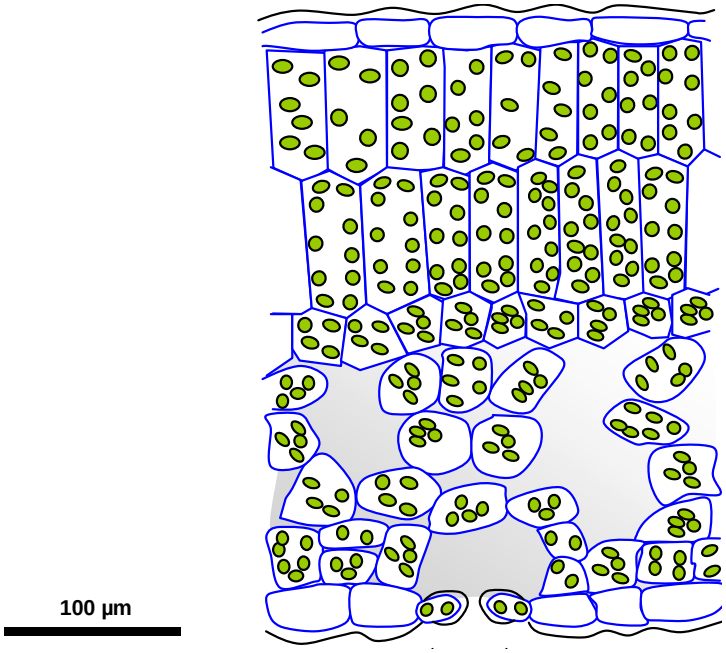


FIGURE 1. Coupe transversale de feuille d'Angiospermes Eudicotylédones. http ://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/article.php3?id_article=1356 (consultation décembre 2015).

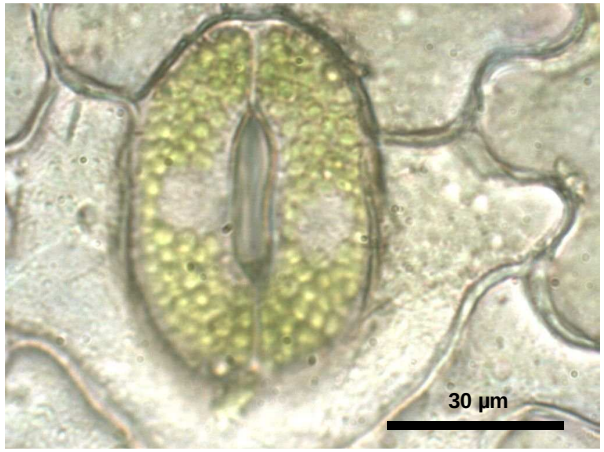


FIGURE 2. Épiderme foliaire de Polypode (Filicophytes) à plat. http ://acces.ens-lyon.fr/evolution/evolution/relations-de-parente/enseigner/activites-pratiques-et-classification/les-tp/tp-presence-de-stomates (consultation décembre 2015).

B. Les lenticelles, zones du périderme où les cellules du liège se désolidarisent et permettent les échanges gazeux

- ***L'ensemble du phelloderme, du liège et de l'assise subéro-phellodermique*** s'appelle le **périderme** ; il correspond **« l'écorce » des arbres au sens courant** mais, pour le botaniste, ***écorce est synonyme de cortex*** (dans les troncs, ***tout ce qui est à l'extérieur du cambium constitue donc l'écorce ou cortex***).
- Chez de nombreuses espèces ligneuses, le périderme présente une ***partie externe qui se desquame et se fissure*** portant le nom de **rhytidome**. Ces fissures peuvent autoriser les **échanges gazeux**.
- Chez d'autres espèces, le périderme présente des ***zones ovoïdes où le liège est plus fin, les cellules moins jointives et qui permettent les échanges gazeux*** : ce sont les **lenticelles** (figure 25). Bien souvent, **on note aussi la présence d'un rhytidome** en plus des lenticelles mais dont la **desquamation** est trop **superficielle** pour permettre les échanges gazeux (figure 25).

