ministère éducation nationale

éduscol

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ressources pour le lycée général et technologique

Ressources pour la classe terminale générale et technologique

Sciences de la vie et de la Terre
Série S
Enseignement spécifique

Thème 1-A Génétique et évolution
Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

Ces documents peuvent être utilisés et modifiés librement dans le cadre des activités d'enseignement scolaire, hors exploitation commerciale.

Toute reproduction totale ou partielle à d'autres fins est soumise à une autorisation préalable du Directeur général de l'enseignement scolaire.

La violation de ces dispositions est passible des sanctions édictées à l'article L.335-2 du Code la propriété intellectuelle.

octobre 2012

Sommaire

Préambule 2
Les sciences de la vie et de la Terre dans le parcours de l'élève en lycée 2
Le principe de liberté pédagogique 2
1. Comparaison des surfaces d'échanges d'une plante et d'un mammifère 4
Comparaison des surfaces d'échanges d'une plante et d'un mammifère 4
Les surfaces d'échanges d'une plante avec l'atmosphère et avec le sol 10
2. Les particularités de l'organisation fonctionnelle des plantes 13
Mise en évidence d'un système conducteur de la sève brute 13
La complémentarité des tissus conducteurs au sein du végétal 16
3. Les structures et mécanismes de défense des plantes 17
Les structures et mécanismes de défense des plantes de la garrigue 17
Les structures et mécanismes de défense de la cardère sauvage 21
Les structures et mécanismes de défense des plantes des dunes et des prés salés 25
Les structures et mécanismes de défense de l'Acacia caffra 27
Les structures et mécanismes de défense des plantes des vieux murs et des falaises 29
La plante possède des mécanismes de défenses contre les prédateurs. 32
La plante possède des mécanismes de défense contre le stress : exemple de l'éthylène 34
La plante possède des mécanismes de défense contre les agressions du milieu 37
4. Étude de la fleur : organisation et adaptation à la pollinisation 38
Organisation et adaptation à la pollinisation 38
La pollinisation du Baobab Adansonia digitata 39
Dissémination des fruits et collaboration animale 40
Pollinisation des fleurs et coévolution 44
Pollinisation des orchidées et coévolution 47
Annexes 50
Annexe 1 : fiche méthode pour l'utilisation du logiciel MESURIM© 50
Annexe 2 : fiche méthode pour l'utilisation du logiciel TOASTER© 51
Annexe 3 : fiche méthode pour la réalisation d'une dissection florale 54
Annexe 4 : fiche méthode pour la réalisation d'un diagramme floral 55

Préambule

Les sciences de la vie et de la Terre dans le parcours de l'élève en lycée

Au lycée, les sciences de la vie et de la Terre sont une voie de motivation et de réussite pour la poursuite de la formation scientifique après le collège et la préparation à l'enseignement supérieur ; elles participent également à l'éducation en matière de santé, sécurité, environnement, de tout élève qui choisira une orientation vers des filières non scientifiques. La discipline vise trois objectifs essentiels :

- **aider à la construction d'une culture scientifique commune** fondée sur des connaissances considérées comme valides tant qu'elles résistent à l'épreuve des faits (naturels ou expérimentaux) et des modes de raisonnement propres aux sciences ;
- **participer à la formation de l'esprit critique et à l'éducation citoyenne** par la prise de conscience du rôle des sciences dans la compréhension du monde et le développement de qualités intellectuelles générales par la pratique de raisonnements scientifiques ;
- **préparer les futures études supérieures** de ceux qui poursuivront sur le chemin des sciences et, au-delà, les métiers auxquels il conduit ; aider par les acquis méthodologiques et techniques ceux qui s'orienteront vers d'autres voies.

Dans la thématique **« La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant »**, il s'agit de montrer – dans le cadre des domaines propres aux sciences de la vie et de la Terre – que la science construit, à partir de méthodes d'argumentation rigoureuses fondées sur l'observation du monde, une explication cohérente de son état, de son fonctionnement et de son histoire. Au-delà de la perspective culturelle, cette ligne de réflexion prépare aux métiers les plus proches des sciences fondamentales (recherche, enseignement).

Le principe de liberté pédagogique

Ces ressources ont pour objectif d'**accompagner la mise en place des programmes** tout en respectant le principe de liberté pédagogique.

En application de la loi n°2005-380 du 23 avril 2005 d'orientation et de programme pour l'avenir de l'École, « la liberté pédagogique de l'enseignant s'exerce dans le respect des programmes et des instructions du ministre chargé de l'Éducation nationale et dans le cadre du projet d'école ou d'établissement avec le conseil et sous le contrôle des membres des corps d'inspection ».

Les programmes sont, en conséquence, la seule référence réglementaire adressée aux professeurs. Les ressources et documents proposés aux enseignants garantissent ce principe, il revient à chaque enseignant de s'approprier les programmes dont il a la charge, d'organiser le travail de ses élèves et de choisir les méthodes qui lui semblent les plus adaptées en fonction des objectifs à atteindre.

Les ressources d'accompagnement proposées par la DGESCO ne sont que des **appuis à la libre disposition des professeurs**.

Extrait du **programme d'enseignement spécifique de sciences de la vie et de la Terre** de la série scientifique en classe terminale (Bulletin officiel spécial n°8 du 13 octobre 2011) :

Thème 1-A-5 Les relations entre organisation et mode de vie, résultat de l'évolution : l'exemple de la vie fixée chez les plantes

L'organisation fonctionnelle des plantes (Angiospermes) est mise en relation avec les exigences d'une vie fixée en relation avec deux milieux, l'air et le sol. Au cours de l'évolution, des processus trophiques, des systèmes de protection et de communication, ainsi que des modalités particulières de reproduction se sont mis en place. L'objectif de ce thème est, sans rentrer dans le détail des mécanismes, de comprendre les particularités d'organisation fonctionnelle de la plante et de les mettre en relation avec le mode de vie fixé.

Bilans : schéma général de la plante, organisation et fonction de la fleur

Connaissances	Capacités, attitudes
Les caractéristiques de la plante sont en rapport avec la vie fixée à l'interface sol/air dans un milieu variable au cours du temps. Elle développe des surfaces d'échanges de grande dimension avec l'atmosphère (échanges de gaz, capture de la lumière) et avec le sol (échange d'eau et d'ions). Des systèmes conducteurs permettent les circulations de matières dans la plante, notamment entre systèmes aérien et souterrain. Elle possède des structures et des mécanismes de défense (contre les agressions du milieu, les prédateurs, les variations saisonnières). *Objectif et mots clés. Il s'agit d'aboutir à une vue globale de la plante, de ses différents organes et de leurs fonctions. Un schéma fonctionnel synthétique permet de présenter les notions à retenir. L'étude d'une coupe anatomique permet de repérer les deux grands types de tissus conducteurs.* *(Collège. Première approche de l'organisation végétale.)* *[Limites. Le raisonnement s'appuie uniquement sur l'observation d'une plante en tant qu'organisme. L'anatomie végétale n'est pas un objectif de formation : on se limite au repérage du phloème et du xylème et à l'indication de leurs rôles – sans mécanisme – dans la conduction des sèves. Les mécanismes immunitaires des végétaux ne sont pas au programme.]* *Pistes. Modélisation fractale de l'augmentation de surface du système foliaire ou racinaire. Étude d'hormones végétales et de leurs actions sur la croissance, le passage de la mauvaise saison.*	Conduire une étude morphologique simple d'une plante commune. Réaliser et observer une coupe anatomique dans une tige ou une racine. Effectuer une estimation (ordre de grandeur) des surfaces d'échanges d'une plante par rapport à sa masse ou son volume. Comparer avec un mammifère par exemple. Représenter schématiquement l'organisation d'une plante type et savoir en décrire un exemple. Recenser, extraire et exploiter des informations concernant des mécanismes protecteurs chez une plante (production de cuticules, de toxines, d'épines, …). Analyser les modalités de résistance d'une plante aux variations saisonnières.
L'organisation florale, contrôlée par des gènes de développement, et le fonctionnement de la fleur permettent le rapprochement des gamètes entre plantes fixées. La pollinisation de nombreuses plantes repose sur une collaboration animal pollinisateur / plante produit d'une coévolution. À l'issue de la fécondation, la fleur se transforme en fruits contenant des graines. La dispersion des graines est nécessaire à la survie et à la dispersion de la descendance. Elle repose souvent sur une collaboration animal disséminateur / plante produit d'une coévolution. *Objectif et mots clés. Fleur, pistil (ovaire, ovule), étamine, pollen. Fruit, graine. Pollinisation par le vent et les animaux.* *[Limites. Seule une vision élémentaire de la reproduction sexuée est ici attendue. Sont explicitement hors programme : la structure du grain de pollen, sa formation, les mécanismes de la double fécondation, les mécanismes de formation de la graine ou du fruit. La coévolution est constatée comme un résultat, mais ses mécanismes ne sont pas demandés. La connaissance exhaustive des gènes du développement floral.]* *Pistes. Études de coévolution. Étude des mécanismes de transformation de la fleur en fruit.*	Réaliser la dissection d'une fleur simple et traduire les observations sous une forme schématique simple (diagramme floral). Mettre en évidence les relations entre une plante et un animal pollinisateur. Mettre en évidence les relations entre une plante et un animal assurant sa dissémination.

1. Comparaison des surfaces d'échanges d'une plante et d'un mammifère

Comparaison des surfaces d'échanges d'une plante et d'un mammifère

Objectif :

Comparer les surfaces d'échanges entre une plante et un animal afin d'identifier les adaptations des végétaux à la vie fixée.

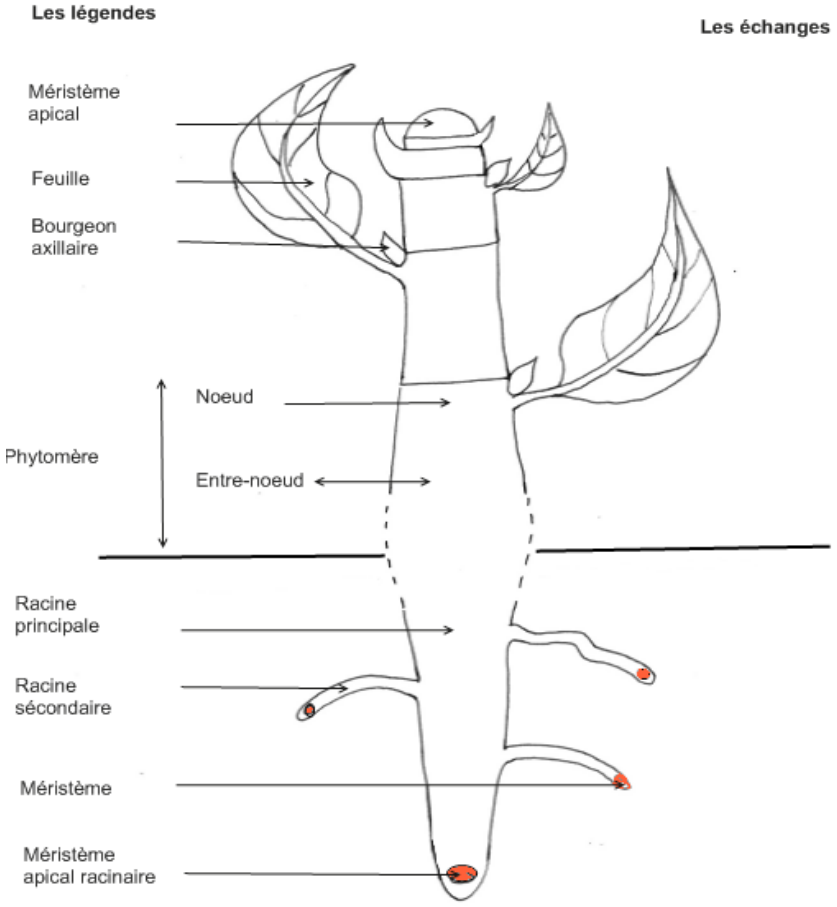
Étude des surfaces d'échanges d'une plante et d'un mammifère

Réalisez un schéma fonctionnel annoté des surfaces d'échanges d'une plante et d'un mammifère à l'aide des schémas suivants.

Rappels appareils digestif et respiratoire : www.biologieenflash.net/sommaire.html (biologie humaine)

Ce qui est attendu :

- formes d'énergie et molécules échangées
- sens des échanges et lieux des échanges

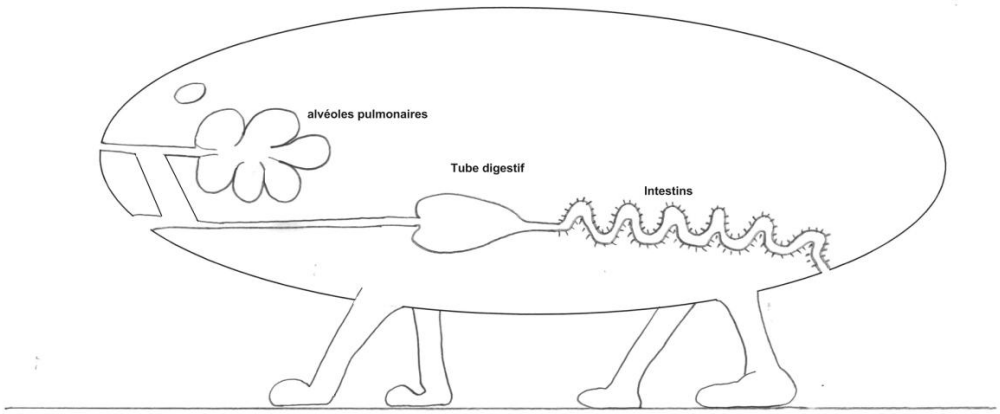


Titre :

Quelques définitions :

L'entre-noeud : zone du phytomère qui s'allonge le plus souvent et ne produit aucun éléments à sa périphérie
le noeud: partie du phytomère qui ne s'allonge pas mais porte, feuilles et bourgeons ou fleurs
Phytomère: ou module; unité d'organisation de la plante
Méristème: groupes de cellules qui se divisent par mitoses à l'origine de la croissance.