Comment l'étude microscopique et macroscopique des lenticelles nous renseigne-t-elle sur leur organisation ?

Activité 2. Étude macroscopique et microscopique des lenticelles

Savoirs à construire	Organisation des lenticelles

	Capacité ou attitude visée	**Évaluation**
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel ➢ Microscope	
	Analyser, observer et raisonner	

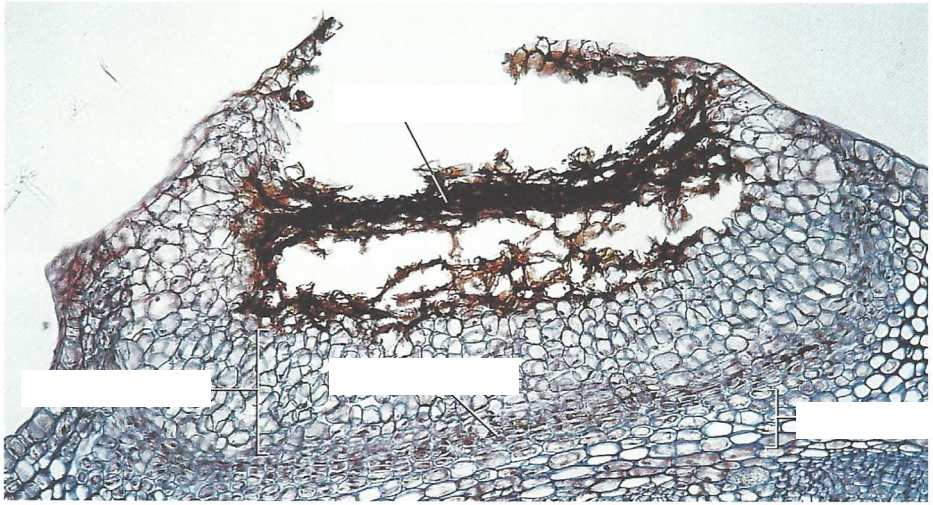
Méthodes d'étude des lenticelles

1. **Observation macroscopique** d'un tronc ou d'une branche de Bouleau, Cerisier…
2. **Observation microscopique** de **lames du commerce**.

Pistes de réflexion et d'exploitation

- ***Localisez*** *les lenticelles sur la figure 3.*
- ***Employez*** *la figure 4 pour comprendre vos observations et les schémas théoriques du complément 4 (Histologie végétale) et du chapitre A.3-2 (Construction d'une Angiospermes Eudicotylédone). Complétez la figure 4.*

FIGURE 3. Branche de Cerisier présentant des lenticelles.
D'après *Wikipédia* (consultation décembre 2015).



Lenticelles dans une tige de sureau noir (*Sambucus nigra* L., famille *Caprifoliaceae*). Coupe transversale : x 100 (*330*). La barrière imperméable constituée par le liège est interrompue au niveau des *lenticelles,* au travers desquelles les tissus de soutien peuvent effectuer, avec l'atmosphère, les échanges gazeux qui leur sont nécessaires. À l'extérieur, les lenticelles se présentent comme de petits reliefs de forme lenticulaire, d'où leur nom. Aussi bien dans la tige que dans la racine, au niveau de la zone secondaire, le phellogène produit localement (vers l'extérieur) des coussinets de cellules parenchymateuses (*tissu de remplissage*) ainsi que du liège. Ces coussinets, en s'accroissant, font pression sur les tissus extérieurs jusqu'à les enfoncer ; ainsi se constituent autant de « prises » d'air pour l'écorce et les autres parties vivantes sous-jacentes. Les échanges gazeux au travers des lenticelles sont favorisés par la faible cohérence du coussinet parenchymateux dont les cellules tendent à s'effriter facilement. À la différence des ostioles des stomates, l'ouverture des lenticelles n'est pas réglable : leur fermeture s'effectue en fonction des saisons, vers la période automne-hiver, avec la production à partir du phellogène d'un couvercle de liège qui les ferme. Lors de la reprise de l'activité printanière, un nouveau coussinet parenchymateux rétablit le contact avec l'extérieur, lacérant les tissus qui s'interposent. Les lenticelles sont le siège d'une certaine respiration, au niveau de la tige. Au niveau des racines, ils sont considérés comme faisant partie de la surface absorbante.