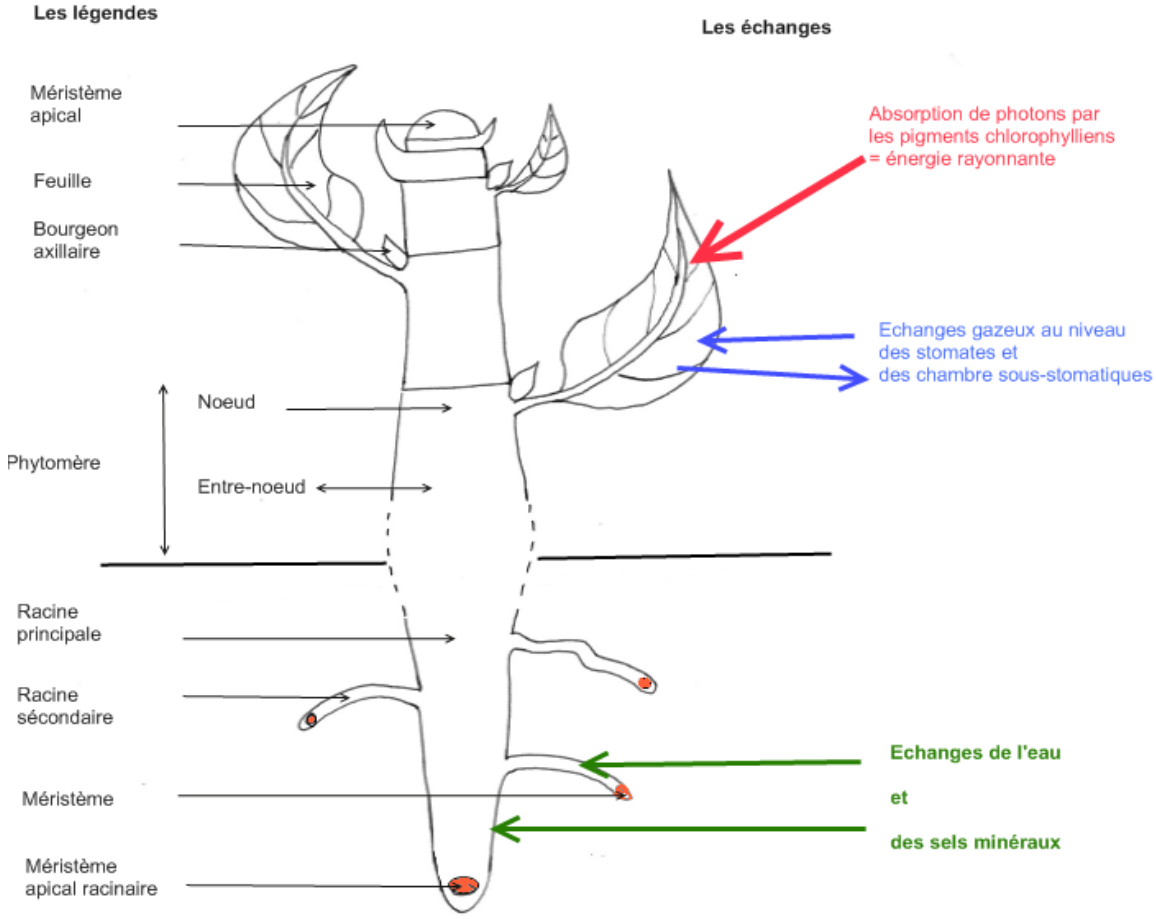
Réalisé à partir du schéma p 65 : De la graine à la plante, *Pour la science* (dossier hors série 2000)



Titre :

Réalisé à partir du schéma p 49 Éloge de la plante F HALLE

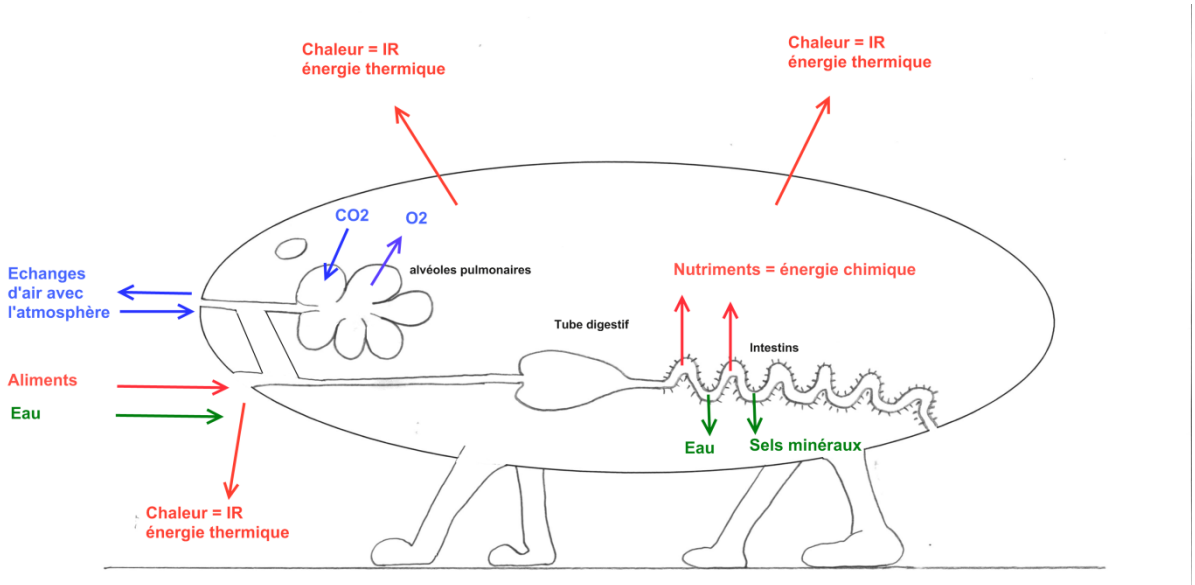
Proposition de corrigé :



Titre : **schéma fonctionnel des surfaces d'échanges d'une plante**

Quelques définitions :

L'entre-noeud : zone du phytomère qui s'allonge le plus souvent et ne produit aucun éléments à sa périphérie
le noeud: partie du phytomère qui ne s'allonge pas mais porte, feuilles et bourgeons ou fleurs
Phytomère: ou module; unité d'organisation de la plante
Méristème: groupes de cellules qui se divisent par mitoses à l'origine de la croissance.



Titre : **Schéma des surfaces d'échanges d'un mammifère**

Comparaison des surfaces d'échanges entre une plante et un mammifère

Activité :

Réalisez un tableau de comparaison à l'aide des documents 1 et 2, en recensant :

- les formes d'énergie et les molécules échangées, la fonction physiologique de ces échanges (respiration, photosynthèse ….) et les sens des échanges ;
- la nature, la position et les caractéristiques de ces surfaces ;
- leur grandeur.

Documents :

- Document 1: estimation des surfaces d'échanges de quelques plantes (quelques exemples mais de préférence utilisez vos valeurs)

Mesures personnelles :

Plantes	Euphorbe Characias	Plantain majeur	Pervenche	Violette
Masse (kg)	0,009	0,008	0,00764	0,006
Surface des parties chlorophylliennes (m^2)	0,0134	0,0193	0,0167	0,0305
Surface des parties chlorophylliennes / Masse (m^2 / kg)	1,49	2,42	2,194	5,08
Estimation de la surface foliaire d'absorption des gaz (m^2)	0,401	0,580	0,503	0,914
Estimation de la surface foliaire d'absorption des gaz / Masse (m^2 / kg)	44,6	72,5	65,827	152
Estimation de la surface d'absorption de l'eau et des sels minéraux (m^2)	1,74	2,51	2,179	3,96
Estimation de la surface d'absorption de l'eau et des sels minéraux / Masse (m^2 / kg)	193	314	285,25	660

• Document 2 : Les surfaces d'échanges chez un homme d'une masse de 70 kg d'une taille de 1,80 m et d'un volume de 0,32 m^3

Surfaces estimées		Surfaces (m^2)	surfaces/masse (m^2 / kg)	Surfaces /volume (m^2 / m^3)
Externe	Peau	1,9	0,027	6
Internes	Muqueuse intestinale	200	2,8	625
	alvéoles pulmonaires	130	1,85	410

www.sfmu.org/calculateurs/SC_Boyd.htm

Bilan : similarités et différences des surfaces d'échanges entre une plante et un mammifère

Déduisez les analogies (ie les similarités anatomiques) des surfaces d'échanges remplissant les mêmes fonctions biologiques et les différences à l'aide du document 3 suivant : (extrait de « l'éloge de la plante » Francis Hallé).

Document 3 : Extrait du livre : Éloge de la plante de F HALLE

La plante, une vaste surface fixe (p 42 à 44)

Chacun sait que l'énergie qu'elle utilise provient directement du Soleil. C'est une énergie véhiculée par des photons, une énergie rayonnante et de haute qualité ; mais son flux est faible seulement 1 kilowatt par mètre carré en moyenne, sur la moitié éclairée de la Terre.

Une conséquence de la faiblesse relative de ce flux est que la plante, comme tout capteur solaire, doit privilégier ses dimensions linéaires et sa surface au détriment de son volume, une autre conséquence est que le capteur, doit fonctionner aussi fréquemment que possible, et de ce fait, il ne s'arrête que la nuit.

Puisque l'énergie rayonnante arrive directement jusqu'au capteur et quelle est pratiquement ubiquiste (présent partout), un déplacement n'en garantirait pas une meilleure appropriation et, en d'autres termes , la fixation du capteur ne présente pas d'inconvénient. Au demeurant, la mobilité active d'une vaste surface soulèverait d'insolubles problèmes de fardage (prise au vent) et la fixation a l'avantage supplémentaire de permettre l'alimentation en eau à partir du sol par les racines; toutefois, là aussi, la ressource étant faible, la surface de captation doit être très importante.

Une plante est donc essentiellement un volume modeste, une vaste surface aérienne et souterraine, portée par une infrastructure linéaire de très grande dimensions.

L'animal, un petit volume mobile …. (p 45 à 46)

Il s'approprie par sa bouche, puis par son tube digestif, l'énergie contenue dans les aliments ou dans ses proies. L'animal n'a pas besoin comme la plante de se nourrir toute la journée puisque l'aliment ou la proie contiennent beaucoup d'énergie ; par contre, il utilise cette énergie chimique qu'avec un rendement franchement mauvais. En général, ni les aliments, ni les proies ne se présentent spontanément à l'entrée de l'appareil digestif ; il faut donc se les procurer, ce qui requiert la mobilité active. Cette dernière, à son tour, implique une surface modeste, puisque le fardage est proportionnel à la surface. Pour minimiser la surface et les dimensions linéaires, il suffit de privilégier le volume ; cela met en outre tout point du corps à une courte distance de la source d'énergie, d'où une forme qui rappelle la sphère. On sait que cette dernière représente un maximum de volume abrité sous un minimum de surface. Ajoutons à cela la double nécessité de se procurer des proies et d'échapper aux prédateurs.

Un animal, c'est donc essentiellement un volume enveloppé dans une surface externe modeste.

Avec des vastes surfaces internes.

La surface digestive est énorme ; la muqueuse intestinale porte des villosités visibles à l'œil nu, elles mêmes recouvertes de microvillosités de 1 à 3 µm de longueur. Ces niveaux d'expansion représentent une énorme surface de contact avec les particules alimentaires. Une homologie indiscutable unit la surface interne et digestive de l'animal à la surface externe et assimilatrice de la plante. Sur le plan de l'appropriation de l'énergie ces deux surfaces s'équivalent. L'animal ? Une plante ahurissante, retournée comme un gant, qui aurait enfoui ses feuilles et ses racines dans son tube digestif . La plante ? Une sorte d'animal fabuleux, retourné dedans-dehors, et qui porterait ses entrailles en guise de pelage.

Question :

Expliquez en quoi les différences sont des adaptations au mode de vie fixé de la plante.

Éléments de correction :

Tableau de comparaison des surfaces d'échanges :

Les échanges		Nature, position (interne ou externe : aérien ou souterrain) et caractéristiques		Grandeur surface/masse en m^2 / kg	
		Végétal	Mammifère	Végétal	Mammifère
Énergie	Rayonnante : photons entrante Photosynthèse	Feuilles chlorophylliennes externes aériennes		1,5 à 5	
Énergie	Chimique entrante Nutrition		Intestin grêle Interne avec villosités et microvillosités qui augmentent la surface d'échange en contact avec des capillaires sanguins		2,8
Énergie	Thermique : IR sortante Maintien de la température		Peau externe aérienne		0,027
CO_2 sortant O_2 entrant Respiration		Stomates nombreux externes aériens + chambre sous stomatique interne en contact avec les cellules	2 Orifices nasaux externes aériens + Alvéoles pulmonaires internes et nombreuses en contact avec des capillaires sanguins	45 à 150	1,85
O_2 sortant CO_2 entrant Photosynthèse		Stomates nombreux externes aériens + chambre sous stomatique interne en contact avec les cellules		45 à 150	
Eau et sels minéraux : entrants Nutrition		Racines ramifiées, poils absorbants et mycorhizes augmentant la surface d'absorption Externes souterraines	Intestin Interne	194 à 660	2,8

Les analogies et les différences

L'entrée d'énergie se fait au niveau de surfaces importantes de l'ordre de 2,5 m^2/ kg , cependant :

- chez la plante, l'énergie utilisée est rayonnante et ubiquiste, elle entre par des surfaces externes sans un besoin de recherche : la surface externe d'un végétal est 100 fois supérieure à la surface externe de l'Homme.
- chez les mammifères, l'énergie utilisée est chimique contenue dans des nutriments qui proviennent de l'alimentation qui doit être recherchée, elle entre par des surfaces internes.

Les échanges gazeux se font entre l'atmosphère et l'être vivant par des orifices ; à l'intérieur de l'organisme il existe des espaces gazeux ou se font les échanges, cependant :

- les stomates (orifices) sont nombreux chez la plante, les échanges se font ensuite directement entre les espaces gazeux et les cellules ; ils permettent :
  - les échanges de la respiration, analogie avec les alvéoles pulmonaires : la surface d'échange est 50 à 80 fois plus importante que chez l'Homme ;
  - mais surtout l'absorption du CO_2 est un élément nutritif de la plante indispensable à la synthèse de matière organique par la photosynthèse, analogie avec l'intestin : la surface d'échange est 20 à 60 fois plus importante que chez l'Homme.
- chez le mammifère il existe seulement deux types d'orifices (les narines et la bouche chez l'Homme), les échanges se font indirectement entre les alvéoles et les cellules : les gaz sont transportés par le sang.

L'entrée de l'eau et des sels minéraux se fait au niveau de grandes surfaces, cependant :

- externes et souterraines chez les végétaux directement au contact de ces ressources : la surface d'échange est 70 à 200 fois plus importante que celle de l'Homme ;
- internes chez les mammifères qui doivent se déplacer pour les rechercher dans leur environnement.

La plante utilisant une énergie ubiquiste n'a pas besoin de se déplacer à sa recherche, elle peut donc être fixée, cependant son flux faible l'oblige à développer un grand nombre de feuilles et une surface d'échange très grande pour absorber le CO_2 nécessaire à la photosynthèse.

Pour se procurer l'eau et les sels minéraux, elle doit développer des surfaces d'échanges qui vont puiser directement ces molécules à la source, c'est à dire dans le sol où ces ressources sont rares, elle développe de longues racines et de grandes surfaces d'échanges.

D'autre part, les racines permettent à la plante de résister à la prise au vent, si elle n'était pas fixée elle ne pourrait pas se maintenir droite.

En utilisant l'énergie solaire, la plante présente des surfaces d'échanges et une forme adaptées à la vie fixée.

Les surfaces d'échanges d'une plante avec l'atmosphère et avec le sol

Objectif :

Effectuer des mesures et des estimations (ordre de grandeur) des surfaces d'échanges d'une plante par rapport à sa masse ou son volume.

Matériel à votre disposition :

- un végétal chlorophyllien : plantules de 5 à 6 semaines de pois ou haricot cultivées sur de la vermiculite ou plantes herbacées avec racines (une par binôme) ou un petit arbuste pour la classe (en pot chez un pépiniériste) ;
- une balance (pour la masse) ;
- une éprouvette graduée (pour le volume) ;
- un scanner.

Logiciels conseillés :

- MESURIM ou TOASTER ;
- logiciel de traitement d'image ;
- un tableur.

Mesure des surfaces d'échanges d'une plante avec le logiciel MESURIM

- Préparez la plante (par les élèves ou le professeur avant le TP selon le temps et les objectifs) :
  - pesez la plante ;
  - évaluez son volume à l'aide d'une éprouvette graduée.
- Mesurez la surface des parties chlorophylliennes et/ou des racines de la plante à l'aide de la fiche méthode et des logiciels MESURIM et traitement d'image (cf annexe 1)
- Notez vos valeurs dans le fichier d'un tableur (cf Tableau 1)

Indiquez si les surfaces mesurées correspondent aux surfaces d'échanges réelles à l'aide de l'extrait du livre de F HALLE ci-après, des sites indiqués et/ou des observations microscopiques : coupes de racines avec poils absorbants, coupes transversales de feuilles.

Mesure des surfaces d'échanges d'une plante avec le logiciel TOASTER

Préparation de la plante

- Les feuilles :
  - prélevez les feuilles d'un rameau en respectant un ordre : de la base vers le sommet (ou l'inverse) ;
  - pesez chaque feuille, noter les valeurs puis les coller sur une feuille blanche dans l'ordre du prélèvement de la droite vers la gauche, avec la même orientation, la face supérieure orientée vers la vitre de numérisation. Attention : Les feuilles d'une même ligne sont disposées sur la vitre de façon à ce que leurs centres soient (à peu près) alignés suivant une horizontale ; si possible, bien séparer les lignes ;
  - aide et photographies dans « Comment disposer les feuilles sur le scanner ? » partie téléchargement du site : http://umramap.cirad.fr/amap2/logiciels_amap/index.php?page=eduction)
  - Scannez la feuille et placer le fichier image (tiff, gif, jpeg…..) dans le dossier « input images »
- Les racines, les tiges ou tronc, pesez :
  - les racines après les avoir lavées et séchées
  - les tiges et le tronc

Mesure des surfaces d'échanges de la plante

- Mesurez la surface des feuilles à l'aide de la fiche technique du logiciel TOASTER (Annexe 2)
- Ouvrez, à l'aide d'un tableur, les fichiers des résultats numériques dans le dossier « output résults » (Attention le logiciel mesure l'ombre de la feuille en ligne 1 donc il faut la supprimer), ajoutez les colonnes : masse des feuilles et masses des racines et des tiges.
- Calculer
  - la surface des feuilles ;
  - la masse de la plante (kg) ;
  - la surface des feuilles en fonction de la masse de la plante (m^2 / kg).

Indiquez si la surface mesurée des feuilles correspond aux surfaces d'échanges réelles à l'aide de l'extrait du livre de F HALLE ci-dessous, des sites indiqués et/ou des observations microscopiques: coupes de racines avec poils absorbants, coupes transversales de feuilles (normalement déjà observées)

Sitographie :

- www.snv.jussieu.fr/bmedia/gaz/feuille.htm
- www.snv.jussieu.fr/bmedia/racine/07-poils.htm
- www.arboris.be/FR_ARBORIS.BE/FR_mycor.htm

Document : Extrait du livre : Éloge de la plante de F HALLE

La plante, une vaste surface fixe (p 42 à 44)

Une plante est donc essentiellement un volume modeste, une vaste surface aérienne et souterraine, portée par une infrastructure linéaire de très grande dimension.

Mesurer la surface d'un végétal n'est pas chose facile. Dans le cas d'un arbre, il faut évaluer le nombre de rameaux, et celui des feuilles, mesurer la surface de la feuille recto-verso, et celle d'un rameau, cumuler ces différentes surfaces partielles avec celles du tronc. On comprend que ce travail n'ait été fait que sur des arbres jeunes et de hauteur modeste.

Les données sont rares :

- 340 m^2 pour un jeune châtaignier de 8 m de haut ;
- 400 m^2 pour un petit palmier à huile de 3 m ;
- 530 m^2 pour un épicéa de 12 m.

Il manque une loi allométrique qui permettrait de passer des mesures sur un jeune arbre à une approximation pour les plus grands Quelle peut-être la surface aérienne d'un arbre de 40 m de haut ? Une estimation de 10 000 m^2 (1 ha) n'est certainement pas exagérée ; peut-être est-elle largement sous estimée ; il faut reconnaître que nous ignorons presque tout de la surface aérienne des plantes, d'autant que la surface externe ne représente qu'un aspect de la question. Il a été suggéré de considérer aussi la surface interne permettant les échanges gazeux dans les poches sous-stomatiques, qui serait 30 fois supérieure à la précédente : pour un jeune oranger portant 2 000 feuilles, la surface externe est de 200 m^2 et la surface interne s'élèverait à 6 000 m^2.

En ce qui concerne les surfaces racinaires, les investigations sont encore plus difficiles et les données encore plus rares. La surface d'un simple plan de seigle s'élèverait à un total de 639 m^2 ; sa surface souterraine serait 30 fois plus grande que la surface aérienne, et ses racines mises bout à bout représenteraient 622 km , avec un accroissement quotidien de 5 km. Pour les poils absorbants, les chiffres deviennent énormes 10 620 km de longueur cumulée avec un accroissement de 90 km par jour. On ignore si les deux facteurs indiqués ici ont une valeur générale. En admettant que ce soit le cas et en estimant à 1ha la surface aérienne externe d'un grand arbre, la surface interne est de 30 ha, la surface racinaire de 130 ha et le total des surfaces d'échanges avec le milieu se monte à 160 ha !

Estimation des surfaces d'échanges

Calculez et notez vos valeurs dans votre tableau (sous la forme suivante)

- surfaces estimées d'échanges aériennes et souterraines : énergie lumineuse, gaz, eau et sels minéraux ;
- les surfaces (m^2) par rapport à la masse (kg) du végétal ou/et à son volume (m^3).

Tableau 1 : Mesures et estimations des surfaces d'échanges de quelques végétaux :

Plantes étudiées			
Masse (kg)			
Surface des parties chlorophylliennes (m^2)			
Surface des parties chlorophylliennes / Masse (m^2 / kg)			
Estimation de la surface d'absorption des gaz foliaire (m^2)			
Estimation de la surface d'absorption des gaz foliaire / Masse (m^2 / kg)			
Estimation de la surface d'absorption de l'eau et des sels minéraux (m^2)			
Estimation de la surface d'absorption de l'eau et des sels minéraux / Masse (m^2 / kg)			

L'énergie lumineuse est absorbée par les pigments chlorophylliens donc la surface d'absorption de l'énergie lumineuse correspond à la surface des parties chlorophylliennes mesurée x 2.

Les gaz sont échangés entre les cellules chlorophylliennes et les chambres sous-stomatiques donc la surface estimée est celle des feuilles x 2 puis x 30 selon F HALLE.

L'eau et les sels minéraux sont échangés au niveau des racines mais on observe sur les racines des poils absorbants ou des mycorhizes (symbiose entre un champignon et des racines) qui augmentent considérablement cette surface d'échange donc la surface d'échange est estimée selon HALLE à la surface aérienne x 130.

Exemples de mesures pour quatre plantes :

Plantes	Euphorbe Characias (MESURIM)	Plantain majeur (MESURIM)	Violette (MESURIM)	Pervenche (TOASTER)
Masse (kg)	0,009	0,008	0,006	0,00764
Surface des parties chlorophylliennes (m^2)	0,0134	0,0193	0,0305	0,0167
Surface des parties chlorophylliennes / Masse (m^2 / kg)	1,49	2.42	5,08	2,194
Estimation de la surface foliaire d'absorption des gaz (m^2)	0,401	0,580	0,914	0,503
Estimation de la surface foliaire d'absorption des gaz / Masse (m^2 / kg)	44,6	72,5	152	65,827
Estimation de la surface d'absorption de l'eau et des sels minéraux (m^2)	1,74	2,51	3,96	2,179
Estimation de la surface d'absorption de l'eau et des sels minéraux / Masse (m^2 / kg)	193	314	660	285,25

2. Les particularités de l'organisation fonctionnelle des plantes : les systèmes conducteurs de sève

Objectifs :

- Observer la présence de vaisseaux conducteurs de la sève brute de la racine à la feuille
- Comprendre et observer l'existence de vaisseaux conducteurs de la sève élaborée
- Comprendre et observer la répartition des vaisseaux au sein de la plante
- Réaliser avec soin et observer une lame microscopique

Rappels :

Les matières minérales (eau et sels minéraux) essentielles au fonctionnement de la plante autotrophe sont puisées dans le sol. Il s'agit de la sève brute qui doit être distribuée à l'ensemble de la plante. L'existence de tissus conduisant cette sève brute est donc nécessaire.

Mise en évidence d'un système conducteur de la sève brute

Atelier 1 : Repérage des vaisseaux conducteurs de sève brute dans la tige

Matériel :

- Tige d'impatient ou de céleri branche placées depuis plusieurs jours dans de l'eau colorée au bleu de méthylène.
- Scalpel, pince fine.
- Lame, lamelles.

Manipulation :

1. Couper transversalement un fragment de tige de longueur 1 cm. Le placer sur une lame.
2. À l'aide d'un scalpel incisé ce fragment dans sa longueur et l'ouvrir.
3. À l'aide d'une pince fine isoler dans sa longueur une des structures contenant l'eau colorée.
4. Placer cette structure entre lame et lamelle dans une goutte d'eau.
5. Observer au microscope et repérer les vaisseaux.
6. Réalisez au choix un des protocoles proposés dans l'atelier 2 ou 3.