FIGURE 4. Lenticelles en microscopie.
D'après SPERANZA & CALZONI (2005).

II. Les structures de prélèvement de la solution du sol

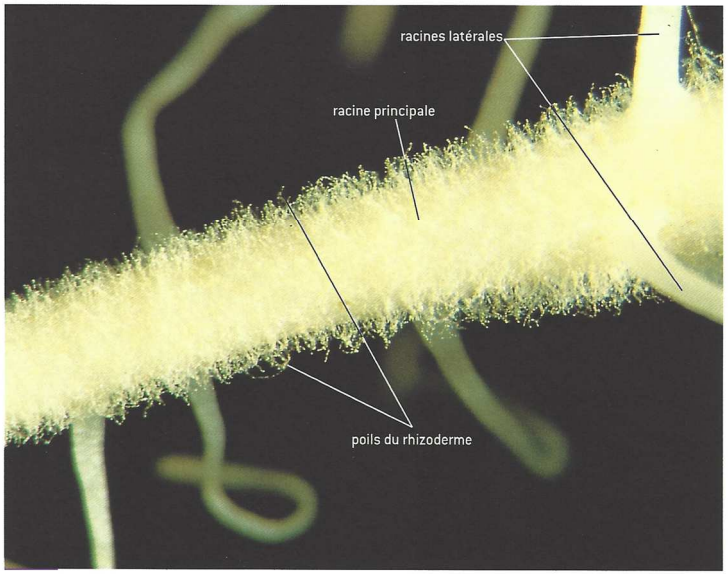
A. Le rhizoderme, tissu primaire de revêtement racinaire formant une assise pilifère riche en poils absorbants

Rhizoderme

C'est le tissu tégumentaire de la racine dans la zone de structure primaire. À la différence de celles de l'épiderme, les cellules du rhizoderme ont des parois minces qui ne subissent pas de modification secondaire (cutinisation, formation de la cuticule) ; elles sont donc idéales pour l'absorption de l'eau et la circulation des solutés par diffusion, en continuité directe avec les solutions circulant dans le sol.

Le rhizoderme se caractérise par la présence de *poils absorbants,* longues excroissances issues de ses propres cellules et qui augmentent énormément sa surface de contact avec le terrain. Le mécanisme de formation de ces poils est l'élongation par *croissance apicale,* semblable à celle de l'hyphe fongique et des tubes polliniques : elle se fonde sur un processus de sécrétion orientée au cours duquel une multitude de vésicules sécrétrices migrent vers la région apicale en rapide expansion, lui apportant les matériaux nécessaires à la construction de nouvelles parois et de nouvelles membranes.

Les poils absorbants ont une durée de vie courte, réduite à quelques jours. Le rhizoderme comportant les poils morts peut se conserver, même s'il est modifié par un épaississement et une lignification des parois cellulaires, et continuer à exercer ses fonctions de revêtement, en ce cas uniquement protectrices. Dans d'autres cas, en revanche, le décollement du rhizoderme s'accompagne de la préparation d'une nouvelle strate à fonction de revêtement : il s'agit de l'*exoderme,* issu de la subérification des parois cellulaires dans une ou plusieurs strates du parenchyme de l'écorce.



Zone pilifère d'une racine de haricot (*Phaseolus vulgaris* L., famille *Fabaceae* ou *Leguminosae*). x 16 (*17*).

FIGURE 6. Rhizoderme et poils absorbants. D'après SPERANZA & CALZONI (2005).

Comment l'étude du rhizoderme nous renseigne-t-elle sur leur organisation ?