Atelier 2 : Observation de coupe longitudinale de racine et repérage des vaisseaux

Matériel :

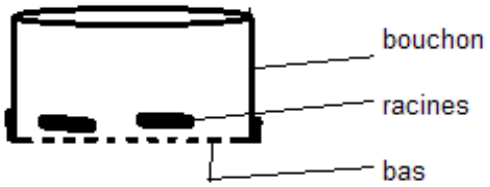
- Racines de plante herbacées ou de semences germées depuis une à deux semaines
- Pince fine, scalpel ou lame de rasoir
- Lames, lamelles, 6 verres de montre
- Eau de javel, acide acétique 10%, carmin-vert d'iode.

Manipulation :

1. Prélever la zone médiane d'une racine et la placer sur une lame.
2. Réaliser une coupe longitudinale de la racine (fendre dans le sens de la longueur) en passant par le centre à l'aide d'une lame de rasoir.
3. Déposer les coupes de racines dans un verre de montre et recouvrir d'eau de javel. Laisser agir 5 min.
4. Retirer les racines avec la pince fine et les rincer dans un 2ème verre de montre contenant de l'eau.
5. Placer les racines dans un 3ème verre de montre contenant de l'acide acétique (1 à 2 min).
6. Rincer à nouveau
7. Placer les racines 30 sec dans un verre de montre contenant du carmin-vert d'iode, puis rincer.
8. Placer la (ou les) section(s) de racine entre lame et lamelle dans une goutte d'eau. Écraser légèrement la préparation.
9. Observer au microscope et repérer les vaisseaux.

Astuce pour préserver la qualité des coupes : de petites « passoires » peuvent être confectionnées avec des bouchons de bouteille plastique. Découper la partie supérieure du bouchon et fixer à la place un morceau de bas qui servira de tamis.

Les coupes sont placées dans cette « passoire » qui sera déposée successivement dans les différents verres de montre.



Remarque :

La coloration carmin-vert d'iode n'est pas une coloration spécifique de la lignine et de la cellulose : ces colorants ont seulement une affinité plus prononcée vis à vis de ces composés chimiques. Ainsi, en présence du seul carmin aluné tout est coloré en rouge, et réciproquement tout est coloré en vert par le vert d'iode : c'est l'association des deux colorants qui aboutit à une coloration différentielle des tissus (le xylème est coloré en vert).

Atelier 3 : Observation de coupe longitudinale de feuille et repérage des vaisseaux .

Matériel :

- Feuille de poireau
- Eau de javel à 2% dans l'eau distillée
- Acide acétique à 1% dans l'eau distillée (Eau acétique)
- Carmin vert d'iode, comme colorant : (ou carmino vert de mirande).
- glycérine
- verres de montre pour la double coloration
- pinces fines
- lames et lamelles

Manipulation :

1. Couper des morceaux de 4 à 5 cm dans une feuille de poireau bien verte.
2. Mettre ces morceaux à bouillir dans de l'eau pendant 10 minutes.
La cuisson permet de séparer facilement les tissus de la feuille.
3. À l'aide d'une pince fine dégager, en tirant, les tissus situés dans les nervures. (Photo 1)
4. Placer 2 à 3 échantillons dans de l'eau de javel pendant 20 minutes. (Photo 2)
5. Rincer dans de l'eau pendant quelques secondes
6. Placer l'échantillon dans de l'eau acétique pendant 3 à 4 minutes
7. Placer l'échantillon dans le colorant carmin vert d'iode pendant 3 minutes
8. Bien rincer l'échantillon dans de l'eau
9. Placer l'échantillon bien rincé dans une goutte d'eau ou de glycérine. (Photo3).
Couvrir l'échantillon d'une lamelle
10. Observer au microscope et repérer les vaisseaux.

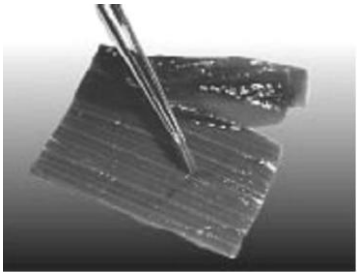


Photo 1

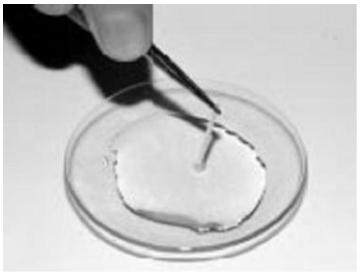


Photo 2

Photo 3

www.univ-nkc.mr/IMG/pdf_TP_Botanique.pdf

Remarque :

La coloration carmin-vert d'iode n'est pas une coloration spécifique de la lignine et de la cellulose : ces colorants ont seulement une affinité plus prononcée vis à vis de ces composés chimiques. Ainsi, en présence du seul carmin aluné tout est coloré en rouge, et réciproquement tout est coloré en vert par le vert d'iode : c'est l'association des deux colorants qui aboutit à une coloration différentielle des tissus (le xylème est coloré en vert).

Bilan des observations :

Organisation du système conducteur de sève brute à l'échelle de la plante, par exemple sous forme d'un schéma fonctionnel.

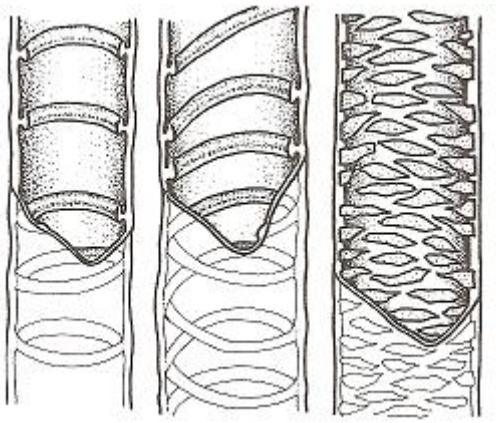
Document 1 :

Le tissu conducteur responsable du transport de la sève brute est appelé XYLEME. Le xylème est constitué de cellules mortes très allongées présentant des parois cellulosiques épaissies par des dépôts de lignine.

Les dépôts de lignine permettent également au xylème d'assurer un rôle de soutien. Ces épaississements de lignine peuvent prendre des formes différentes.(voir ci-dessous).

Les parois enrichies en lignine sont colorées en vert par le colorant vert d'iode.

Différents types d'épaississements visibles sur les parois des vaisseaux du xylème



Annelé Spiralé Ponctué

Biologie végétale/Jean Claude Laberche

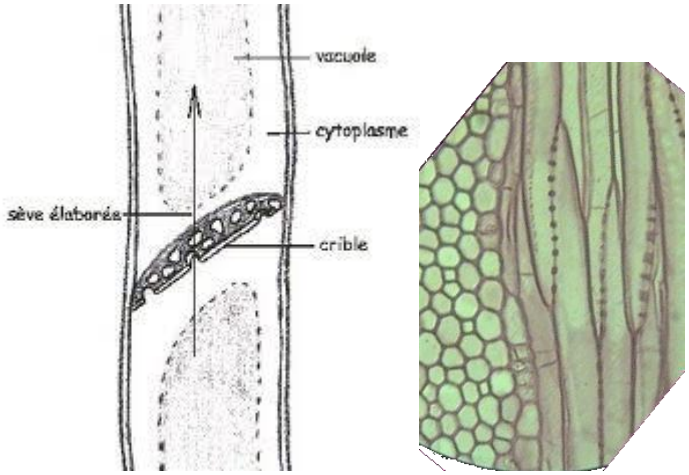
La complémentarité des tissus conducteurs au sein du végétal

Démarche :

- Mise en évidence d'un deuxième système de vaisseaux : observer les coupes transversales de racines, tiges, feuilles proposées.
- À l'aide des informations des documents 2 et 3 repérer sur la coupe les principaux tissus.
- Formulation d'hypothèses sur le rôle des nouveaux vaisseaux observés.

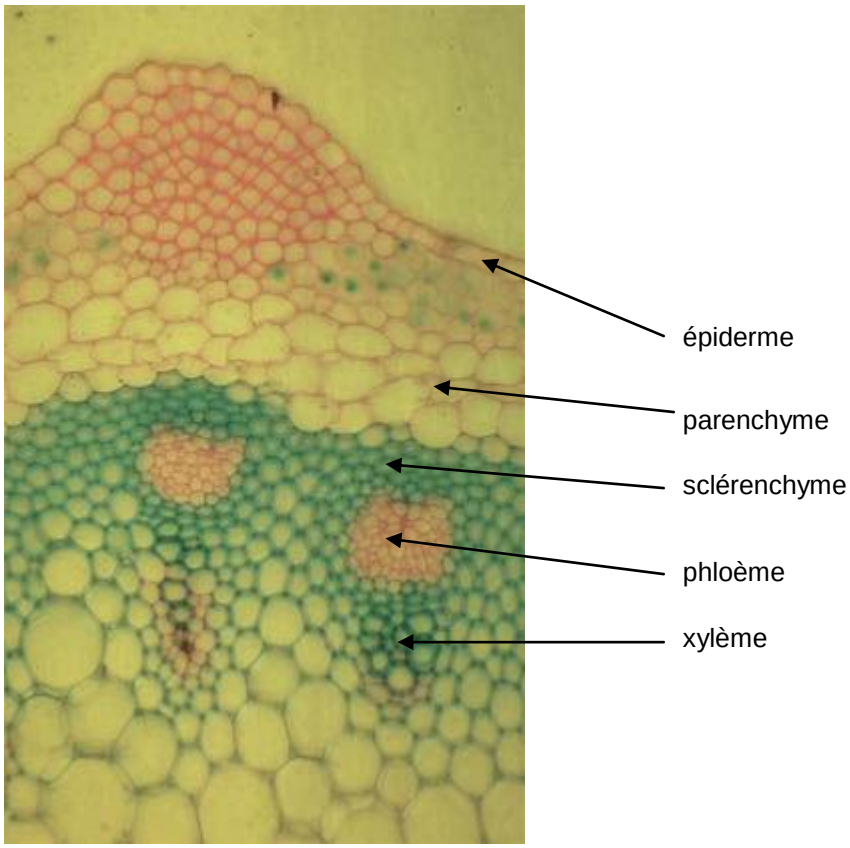
Document 2

Les parois cellulosiques de ces tubes criblés sont colorées en rose par le colorant carmin vert d'iode.



www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/program/fichacti/fich1s/Clematite/pages/phl.htm

Document 3 : coupe transversale d'une tige de dicotylédone



www.snv.jussieu.fr/bmedia/anatomie/index.html

3. Les structures et mécanismes de défense des plantes

Les structures et mécanismes de défense des plantes de la garrigue

Objectif :

Montrer que les plantes possèdent des mécanismes de défense contre les agressions du milieu (facteurs physico-chimiques et prédateurs).

La garrigue se caractérise par un ensemble de plantes qui ont leur optimum de développement pour les conditions écologiques suivantes :

- un climat méditerranéen caractérisé par une aridité estivale accompagnée d'une forte luminosité et d'une douceur hivernale ;
- une roche calcaire sur laquelle se développe un sol pauvre et peu épais ;
- des dégradations par le feu et par le pâturage des moutons.

Ces plantes doivent limiter leurs pertes d'eau et posséder des mécanismes particuliers pour résister aux dégradations.

Les stratégies pour limiter l'évapotranspiration

Objectif :

- Réalisez une étude morphologique et anatomique des feuilles de plusieurs plantes de la garrigue et d'autres qui n'en sont pas.
  - Observation de :
    - la présence des feuilles au cours de l'année (feuilles persistantes ou non) ;
    - l'épaisseur de la cuticule en réalisant une coupe transversale et en la comparant avec la coupe transversale de houx par exemple (à cuticule épaisse) ;
    - la présence ou non de poils (pubescence) à la surface des feuilles avec la loupe binoculaire ;
    - la localisation des stomates en prélevant l'épiderme (le degré d'ouverture sera difficilement observable).
  - Perception de l'émission ou non d'essences en froissant les feuilles.
- Rédigez une production par binôme avec des photographies, dessins ou croquis des caractéristiques des plantes de la garrigue et quelques phrases pour expliquer comment ces caractéristiques anatomiques permettent de limiter l'évapotranspiration.

Question :

Expliquez les stratégies de défense de la plante étudiée pour résister à l'aridité.
Présentation du travail de chaque binôme à la classe pour un bilan collectif.

Plusieurs stratégies pour limiter l'évapotranspiration :

- Réduire la taille des feuilles et donc le nombre de stomates jusqu'à leur disparition pour certaines espèces
- Fermer ses stomates pendant les grosses chaleurs, cependant cela réduit la photosynthèse
- Garder ses feuilles pendant l'hiver doux pour réaliser la photosynthèse
- Se couvrir de poils pour retenir l'humidité rejetée au niveau des stomates
- Posséder une cuticule imperméable sur les feuilles voire cireuse pour réfléchir la lumière
- Libérer des essences volatiles qui en s'évaporant diminuent la température des feuilles et donc l'évapotranspiration
- Passer l'été dans le sol sous la forme de bulbes, tubercules ou rhizomes et réapparaître au printemps suivant

Matériel :

- Échantillons de Chêne vert, de pin d'Alep, de romarin de thym ou de lavande, de ciste (cotonneux ou de Montpellier) et des plantes qui ne sont pas de la garrigue
- Microscope + caméra + micromètre
- Loupe binoculaire

- Outils de dissection (pinces fine, ciseaux, scalpel et/ou lames de rasoir) + moelle de sureau
- Verres de montre, lames et lamelles.
- Lames de coupes de feuilles (Houx, Pin ……)
- Logiciels : MESURIM ou TOASTER (cf annexes 1 et 2)
- Scanner

Références :

- http://expertises.euziere.info/wakka.php?wiki=LesPlantes
- www.snv.jussieu.fr/bmedia/anatomie/feuille/houx/pshoux.html
- www.uel.education.fr/consultation/reference/biologie/module1/observer/chapitre1/gymno_morpho/gymno_morpho1det.htm
- www.ambhhc.org/garrigue.html
- Livre : Stratégies végétales : Les écologistes de l'Euzière

Les stratégies pour résister aux dégradations

Objectif :

Recherchez à l'aide des documents suivants et des échantillons à votre disposition comment certaines plantes de la garrigue peuvent résister au feu et au pâturage des moutons

Références :

- http://expertises.euziere.info/wakka.php?wiki=LesPlantes
- www.inra.fr/la_science_et_vous/apprendre_experimenter/questions_d_actu/la_maitrise_du_feu
- GARRONE B., MARTINP. et SCHATZ B. *Stratégies végétales, petits arrangements et grandes manœuvres*, Les Écologistes de l'Euzière Editions, 2011.

Question :

Expliquez les mécanismes de défense des plantes étudiées pour résister au feu et au pâturage.

Documents :

- Le Chêne vert (Quercus ilex). Il est d'allure toujours tourmentée, rarement à tronc unique, d'une souche partent 4 à 8 troncs ou rejets.

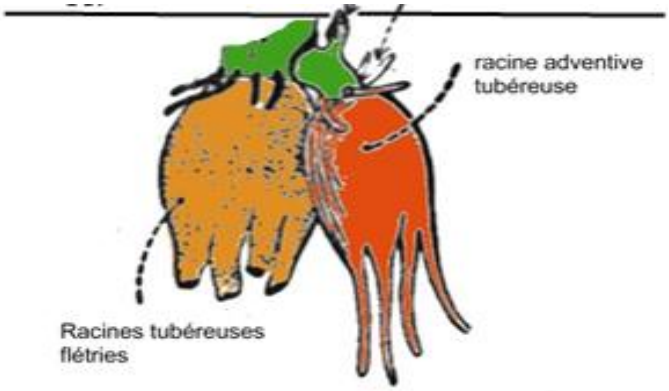
• Le Pin d'Alep (Pinus halepensis). Le pin brûle rapidement, ses cônes trop lourds tombent à terre protégés par les écailles moins déshydratées que les feuilles. La chaleur fait ouvrir les écailles et les graines sont libérées, elles peuvent germer sur un sol.

• Les Cistes. Exemple : Le ciste cotonneux (Cistus albidus). La germination des nombreuses graines des cistes est favorisée par les fortes chaleurs ponctuelles comme le passage d'un incendie, elles germeront alors rapidement dès la première forte pluie.

• Le Romarin (Rosmarinus officinalis). Le Romarin est une plante aromatique, ses essences odorantes permettent d'éloigner les insectes piqueurs et suceurs, mais aussi à signaler aux herbivores que la plante n'est pas comestible.

• L'Euphorbe Characias (Euphorbia characias). Les tiges contiennent un latex abondant, qui s'écoule lorsqu'on les cassent. Ce latex est toxique.

• Les orchidées. Exemple : l'ophrys abeille (Ophrys apifera). Elles apparaissent au printemps, dès les premières canicules elles disparaissent. Cependant ce sont des plantes vivaces.



• Le Genêt scorpion (Genista scorpius). Ses rameaux courts, qui se terminent en aiguillons très agressifs perdent leurs feuilles toutes petites au début du printemps. Sa tige verte équipée de tissus assimilateurs, suffit dans ces espaces inondés de soleil, à synthétiser les substances nécessaires à la croissance de la plante.

• L'Arrucat (Crépis vesicularia). L'Arrucat s'applique au sol de façon dynamique en raison des différences de turgescence entre les cellules de la face supérieure (plus turgescentes) et celle de la face inférieure (moins turgescentes) des nervures des feuilles.

Les structures et mécanismes de défense de la cardère sauvage

Objectif :

Montrer que les plantes possèdent des mécanismes de défense contre les agressions du milieu (les variations saisonnières, les prédateurs et les plantes concurrentes).

La Cardère sauvage (Dipsacus fullonum) est une espèce de plante de la famille des Dipsacaceae. Les feuilles opposées par paires le long de la tige sont soudées par leur base deux à deux et forment une cuvette dans laquelle l'eau de pluie peut s'accumuler, d'où le nom vernaculaire de « cabaret des oiseaux ».

C'est une plante bisannuelle vivant le long des routes et des fossés :

- 1ère année : de la germination de la graine au mois d'avril à la rosette de feuilles ;
- 2ème année : de la croissance de la tige feuillée en avril à la floraison puis à la sénescence.

Question :

À l'aide des informations suivantes, expliquez les stratégies de la cardère sauvage pour :

- résister au froid hivernal ;
- limiter la concurrence avec les autres espèces végétales ;
- se défendre face aux prédateurs ;
- afin de se développer et d'envahir les bords des routes et des fossés.

Rappels :

Les plantes, pour se développer, ont besoin de lumière, d'eau et de sels minéraux puisés dans le sol, elles sont en concurrence avec les autres espèces du milieu. Elles sont une source de nourriture pour les herbivores.

De la germination à la sénescence de la Cardère au cours de deux années

1ère année

- Avril à Septembre

Les graines, dans le sol, germent sous la plante fanée, elles forment des rosettes de feuilles de grand diamètre qui empêchent les autres plantes de se développer

La Cardère entrepose des réserves dans une solide carotte enfoncée dans le sol jusqu'à soixante dix ou soixante quinze centimètres de profondeur.

- Printemps été

Les vaches se gardent bien de mordre les feuilles horriblement épineuses des chardons. En revanche, elles n'oublient jamais de s'attaquer à celles de la Cardère sitôt leur sortie de terre.

Cependant, si la Cardère utilise ses réserves pour remplacer des feuilles mangées, elle n'aura plus assez de réserves pour produire ses fleurs l'année suivante.

- Hiver

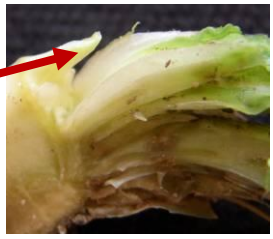
La Cardère passe l'hiver sous la forme de rosettes de feuilles pouvant atteindre 30 cm de diamètre.

2ème année

- Mars Avril

Les conditions plus clémentes, permettent un accroissement de la rosette de feuilles jusqu'à 70 cm de diamètre.

Une grande tige feuillée (2,40 m) se développe à partir d'un bourgeon situé entre les feuilles.



- Mai Juin

La rosette disparaît, elle laisse sous la plante une large zone défrichée.

Cette grande plante forme une ombre importante au printemps, interdisant la germination d'autres plantes.

Les feuilles soudées deux par deux autour de la tige, forment de larges et profondes vasques se remplissant à chaque averse et capables d'emmagasiner au total plus d'un litre d'eau.

Ce sont d'excellents barrages anti-limaces et fourmis et autres insectes varappeurs qui montent à l'assaut de la tige. De ce fait, les feuilles sont moins broutées par les herbivores et autres perceurs de trous que celles des plantes voisines.

Les paysans imaginaient que ces réserves d'eau étaient des abreuvoirs pour les oiseaux : d'où le nom de « cabaret des oiseaux ».

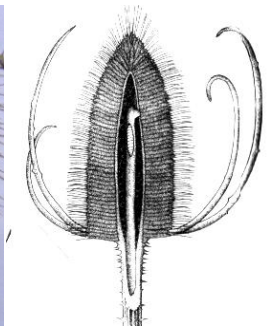
- Juillet Août et Septembre

C'est l'époque de la floraison, apparaissent les capitules de fleurs violettes visitées par les insectes.

Après la pollinisation, se forment des graines ne possédant ni crochet, ni mini-parachute, ni de propulseur.

Elles sont généralement mangées par les oiseaux mais quelques unes sont épargnées et tombent au pied des plantes.

Ensuite, la plante sèche en quelques semaines.



Dans le capitule de la cardère, on trouve une larve de papillon de quelques cm de long. Sa mère l'a abandonné l'été dernier dans une fleur lorsqu'elle est venue se nourrir de nectar.

Du mois de juillet au mois de juin de l'année suivante, cette chenille reste prisonnière, elle se nourrit en rongeant les murs de sa cellule.

Fin juin début juillet, elle se métamorphose en un papillon de nuit qui ira à son tour pondre des œufs dans les capitules fleuris du voisinage

- Hiver

Alors que la majorité des plantes poussent au printemps, l'Herbe de sainte barbe ou Barbarée (plante bisannuelle vivace de la famille des Brassicaceae) germe et pousse dans les trouées défrichées sous les cardères sèches dès le mois de septembre et passe l'hiver sous la forme de rosette.

Les graines de Cardère de la future génération ne germeront sous la plante qu'au mois d'avril, si la place est libre.

Éléments de correction

- Quelles sont les stratégies pour résister au froid hivernal ?

La cardère est une plante bisannuelle.

Le premier hiver, c'est une grande rosette de feuilles en surface et en profondeur une racine contenant des réserves.

Les grandes feuilles de la rosette permettent durant le printemps et l'été de la 1ère année, la synthèse de molécules organiques par photosynthèse à l'origine des réserves accumulées dans la racine.

Le bourgeon avec ses méristèmes au centre de la rosette est protégé par les feuilles, il pourra reprendre sa croissance très rapidement (plante de 2,40 m de hauteur) au printemps de la deuxième année grâce aux réserves de la racine.

- Quelles sont les stratégies pour limiter la concurrence avec les autres espèces végétales ?

Les graines en tombant sur un sol dénudé sous la plante fanée peuvent germer sans difficulté au printemps prochain et former une rosette.

Il y a pas de concurrence pour les ressources du milieu : la lumière est maximale la plante mère est fanée (pas de feuilles pour faire de l'ombre), le sol étant défriché il y a pas de concurrentes non plus pour l'eau et les sels minéraux.

- Comment conserver ses conditions pour la future génération ?

La grande rosette empêche des plantes d'autres espèces de se développer au printemps.

À l'ombre de la grande plante feuillée, les autres plantes des bords des chemins ayant besoin de lumière ne peuvent pas pousser. Cette plante prépare le terrain pour ses graines qui ne possèdent pas de structures particulières pour être disséminées dans l'environnement.

- La Barbarée une concurrente de la cardère

Une plante cependant peut profiter de ce terrain défriché, la Barbarée. Ces graines germent à l'automne lorsque les graines de la Cardère sont encore dans le sol. Au printemps, leur avance de croissance empêchera la germination et le développement des rosettes de Cardère. Toutes les espèces concurrentes ne sont donc pas écartées, cependant les espèces dont les graines germent en automne sont plus rares.

- Quelles sont les stratégies pour résister aux prédateurs ?
  - Un prédateur de la cardère

Les vaches consomment les feuilles des rosettes plus tendres et avec moins de piquants que celles des chardons. La Cardère peut former de nouvelles feuilles comme les plantes vivaces à partir des réserves emmagasinées dans sa racine, mais elle ne possèdera alors plus assez de réserves pour le développement rapide de la grande plante feuillée qui produira les graines, indispensables pour sa pérennité.

C'est pour cette raison que l'on observe ces plantes au bords des chemins et des fossés à l'abri de leurs prédateurs, et pas dans les prairies pâturées.

  - D'autres prédateurs

Les feuilles opposées de la plante feuillée forment des vasques d'eau dans lesquelles les insectes et les escargots se noient donc ces invertébrés ne peuvent pas escalader la plante pour consommer les parties plus tendres. D'autre part, elle possède aussi des piquants qui peuvent dissuader d'autres prédateurs herbivores.

Les oiseaux mangent leurs graines, mais elle en produit de grandes quantités donc il en reste toujours quelques unes qui tombent sur le sol pour germer l'année suivante.

Il existe bien un prédateur ; une chenille provenant d'un œuf laissé par un papillon. Cette chenille reste six mois dans le capitule en le dévorant de l'intérieur. Cependant le gîte de ce prédateur est un capitule fané, donc cette chenille ne nuit pas à la plante.

Grâce à ses différentes stratégies pour résister la cardère sauvage peut envahir les bords des chemins et les fossés mais il reste la faucheuse des hommes qui limite sa propagation.

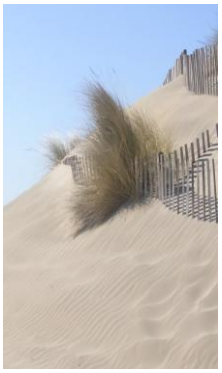
Les structures et mécanismes de défense des plantes des dunes et des prés salés

Objectif :

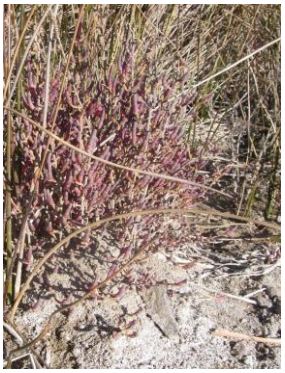
Montrer que les plantes possèdent des mécanismes de défense contre les agressions du milieu.

Les conditions écologiques du littoral

Document :



Oyat



Salicorne vivace

Sur les dunes :

- Les plantes supportent la mobilité du sable qui les cingle, les déchausse ou les ensable tour à tour, au gré des humeurs du vent. Quand il vient de la mer, il transporte des embruns salés qui grilleraient les feuilles des plantes non adaptées.
- L'eau de pluie percole entre les grains de sable, près de la surface le sol est très sec en profondeur il se forme une nappe d'eau douce
- Au dessous, l'eau venue de la mer forme une nappe salée.