Activité 3. Étude du rhizoderme et des poils absorbants

Savoirs à construire	Organisation du rhizoderme et des poils absorbants

	Capacité ou attitude visée	Évaluation
Savoir-faire sollicités	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel ➢ Microscope	
	Analyser, observer et raisonner	

Méthodes d'étude possible des poils absorbants

1. **Observation** à la loupe binoculaire de la **zone pilifère** de graines venant de germer.
2. **Montage** entre lame et lamelle de poils absorbants (éventuellement colorés) et **observation** au microscope optique.
3. **Observation microscopique** de **lames du commerce**.

Pistes de réflexion et d'exploitation

- ***Utilisez*** *les documents du complément 4 (Histologie végétale) pour comprendre l'organisation du* ***rhizoderme*** *et d'un* ***poil absorbant****.*
- ***Localisez*** *la* ***zone pilifère*** *sur la figure 7.*

FIGURE 7. Plantule de Haricot montrant la zone pilifère.
D'après http://zarrouk.e-monsite.com/album/diaporama/poils-absorbant.html
F. LALEVÉE (Consultation décembre 2015).

B. Les mycorhizes, symbioses entre plantes et champignons augmentant la surface d'échanges entre le sol et la plante

Les **mycorhizes** correspondent à des associations étroites, de type interaction durable, entre le mycélium d'un Champignon et les racines de divers végétaux supérieurs, essentiellement des arbres forestiers. La plupart des Champignons impliqués appartiennent au groupe des Basidiomycètes. Comme dans le cas des lichens (fiche 41), les mycorhizes sont des complexes avec une physiologie particulière et une morphologie propre. Ce sont de véritables **organes nouveaux**. Ceci a des conséquences importantes en sylviculture puisque, dans le cas de reboisements, il faut également ensemencer le sol avec le Champignon qui formera les mycorhizes adéquates.

Différents types de mycorhizes selon l'aspect du mycélium

Dans le cas des **mycorhizes ectotrophes**, ou **ectomycorhizes**, le mycélium forme un **manchon** serré constitué d'hyphes très entrelacées se présentant sous la forme d'un feutrage autour de la racine (photo A). Des prolongements internes s'insinuent en direction du cortex racinaire, mais ils ne pénètrent pas dans les cellules de l'écorce. Les hyphes forment un réseau appelé **réseau de Hartig** et disjoignent les cellules corticales (photo B). Ce type de mycorhize se rencontre surtout sur les racines des arbres forestiers des forêts tempérées.

Dans le cas des **mycorhizes endotrophes** ou **endomycorhizes** (photos C et D), le mycélium est en partie externe, mais sans former de manteau, en partie logé dans les tissus des racines. Il pénètre alors dans le cadre pecto-cellulosique des cellules en repoussant la membrane plasmique qu'il ne franchit jamais. Le mycélium présente des formes diverses, spécifiques du champignon impliqué (arbuscules, pelotons des photos C et D, vésicules). On les trouve chez les Bruyères, les Orchidées, certains arbres des forêts tempérées et la majorité des arbres des forêts tropicales et équatoriales.

Pour tous les types de mycorhizes, la colonisation par le Champignon est limitée au cortex racinaire (l'endoderme n'est pas franchi : photo C), dans les parties jeunes de la racine.

Mycorhizes et type de relation interspécifique

L'association entre les deux partenaires s'apparente à première vue à une **symbiose**, association à bénéfices réciproques :

Du point de vue nutritionnel : le spermaphyte, **autotrophe**, fournit non seulement des glucides solubles au champignon **hétérotrophe**, mais également des vitamines et des facteurs de croissance. En retour, le champignon, grâce à ses filaments mycéliens, constitue une très vaste surface de contact avec le sol et assure ainsi une meilleure absorption hydrique et minérale. Les filaments permettent la capture et le stockage du phosphore, de l'azote, du calcium et du potassium en grandes quantités et pendant une longue durée. Le champignon peut synthétiser divers acides aminés à partir de l'ammonium du sol, qui peuvent ensuite être cédés à la racine.