Dans les prés salés ou la sansouire :

- La nappe d'eau salée est proche de la surface. En période de sécheresse quand l'eau s'évapore, on observe sur le sol un voile blanc de sel.

(Photographies et schéma Claudie Carmona)

Questions :

- Identifier les agressions subies par les plantes du littoral.
- Imaginer les stratégies que doivent développer ces plantes pour y résister.

Les stratégies des végétaux pour vivre sur le littoral

Document :

Des stratégies pour survivre :

• Dans un milieu salé :

○ des plantes qui tolèrent une certaine dose de sel dans leurs tissus, en augmentant la concentration du milieu. Mais le sel absorbé doit être excrété ;

○ dès qu'il pleut, elles en profitent pour absorber l'eau douce et en gorgent leurs tissus pour faire des réserves, d'où leur aspect de plantes grasses ou succulentes.

• Sur la dune dans un milieu sec :

○ une plante qui s'adapte à la mouvance du sable : sur sa tige souterraine poussent des racines adventives pour se fixer selon la hauteur du sable ;

○ un épiderme imperméable qui enveloppe les feuilles ;

○ des feuilles qui s'enroulent, des poils et des cryptes pour maintenir de l'air humide.

Données : les écologistes de l'Euzière : Stratégies végétales

Activités :

- Réalisez une étude morphologique et anatomique de l'Oyat (Ammophila arenaria), d'une Salicorne, et/ou de la Saladelle = la lavande de mer (Limonium vulgare) avec observation de :
  - la surface des feuilles à la loupe binoculaire ;
  - l'épaisseur de la cuticule de l'épiderme, la présence de poils et de cryptes ainsi que d'un parenchyme aquifère, en réalisant une coupe transversale (aide voir les sites) ;
  - la présence de sel (NaCl) dans le parenchyme (pressez une tige ou une feuille pour obtenir quelques gouttes, placez la lame sous le microscope puis observez).
- Rédigez une production par binôme avec des photographies, dessins ou croquis des caractéristiques des plantes et quelques phrases pour expliquer comment ces caractéristiques anatomiques permettent aux plantes d'être adaptées à leur milieu.

Question :

Expliquez les stratégies de défense des plantes étudiées pour résister aux conditions écologiques des milieux du littoral

Matériel :

- Échantillons d'Oyat (attention plante protégée, juste une feuille), Salicorne, Soude, Saladelle
- Cristaux de sel
- Microscope + caméra + micromètre
- Loupe binoculaire
- Outils de dissection (pinces fine, ciseaux, scalpel et/ou lames de rasoir) + moelle de sureau
- Verres de montre, lames et lamelles.

Références :

- www.snv.jussieu.fr/bmedia/anatomie/feuille/enplus/aloes/aloes.html#
- http://educ-envir.org/~euziere/science/article.php3?id_article=140
- www.snv.jussieu.fr/bmedia/mouvements/nasties-hydro.htm
- Stratégies végétales : Les écologistes de l'Euzière

Pour en savoir plus :

www.emse.fr/~bouchardon/enseignement/processus-naturels/up2/web/flore-camargue.htm

Les structures et mécanismes de défense de l'Acacia caffra

Objectif :

Montrer que les plantes possèdent des mécanismes de défense contre les prédateurs

Document

« En Afrique du Sud : La résistance aux prédateurs des Acacias (Acacia caffra) »

Les koudous sont de robustes gazelles qui se nourrissent de feuilles de l'Acacia caffra, un arbre des savanes d'Afrique du Sud.

L'Acacia est un arbre avec des ramures couvertes d'épines acérées possédant des racines profondes pour forer le sol jusqu'aux ressources en eau.

Lorsqu'un koudou affamé s'approche d'un acacia A et commence à en brouter les feuilles, tout va bien pour lui au début ; il mange pendant quelques minutes, puis, bien avant d'être rassasié, il se détourne de l'acacia A, se dirige vers un acacia B appartenant à la même espèce et continue de s'alimenter. Si les koudous ne sont pas plus nombreux que 3 pour 100 hectares, les deux partenaires coexistent.

Dans les années 1980, les fermiers ont découpé dans la savane des ranchs de dimensions variées, clôturés avec du barbelé. Très vite les premiers koudous décédés ont été signalés, leur état semblait inexplicable ; pas de plaies, aucune trace de parasites, ils étaient excessivement maigres et visiblement morts de faim. Le nombre de koudous décédés était proportionnel à leur densité.

Pour comprendre ces morts mystérieuses, les fermiers font appel au professeur Van Hoven, de l'université de Pretoria.

L'autopsie révélait que les koudous avaient la panse pleine de feuilles d'acacia. Le taux de tanins de ces feuilles était 3 à 4 fois supérieur que celui des feuilles d'acacias non soumis à la prédation.

Dans des conditions de vie sauvage, les acacias produisent des tanins (molécules au goût amer) qui entravent la digestion des herbivores, mais cependant à des doses qui dissuadent seulement les prédateurs sans entraîner leur mort.

Expérience 1:

Van Hoven et ses étudiants reproduisent la prédation des koudous sur des acacias sur une durée de 2 à 3 heures ils prélèvent des feuilles toutes les ½ heures et analysent le taux de tanins.

Résultats :

Temps depuis le début de l'expérience	0h	1/2h	1h	1h30	2h	2h30	3h
Taux de tanins	Faible +	++	+++	++++	+++++	++++++	++++++

Expérience 2 : D'autre part en prélevant des feuilles sur des arbres voisins non endommagés, les feuilles contiennent plus de tanins au bout de 2 ou 3h.

Source : p 164 du livre de F. HALLE *Éloge de la plante*, Sciences ouvertes, Seuil (1999)

Pistes d'exploitation :

- Retrouver le problème et l'hypothèse formulés par VAN Hoven à l'origine de l'expérience 1 réalisée par son équipe.
- Proposer un mode de fonctionnement des acacias pour résister aux herbivores
- Identifier le problème que suggère l'expérience 2, émettre une ou des hypothèse(s) et proposer un ou des protocole(s) expérimental(aux) pour y répondre.
- Expliquez :
  - les stratégies des Acacias caffra pour résister aux herbivores
  - pourquoi dans les fermes les acacias provoquaient la mort des koudous

Éléments de correction :

Problème

Comment expliquer que les feuilles d'acacia des fermes soient 2 à 3 fois plus riches en tanins que celles des acacias non soumis à la prédation ?

Hypothèse

L'arbre est capable d'activer des défenses chimiques = production de tanins pour répondre aux agressions des koudous.

Exploiter les résultats expérimentaux :

Sans prédation, faible taux de tanins dans les feuilles.

Plus le temps de la prédation augmente, plus le taux de tanins augmente cela dès la première demi-heure.

Déductions

Plus la plante est grignotée par les herbivores, plus le taux de tanins dans ces feuilles augmente, l'hypothèse est validée.

Nouveau problème

Comment expliquer que les arbres voisins non grignotés produisent plus de tanins dans leurs feuilles ?

Hypothèses

Les arbres grignotés émettent un message chimique :

- volatil (par l'atmosphère) ;
- par leurs racines au niveau de zones de contact.

Protocoles expérimentaux :

- analyser les molécules émises par des branches grignotées ;
- sectionner les relations entre les racines s'il y en a entre ces arbres.

Dans la savane, lorsque les herbivores commencent à se nourrir, les feuilles produisent des tanins, le goût amer pousse les koudous à changer d'arbre. L'arbre émet de l'éthylène pour avertir ses voisins qui produisent à leur tour des tanins. Pour éviter cette amertume les koudous se déplacent contre le vent. Sur des grands espaces, il existe un équilibre ; le nombre d'arbres est suffisant pour que les koudous se nourrissent sans les endommager ni mourir par excès de tanins. Mais dans les fermes cet équilibre était rompu, il y avait trop de koudous pour le nombre d'acacias.

Les structures et mécanismes de défense des plantes des vieux murs et des falaises

Objectif :

Montrer que les plantes possèdent des mécanismes de défense contre les agressions du milieu.

Les conditions écologiques des milieux verticaux

Document : Extrait : Stratégies végétales, Éditions Les écologistes de l'Euzière , 2011, p 164

Certaines plantes sont parvenues à conquérir des milieux difficiles. Parmi eux, les milieux rocheux verticaux, des falaises aux murs de pierres, qui constituent des milieux de vie assez contraignants où l'eau est difficilement stockée et où la température peut-être importante selon l'exposition.

Les périodes de sécheresse peuvent donc y être très prononcées.

Cependant, ce milieu difficile peu convoité présente l'avantage de réduire la compétition et donc de laisser des espaces libres à des espèces capables de s'y implanter et s'y développer.

Dans ces conditions, la moindre anfractuosité dans la roche ou entre les pierres constitue un endroit privilégié où, par ruissellement, s'accumulent quelques éléments de sol permettant la persistance de l'humidité.

Activités :

- Identifier les agressions subies par les plantes des vieux murs.
- Imaginer les stratégies que doivent développer ces plantes pour y résister.

Les stratégies des végétaux pour vivre sur les vieux murs et les falaises

Activités :

- Réalisez une étude morphologique et anatomique des feuilles d'une plante « succulente » habitant sur un vieux mur : Nombril de Vénus, Sédums, Joubarbe …

  Observation de :

  - l'épaisseur de la cuticule de l'épiderme et de la présence d'un parenchyme aquifère en réalisant une coupe transversale puis en comparant avec la coupe transversale de l'Aloès (voir sites) ;
  - la localisation des stomates et de leur degré d'ouverture à la lumière et à l'obscurité depuis 48h en prélevant l'épiderme.
- Rédigez une production par binôme avec des photographies, dessins ou croquis des caractéristiques de cette plante et quelques phrases pour expliquer comment ces caractéristiques anatomiques permettent à cette plante d'être adaptée à ce milieu particulier.
- Présentation du travail de chaque binôme à la classe pour un bilan collectif.

Problématique :

Expliquez les stratégies de défense de la plante étudiée pour résister aux conditions écologiques des milieux verticaux.

Matériel :

- Échantillons de Nombril de Vénus, Sédums, Joubarbe
- Microscope + caméra + micromètre
- Outils de dissection (pinces fine, ciseaux, scalpel et/ou lames de rasoir) + moelle de sureau
- Verres de montre, lames et lamelles.

Références :

- www.snv.jussieu.fr/bmedia/anatomie/feuille/enplus/aloes/aloes.html#
- *Stratégies végétales* : Les écologistes de l'Euzière
- La Hulotte n° 58 p 32 à 42

Documents :

Des stratégies pour vivre sur des milieux verticaux :

• des longues racines qui profitent de la moindre quantité de « terre » accumulée dans les plus modestes niches rocheuses pour s'accrocher.

• des feuilles qui stockent de l'eau grâce au mucilage contenu dans leurs tissus (= parenchyme aquifère)

• un épiderme avec une cuticule épaisse et imperméable qui enveloppe les feuilles

• une photosynthèse particulière : plantes dites « CAM » = Métabolisme Acide Crassulacéen ou en anglais Crassulacean Acid Metabolism

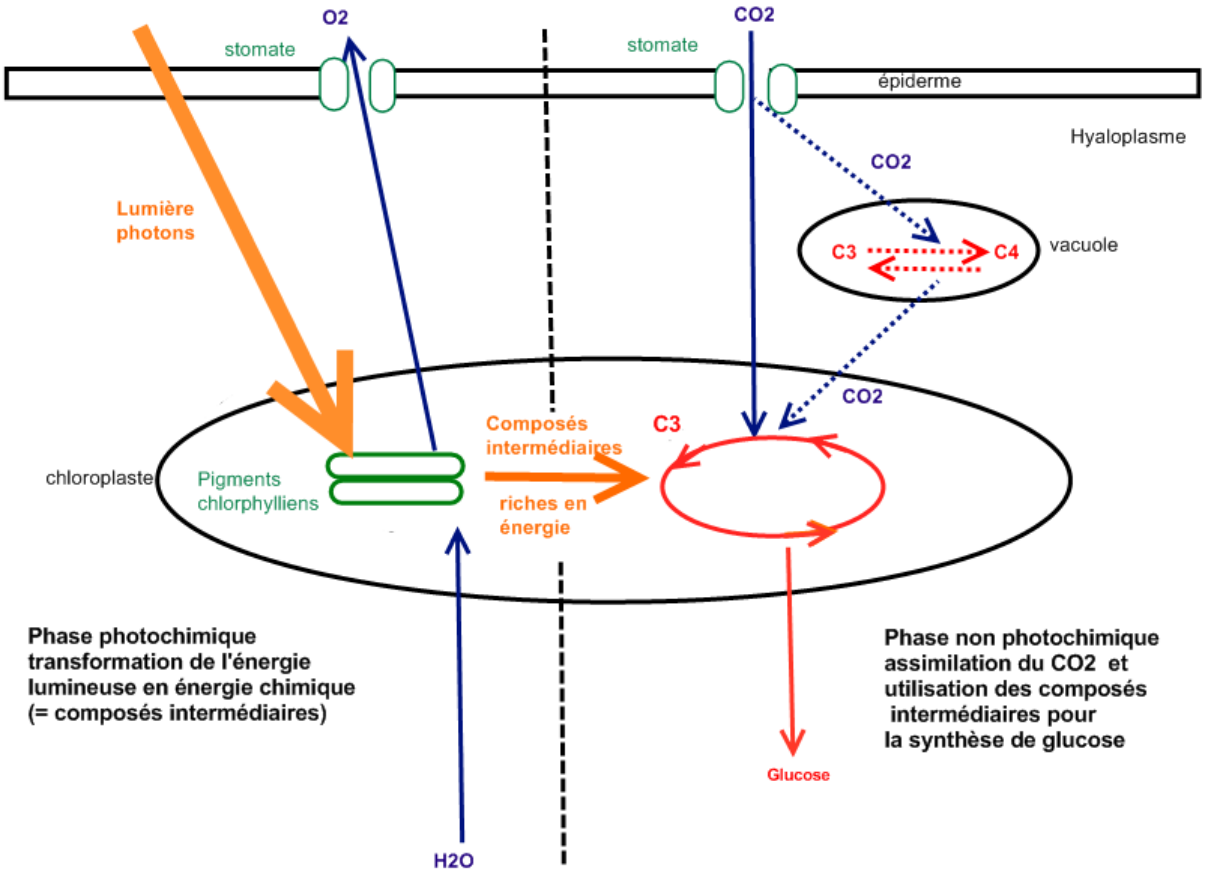
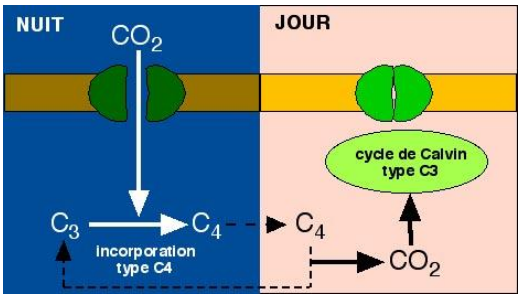