Du point de vue physique : le champignon joue un rôle de **protection**, le manteau constituant une barrière contre de nombreux agents pathogènes pour les racines ; certains champignons peuvent même sécréter des antibiotiques empêchant le développement de ces pathogènes. Il stimule également les défenses de la plante : le réseau de Hartig induit dans le cortex la différenciation des cellules à tanins (photo B) contenant des molécules phénoliques toxiques pour les pathogènes. Enfin, les champignons mycorhiziens créent un véritable réseau dans le sol entre les racines des divers arbres, tous interconnectés via les filaments mycéliens.

Toutefois, cette symbiose, à l'instar de celle qui s'établit chez les lichens, est teintée de **parasitisme**. C'est le cas, par exemple, des plantes mixotrophes qui tirent leur matière organique du champignon, lui-même l'obtenant d'autres spermaphytes au travers du réseau mycélien.

FIGURE 8. Mycorhizes. D'après BOUTIN *et al.* (2015).

Comment l'étude microscopique des mycorhizes nous renseigne-t-elle sur leur organisation ?

Activité 4. Étude microscopique des mycorhizes

Savoirs à construire	Organisation des mycorhizes

Savoir-faire sollicités	**Capacité ou attitude visée**	**Évaluation**
	Maîtriser un outil, un geste technique, un logiciel ➢ Microscope	
	Analyser, observer et raisonner	

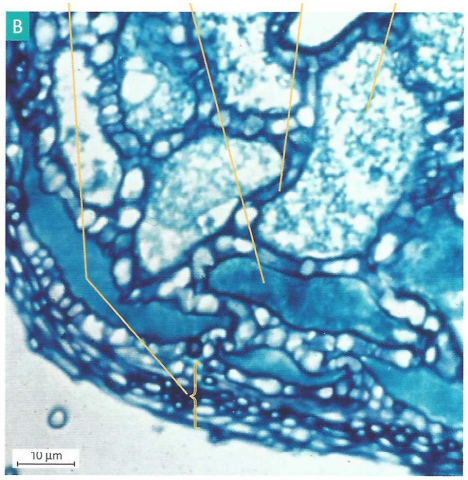
Méthode d'étude des mycorhizes

Observation d'endo- et d'ectomycorhizes sur des lames du commerce.

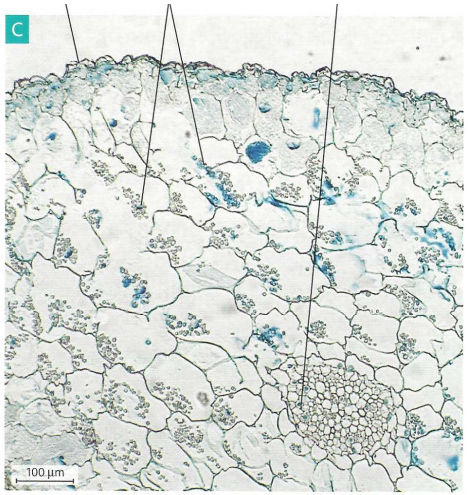
Pistes de réflexion et d'exploitation

- ***Légendez*** *la figure 9.*

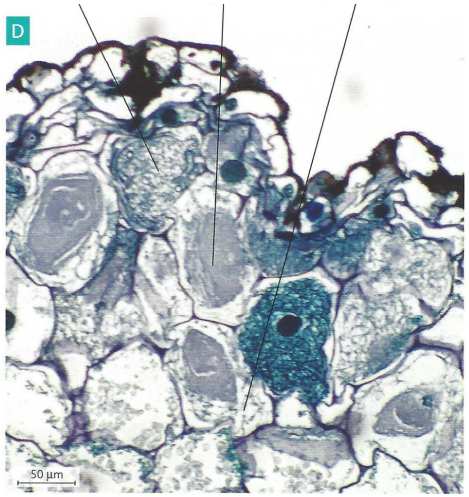
Mycorhize de *Scleroderma sinnamariense* sur Pin.
(Photo : M.-A. Selosse, ISYEB, MNHN)



Coupe transversale d'ectomycorhize colorée au bleu coton (MO × 100).
(Photo : M-A Selosse, ISYEB, MNHN)



Coupe transversale de racine d'Orchidée avec endomycorhizes colorée au bleu coton (MO × 100).