Schéma simplifié des mécanismes (Réalisation Claudie Carmona, Jussieu)

Chez les plantes en C3 à photosynthèse « classique » les stomates sont ouverts le jour, les deux phases de la photosynthèse se réalisent.

Chez les plantes CAM, les stomates sont ouverts la nuit et fermés le jour, le CO_2 entre la nuit est se fixe sur des molécules en C3 pour former des molécules en C4 dans les vacuoles. Le jour, les molécules en C4 se transforment en molécules en C3 en libérant du CO_2 utilisé pour la photosynthèse. (en pointillés sur le schéma ci-dessous)



Source : www.snv.jussieu.fr/bmedia/Photosynthese-cours/23-CAM.htm

Plantes des vieux murs étudiées : photographies Claudie Carmona

• Le Nombril de Vénus (Umbilicus rupestris), également appelée ombilic des rochers, est une espèce de plante succulente et vivace de la famille des Crassulacées.

• L'orpin blanc (Sedum album) aussi appelé sédum blanc, est une espèce de plante succulente et vivace de la famille des Crassulacées.

La plante possède des mécanismes de défenses contre les prédateurs.

Objectif :

À partir de l'étude des documents suivants, dégager les structures et mécanismes permettant aux plantes de se défendre contre les prédateurs.

Documents :

Document 1 : Stratégies du Datura face aux phytophages

Le Datura (Datura wrightii) synthétise des alcaloïdes puissants comme l'atropine et l'hyoscyamine qui lui permette de se protéger contre les insectes. Ces alcaloïdes ont aussi un usage médical et peuvent constituer de dangereuses drogues. Par ailleurs le datura peut avoir des barrières physiques contre les prédateurs : certaines plantes portent des poils glandulaires, producteurs d'une substance collante (composée de sucres et d'eau). D'autres plantes ont des poils semblable à du velours et n'ont pas de poils glandulaires. Un seul gène dominant détermine le type de poil produit par la plante. Les plants de Datura aux feuilles collantes ont des besoins en énergie et en eau plus importants afin de compense l'évaporation de la solution sucrée, ce qui réduit l'eau et l'énergie disponible pour la production des graines. ¨Par ailleurs, certains insectes peuvent présenter des adaptations anatomiques aux poils collants des daturas et constituer leurs principaux prédateurs.

D'après. Nabors M. (2008) : Biologie végétale – Structures, fonctionnement, écologie et biotechnologies. Pearson Education.

Document 2 : Les défenses physiques chez la fraise

Structure impliquée	Cultivar de fraise	Tissu	Pathogènes, prédateurs	Activité défensive
Cuticule et paroi cellulaire	Fragaria ananassa	Fruit	Botrytis cinerea	Renforcement de la fermeté des fruits
Paroi cellulaire	Apollo, Sequoia	Pétiole	Colletotrichum fragariae	Épaississement de la paroi et dépôts de pectine
	Pajaro	Feuille		Épaississement de la paroi cellulaire
	Fragaria vesca	Fruit	Botrytis cinerea	Déméthylation d'oligogalacturonides nécessaire à la réponse de défense faisant intervenir des éliciteurs.
Trichomes	Totem, zephir, Fragaria chiloensis.	Feuille	Tetranychus urticae	Nombre et densité de trichomes en relation avec la ponte donc la survie de l'araignée rouge.

D'aprés Amil-Ruiz F., Blanco-Portales R., Munoz-Blanco J. and Jose ´ L. Caballero (2011) : The Strawberry Plant Defense Mechanism: A Molecular Review Plant&Cell Physiology 52(11): 1873–1903.

Document 3 : Les réponses de défense chez la fraise

• Défenses passives :

- ○ Barrières physiques :
  - – Cuticule
  - – Paroi cellulaire
  - – Trichomes
  - – Veines follaires
- ○ Barrières chimiques : phytoanticipines

• Défenses actives :

- ○ À court terme :
  - – Mort cellulaire
  - – Renforcement de la paroi cellulaire
  - – Réaction d'oxydation / accumulation de phytoalexines
- ○ À moyen terme :
  - – Contrôle de la balance hormonale
  - – Production de PR protéines
  - – Résistance systémique aquise

D'aprés Amil-Ruiz F., Blanco-Portales R., Munoz-Blanco J. and Jose ´ L. Caballero (2011) : The Strawberry Plant Defense Mechanism: A Molecular *Review Plant&Cell Physiology* 52(11): 1873–1903.

Annexe

Eliciteur : molécule produite par un agent phytopathogène ou un ravageur, qui induit chez une plante la production de phytoalexines et par extension, une molécule qui déclenche les mécanismes de défense des plantes avec production de substances défensives.

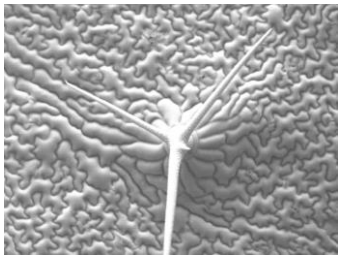
Phytoalexines : composés antibiotiques élaborés par la plante en réponse à un éliciteur.

Phytoanticipines : composés antimicrobiens de faible masse moléculaire qui sont présents dans la plante avant l'infection ou qui sont produites après l'infection uniquement à partir de constituants préexistants. Van Etten HD, JW Mansfield, JA Bailey, and EE Farmer (1994) : Two Classes of Plant Antibiotics: Phytoalexins versus Phytoanticipins. *Plant Cell*, 6(9) : 1191-1192

Protéines PR (Pathogenesis Related) : protéines végétales dont l'expression est induite par divers types d'agressions subis par les plantes.

Résistance systémique acquise (**RSA** ou **SAR** anglo-saxon) : Cette résistance se met en place suite à la réponse hypersensitive (HR). Elle est classée dans les réponses systémiques qui peuvent être assimilées à l'établissement d'une immunité chez la Plante.
http://taste.versailles.inra.fr/inapg/reactdef/plant-path/sar.htm

Tetranychus urticae ou araignée rouge. http://nathistoc.bio.uci.edu/Other%20Arachnids/Acari4.htm



Trichome d'A. thaliana

Trichome : Les trichomes sont de fines excroissances ou appendices chez les plantes. Leurs fonctions et leur structure diffèrent. On peut citer comme exemple les poils, les poils glandulaires et les écailles.

La plante possède des mécanismes de défense contre le stress : exemple de l'éthylène

Objectif :

À partir des documents et activités suivants, vous dégagerez l'avantage sélectif procuré par l'éthylène puis vous montrerez son action à différentes échelles (de la plante aux cellules).

Document 1 : Effet du stress sur la forme d'Arabidopsis.

Chez Arabidopsis, un plant touché deux fois par jour a une croissance moindre qu'un plant témoin non touché. La fréquence du toucher induit un stress pour la plante.

Document 2 : L'éthylène une phytohormone du stress.

« L'éthylène est un gaz qui agit comme une hormone en étant à l'origine des réponses à des stress mécaniques et en stimulant des réactions de vieillissement comme la maturation des fruits et l'abscission des feuilles. [….]

L'éthylène, en limitant le port élancé des plantes, leur permet de résister au vent et à d'autres contraintes pouvant les endommager. Ce gaz inhibe la croissance en longueur et stimule la croissance en épaisseur. [….] L'éthylène permet aussi à la plante de s'adapter avec succès aux hasards de la croissance dans le sol. Quand une tige souterraine ou une racine rencontre un obstacle, la pression induit la synthèse d'éthylène. L'éthylène est à l'origine d'une croissance particulière appelée triple réponse, qui permet à la tige ou à la racine de pousser à coté ou autour de l'obstacle. La triple réponse comprend (1) un ralentissement de l'élongation de la tige ou de la racine, (2) un épaississement de la tige ou de la racine et (3) une courbure entrainant une croissance horizontale. Les réponses 2 et 3 permettent à la tige ou à la racine de contourner l'obstacle. »

M. NABORS (2008) : *Biologie végétale : Structures, fonctionnement, écologie et biotechnologies*. Pearson Education Eds. P 237.

Document 3 : démarche expérimentale : mise en évidence de l'effet de l'éthylène sur la croissance du pois chiche (Cicer arietinum).

L'éthylène (H2C=CH2) est un gaz qui agit comme une hormone ; il est notamment produit en phase de maturation dite climactérique chez certains fruits (pomme, melon, etc.) et intervient lors de stress chez les végétaux. Une pomme bien mûre, coupée en deux, en libère des quantités notables ; il peut être confiné dans un sac plastique.

Concevoir et mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de mettre en évidence les effets de la concentration en éthylène sur la croissance du pois chiche (Cicer arietinum)

Pour être utilisées, les graines de Pois chiche seront mises à gonfler dans l'eau tiède pendant 24 h.

Plusieurs facteurs peuvent être testés :

- Confinement.
- Présence d'une pomme dans le sac plastique.
- Concentration en éthylène (¼, ½ pomme ou 2 ½ pommes, etc.).

<u>Résultats obtenus avec et sans apport d'éthylène chez le Pois chiche dès le 4ème jour (Cicer arietinum)</u> (*Photos de Eric Serres*)

Témoin :

Essai avec éthylène :

<u>Résultat</u>

L'hypocotyle de l'essai est plus court et deux fois plus épais que celui du témoin (3 mm contre 1.5 en moyenne).

<u>Interprétation</u>

L'éthylène, hormone gazeuse agit en augmentant le diamètre de l'hypocotyle.

La question qui se pose est de savoir quel est le phénomène responsable de l'augmentation de la taille de l'hypocotyle du pois. Deux hypothèses peuvent être formulées : augmentation de la taille des cellules ou bien de leur nombre.

<u>Stratégie de résolution</u>

Une coupe longitudinale de l'hypocotyle devrait permettre de déterminer laquelle de ces deux hypothèses est la bonne.

Les documents ci-dessous ont été obtenus avec une durée d'exposition à l'éthylène supérieure à l'expérience précédente (10 jours) : les caractéristiques de la triple réponse à l'éthylène sont visibles :

- ralentissement de l'élongation de la tige et de la racine ;
- un épaississement de la tige et de la racine ;
- une courbure entrainant une croissance horizontale des racines (plagiotropisme).

Témoins a et b (atmosphères confinées) de plantules de Cicer arietinum

Plantule de Cicer arietinum ayant germé en atmosphère confinée et en présence d'une pomme

La plante possède des mécanismes de défense contre les agressions du milieu : exemple du froid

Objectif :

À partir des documents suivants, vous dégagerez les mécanismes et réponses des plantes au froid.

Document 1 : Effet du froid sur la forme d'Arabidopsis

J.SALINAS (2000) : Quand les plantes résistent au froid. In De la graine à la plante. *Dossier Pour La Science* Belin Eds. ISSN0-153-4092

Document 2 : Effet du froid sur les cellules

Le mécanisme de tolérance le plus classique repose sur l'évitement de la congélation au niveau intracellulaire. Le refroidissement progressif des tissus ne provoque pas immédiatement à la congélation du contenu cellulaire […], mais provoque dans un premier temps une congélation de l'apoplaste, pauvre en solutés et dont le point de congélation est souvent élevé (entre –10 et 0°C). Cette congélation a pour conséquence une élévation transitoire de température […] et une fuite d'eau cytoplasmique qui concentre les solutés cellulaires et abaisse encore le point de congélation intracellulaire. Si la descente en température se poursuit en dessous de ce point de congélation, la formation de cristaux à l'intérieur des cellules provoquent des dommages irréparables. Certaines plantes (dont l'espèce modèle Arabidopsis) soumises à une période préalable de froid non gélif peuvent mettre en place des processus d'acclimatation et supporter ensuite d'abaisser leur point de congélation de plusieurs degrés. Les voies signalétiques impliquées dans l'acclimatation au froid sont partiellement recouvrantes avec celles associées aux réponses aux stress hydriques : accumulation de solutés compatibles, implication de l'acide abscissique et implication des mêmes facteurs de transcriptions.