Détail de la coupe transversale de racine d'Orchidée avec endomycorhizes colorée au bleu coton (MO × 400).

FIGURE 9. Mycorhizes. D'après BOUTIN *et al.* (2015).

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 1e édition française).

BERTHET, J. (2006). *Dictionnaire de Biologie.* De Boeck Université, Bruxelles (Belgique).

BOUTIN, V., J.-F. FOGELGESANG, J.-F. BEAUX & F. RIBOLA (2010). *Atlas de Biologie végétale BCPST 1re et 2e années.* Dunod, Paris.

BOUTIN, V., L. GERAY, Y. KRAUSS & C. VILBERT (2015). *Atlas de biologie BCPST 1re et 2e années.* Dunod, Paris.

BREUIL, M. (2007). *Biologie 1re année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

BREUIL, M. (2009). *Biologie 2e année BCPST-véto.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

CAMEFORT, H. (1977). *Morphologie des végétaux vasculaires. Cytologie. Anatomie. Adaptations.* Doin, Paris, 2e édition (1e édition 1962).

CAMEFORT, H. & H. BOUÉ (1980). *Reproduction et biologie des végétaux supérieurs. Brophytes. Ptéridophytes. Spermaphytes.* Doin, Paris.

CAMPBELL, N. A. & J. B. REECE (2004). *Biologie*. De Boeck Université, Bruxelles, 2e édition (1e édition 1995).

[CAMPBELL, N. A.], J. B. REECE, L. A. URY, M. L. CAIN, S. A. WASSERAMN, P. V. MINORSKY, R. B. JACKSON (2012). *Campbell Biologie.* Adaptation française J. FAUCHER & R. LACHAÎNE. Pearson, Paris (4e edition).

CHASSANY, V., M. POTAGE & M. RICOU (2012). *Mini manuel de Biologie végétale.* Dunod, Paris.

CLESSE, B. (2006). *Glossaire botanique illustré*. Entente nationale pour la Protection de la Nature, Bruxelles (B).

DENŒUD, J., T. FERROIR, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2011). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2013). *Biologie-Géologie BCPST-véto 1e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DENŒUD, J., C. GODINOT, O. GUIPPONI, H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON, M.-L. PONS & F. TEJEDOR (2014). *Biologie-Géologie BCPST-véto 2e année.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

DUCREUX, G. (2002). *Introduction à la botanique.* Belin, Paris.

DUHOUX, É. & M. NICOLE (2004). *Biologie végétale. Associations et interactions chez les plantes.* Dunod, Paris.

GALIANA, D., C. LE ROUX & I. MONCHÂTRE (coord. T.-M. BOTREAU) (2015). *Biologie-Écologie Module M72. Bac technologique STAV. La gestion du vivant et des ressources.* Éducagri, Dijon.

GUIGNARD, J.-L. & F. DUPONT (2004). *Botanique. Systématique moléculaire.* Masson, Issy-les-Moulineaux (92), 13e édition (1e édition 1974).

GODINOT, C., H. MOREAU, M. PAULHIAC-PISON & F. TEJEDOR (2010). *Biologie-Géologie 1re année BCPST-véto*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris.

LABERCHE, J.-C. (2004). *Biologie végétale.* Dunod, Paris, 2e édition (1e édition 1999).

LAFON, C. (2003). *La biologie autrement. 100 questions de synthèse.* Ellipses, Paris.

LIZEAUX, C., D. BAUDE (dir.), A. ANDRÉ, C. BRUNET, J.-Y. DUPONT, B. FORESTIER, E. FRANÇOIS, Y. JUSSERAND, G. LÉVÊQUE, P. PILLOT, S. RABOUIN & A. VAREILLE (2012). *Sciences de la Vie et de la Terre Terminale S. Enseignement spécifique.* Bordas, Paris.

MEYER, S., C. REEB & R. BOSDEVEIX (2008). *Botanique. Biologie et physiologie végétales.* Maloine, Paris, 2e édition (1e édition 2004).

MORÈRE, J.-L., R. PUJOL (coord.), J.-C. CALLEN, L. CHESNOY, J.-P. DUPONT, A.-M. GIBERT-TANGAPREGASSOM, G. RICOU, N. TOUZET (dir.) et colloborateurs (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 (2010*a*). *Biologie tout-en-un BCPST 1re année.* Dunod, Paris, 2e édition (2009), réimpression corrigée (2010) (1e édition 2006).

PEYCRU, P. (dir.), J.-C. BAEHR, F. CARIOU, D. GRANDPERRIN, C. PERRIER, J.-F. FOGELGESANG & J.-M. DUPIN (2010*b*). *Biologie tout-en-un BCPST 2e année.* Dunod, Paris, 2e édition (1e 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 1re année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2006).

PEYCRU, P., D. GRANDPERRIN, C. PERRIER (dir.), B. AUGÈRE, J.-F. BEAUX, F. CARIOU, 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 2e année.* Dunod, Paris, 3e édition (1e édition 2007).

RAVEN, P. H., G. B. JOHNSON, J. B. LOSOS, S. S. SINGER (2007*a*). *Biologie*. De Boeck, Bruxelles.

RAVEN, P. H., R. F. EVERT & S. E. EICHHORN (2007*b*). *Biologie végétale*. De Boeck, Bruxelles. Traduction de la 7e édition américaine par J. Bouharmont, révision C. Evrard.

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, 2e édition (1e édition 2010).

ROBERT, D. & J.-C. ROLAND (1998*a*). *Biologie végétale. Caractéristiques et stratégie évolutive des plantes.* ***1****. Organisation cellulaire.* Doin, Paris, 2e édition (1e édition 1989).

ROBERT, D., C. DUMAS & C. BAJON (1998*b*). *Biologie végétale. Caractéristiques et stratégie évolutive des plantes.* ***3****. La reproduction.* Doin, Paris, 2e édition (1e édition 1994).

ROBERT, D. & A.-M. CATESSON (2000). *Biologie végétale. Caractéristiques et stratégie évolutive des plantes.* ***2****. Organisation végétative.* Doin, Paris, 2e édition (1e édition 1990).

ROLAND, J-C., F. ROLAND, H. EL MAAROUF-BOUTEAU & F. BOUTEAU (2008). *Atlas. Biologie végétale.* ***2****. Organisation des plantes à fleurs.* Dunod, Paris, 9e édition (1e édition 1977).

SEGARRA, J. (dir.), É. CHAUVET, C. COLSON-PROCH, M. HUILLE, M. LABROUSSE, F. LOUET, F. METZ & E. PIÈTRE (2014). *Biologie BCPST 1re année.* Ellipses, Paris.

SEGARRA, J., E. PIÈTRE (dir.), G. BAILLY, O. CHASSAING, D. FAVRE, T. JEAN, F. METZ & C. MEUNIER (2015). *Biologie BCPST 2e année.* Ellipses, Paris.

SPERANZA, A. & G. L. CALZONI (2005). *Atlas de la structure des Plantes. Guide de l'anatomie microscopique des* Belin, Paris.

Plan du TP

Objectifs : extraits du programme 1
Introduction 1

I. Deux structures d'échanges gazeux 1
A. Les stomates, des structures épidermiques spécialisées dans les échanges gazeux situées principalement au niveau foliaire 1
B. Les lenticelles, zones du périderme où les cellules du liège se désolidarisent et permettent les échanges gazeux 2

II. Les structures de prélèvement de la solution du sol 3
A. Le rhizoderme, tissu primaire de revêtement racinaire formant une assise pilifère riche en poils absorbants 3
B. Les mycorhizes, symbioses entre plantes et champignons augmentant la surface d'échanges entre le sol et la plante 4

Références 6
Plan du chapitre 6

© 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 décembre 2015 • Dernière actualisation : janvier 2017. Contact : Tanguy.Jean4@gmail.com
Adresse de téléchargement : http://tanguyjean.businesscatalyst.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.