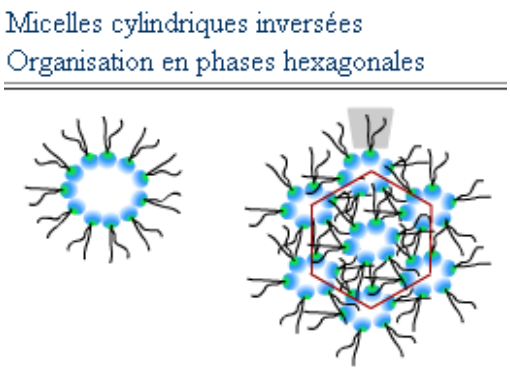
« Dans les bourgeons de certains arbres, l'évitement de la congélation peut fonctionner jusqu'à des températures de l'ordre de –40°C, on parle alors de […] surfusion accentuée. La limite de –50°C correspond au point de congélation spontanée de l'eau en l'absence de point de nucléation. Enfin, certains arbres comme le bouleau, le saule et le peuplier tremble, peuvent suite à des processus d'acclimatation, supporter des températures bien inférieures à –50°C ce qui suggère que des mécanismes de tolérance différents de la surfusion accentuée sont en œuvre mais ceux-ci sont encore mal connus ».

Document 3 : Des réponses métaboliques au stress froid

Froid et stress hydrique ont un lien : quand la température chute, les molécules d'eau se déplacent des cellules vers l'espace intercellulaire par osmose, ce qui induit un stress hydrique de la cellule. La déshydratation induite par le gel déstabilise les membranes plasmiques ce qui entraîne la formation de plaques hexagonales inversées au niveau des structures membranaires (ces plaques hexagonales correspondent à une organisation particulière de phospholipides membranaires. Voir ci-dessous). Un gel rapide peut entraîner des dégâts majeurs dus à la formation de glace. Pour affronter les températures inférieures à 0°C, les plantes modifient leurs compositions enzymatiques et membranaires, modifiant en conséquence leur métabolisme pour synthétiser des cryoprotectants comme les polyols et les sucres afin d'abaisser le point de congélation de leurs tissus et lutter contre la dessiccation. Ces osmolytes, outre leur rôle de remplacement de molécules d'eau, protègent également les membranes en maintenant leur fluidité.

http://ead.univ-angers.fr/~jaspard/Page2/COURS/Zsuite/4StressLeaHsp/1StressLeaHsp.htm

Selon Gerhardt et Heldt (1984), il existe des changements considérables dans la localisation des sucres entre le jour (vacuole) et la nuit (cytoplasme) chez l'Épinard. Des changements similaires pourraient être observés entre des cellules de plantes acclimatées ou non au froid.



4. Étude de la fleur : organisation et adaptation à la pollinisation

Organisation et adaptation à la pollinisation

Objectif :

Comprendre comment une fleur est organisée et en quoi cette organisation favorise sa pollinisation.

Observation d'une fleur

Chaque binôme reçoit une fleur actinomorphe (pour faciliter la construction du diagramme floral en partie B). Les fleurs sont à choisir en fonction de la saison. Un atelier présentant des dissections de fleurs zygomorphes (ex : une orchidée) et d'autres fleurs représentatives des grandes familles est disposé sur la paillasse de l'enseignant. Les élèves s'y rendent à tour de rôle une fois leur propre observation réalisée.

Exemple d'activité sur *Arabidopsis thaliana*

1. Observer à la loupe binoculaire la fleur d'*Arabidopsis thaliana*.
2. Repérer les éléments suivants sur cette fleur : pistil, étamines, pétales, sépales
3. Réaliser un dessin d'observation de cette fleur.
4. Dans les légendes, souligner en rouge les éléments appartenant à l'appareil reproducteur femelle et en bleu les éléments appartement à l'appareil reproducteur mâle.
5. Rechercher ce qu'est le nectaire et son rôle.
6. Comparer l'organisation de votre fleur à celle du binôme voisin pour en relever les points communs.

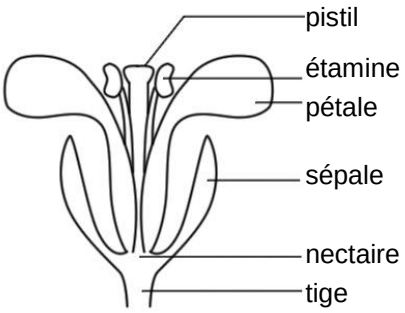


Schéma simplifié d'une fleur
(*Schéma Floriane Bertaina*)

Question :

À l'aide de vos observations et de l'annexe 3, montrer en quoi l'organisation de la fleur favorise sa pollinisation.

Éléments de réponse :

Les fleurs observées présentent toutes une organisation concentrique dont les pièces reproductrices mâles et femelles sont regroupées au centre. À la base de ces pièces se trouvent en général les nectaires qui fabriquent le nectar. Le nectar attire les insectes qui viennent le butiner. Cette zone est placée de telle sorte que les insectes se couvrent de pollen en voulant l'atteindre. Lorsque l'insecte se pose une autre fleur pour butiner, il dépose le pollen dont il est couvert sur le pistil. La proximité des pièces reproductrices et des nectaires favorisent donc la pollinisation. De plus, les pétales aident l'insecte à se poser et à se stabiliser pour butiner.

Dissection de la fleur

Protocole :

1. Dessiner quatre grands cercles concentriques sur une feuille blanche.
2. À l'aide de deux pinces fines, enlever délicatement toutes les sépales et les placer sur le cercle le plus externe en prenant soin de garder la même disposition que sur la fleur.
3. Faire de même pour les pétales que vous placerez sur le cercle suivant en allant vers le centre puis les étamines et enfin le pistil au centre du plus petit cercle.

Réalisation du diagramme floral

À l'aide des annexes 3 et 4, réaliser le diagramme floral de la fleur disséquée.

La pollinisation du Baobab Adansonia digitata

Objectif :

Mettre en évidence une coévolution entre un angiosperme et son pollinisateur

Matériel :

Le film « Pollinisation du baobab » (13 mn) porte sur l'étude sur la pollinisation du baobab par les chauves-souris nectarivores Eidolon elvum. Ce film montre l'éclosion des fleurs du baobab à la tombée de la nuit et l'attraction qu'il provoque sur les chauves-souris entraînant la pollinisation. Vues réelles nocturnes et aériennes - ralenties.

www.cerimes.fr/le-catalogue/pollinisation-du-baobab.html

Pistes d'exploitation du film :

- Répartition géographique du baobab

Savane, côte occidentale et côte orientale africaine (importante concentration autour de Dakar)

- Caractéristiques morphologiques du baobab

Selon les conditions environnementales : le baobab est trapu ou possède un port plus élevé (plus de 25 m de haut). Il porte les fruits et les fleurs de la saison ainsi que les fruits de la saison passée (fruit= pain de singe : font 35 cm de long et ont une enveloppe coriace)

- Période de pollinisation du baobab

Après la saison sèche et la défeuillaison (mois de juin). Période de floraison : juin-juillet

- Pollinisateurs du baobab
  - insectes hyménoptères : disparaissent à la nuit tombée et n'ont donc qu'un faible rôle dans la pollinisation.
  - chauve-souris Eidolon elvum : pollinisent le baobab la nuit.
- Caractéristiques du principal pollinisateur

Cette chauve-souris est frugivore et nectarivore, endémique de l'Afrique. Elle a une très bonne vue, la mobilité de ses pavillons indique une très bonne ouïe (pas d'écholocalisation), son odorat est très développé. Elle possède un long pouce qui lui permet de saisir facilement les fleurs de baobab.

- Caractéristiques morphologiques de la fleur de baobab favorisant sa pollinisation
  - La fleur possède de très nombreuses étamines (1 500 à 200 par fleur).
  - Le style est recourbé vers les pétales pour favoriser la fécondation croisée.
  - Grosses fleurs.
- Caractéristiques physiologiques de la fleur de baobab favorisant sa pollinisation
  - La fleur ne dure qu'une nuit : elle s'ouvre à partir de 20h. Elle possède un grand pouvoir d'attraction pour les chauves-souris en exhalant un parfum fort et peu agréable pour l'Homme qui imprègne l'environnement.
  - Elle sécrète un abondant nectar à la base de sa corolle.
  - Son pollen, porté par de très nombreuses étamines, s'incruste dans les poils de la chauve-souris et est véhiculé vers la prochaine fleur.
- Intérêt de la pollinisation du baobab pour le pollinisateur.

La fleur fournit au pollinisateur un nectar riche en eau et en sucre. La chauve-souris lèche le pollen qui lui apporte des acides-aminés.

- Bilan : Lien entre les caractéristiques de reproduction du Baobab et de comportement de la chauve-souris
  - Les fleurs de baobab s'ouvrent au crépuscule et la nuit, moment où la chauve-souris, en tant qu'animal nocturne, est la plus active.
  - La fleur présente une structure capable de soutenir l'animal et constitue un parfait point d'ancrage pour permettre à la chauve-souris de se nourrir du nectar.
  - Il semblerait que ce soit essentiellement les mâles qui soient présents sur ce type de baobab : on peut faire l'hypothèse que le baobab mime des caractéristiques de la femelle Eidolon elvum (ex : les phéromones sexuelles)
  - Les périodes de reproduction de ces deux espèces sont simultanées.

Dissémination des fruits et collaboration animale

Objectif :

Dégager, à partir des documents suivants, des arguments mettant en évidence une coévolution entre le fruit et l'animal disséminateur.

Document 1 : La dissémination par les animaux (la zoochorie)

Cela fait longtemps que les végétaux ont appris à tirer partie de la mobilité incessante des animaux en usant de la zoochorie. Cette méthode est très utilisée par les végétaux qui savent entretenir des relations plus ou moins étroites avec certains animaux, et qui n'hésitent pas à les manipuler sans scrupule s'il le faut ! On peut distinguer deux sortes de zoochorie : l'épizoochorie et l'endozoochorie.

Épizoochorie

Cette méthode consiste à faire déplacer les semences par un animal.

• épizoochorie passive : l'animal embarque involontairement des graines dans son pelage, plumage, et même mucus (pour les mollusques par exemple) au moment où il entre en contact avec la plante. Pour y arriver, il faut de préférence que les graines soient équipées pour embarquer : matière collante, épines ou crochets qui vont adhérer à l'animal. Au bout d'un certain temps la graine tombe de l'animal et peut ainsi se retrouver très loin de son point de départ.

Exemple de plantes adeptes de l'épizoochorie passive : Bardanes sp, Gaillet-gratteron, Aigremoine eupatoire, Benoîte commune...

• épizoochorie active : Technique légèrement plus spécifique, l'animal embarque volontairement la graine, soit pour se nourrir du fruit qui les contient, soit pour se nourrir de sécrétions que la graine produit elle-même pour les attirer. Les semences sont donc transportées sur le lieu de consommation de l'animal. Cette technique permet de tisser des relations plus étroites avec les animaux. Ainsi beaucoup de plantes ont choisi de s'associer avec les fourmis, qui sont d'excellents vecteurs de transports. On peut alors parler de myrmécochorie.

Exemple de plantes adeptes de l'épizoochorie active : Bourrache officinale, Mélampyre des champs, Fumeterre officinale, grande Chélidoine, Corydale jaune, Euphorbes sp...

Avantages :

- les animaux peuvent parcourir de grandes distances ;
- les humains sont très utiles pour cette méthode, de nombreuses surfaces sont exploitables (vêtements, chaussures, sacs, cheveux...), ils vous ramèneront gentiment dans leurs jardins ;
- méthode bien adaptée aux milieux fermés.

Contraintes :

- Nécessité d'élaborer un système d'accrochage ou des sécrétions pour attirer les animaux.
- Dépendance plus ou moins forte envers les animaux.
- Méthode moins adaptée pour conquérir les espaces vierges.

L'endozoochorie

Technique qui consiste à se faire manger par un animal. L'astuce consiste à appâter le consommateur avec un fruit prometteur : bien visible (rose, rouge, jaune ou noir), éventuellement dégageant une odeur attirante et accompagnée d'une saveur agréable. Une fois avalée, il faut que la graine résiste à la digestion du fruit, et elle voyagera bien au chaud dans le tube digestif avant d'être évacuée par les selles. Les oiseaux sont souvent les vecteurs les plus visés, car ils voyagent souvent plus vite que les animaux terrestres et ont l'avantage d'avaler la nourriture sans mâcher. Beaucoup de graines très dures ont même besoin des sucs digestifs des animaux pour que la dormance des graines soit levée.

Exemple de plantes adeptes de l'endozoochorie : Lierre grimpant, Garance voyageuse, Morelle douce-amère, Morelle noire, Jusquiame noire, Atropa belladone, Glaïeul des moissons, Bryone dioïque, Sureaux hièble...

Avantages :

- voyage efficace, distances très variables selon les espèces et moins aléatoire qu'avec les autres techniques ;
- la graine se retrouve avec une dose de fertilisant tout frais (excréments) ;
- technique très efficace dans les milieux fermés (exemple : forêts, buissons, haies...).

Contraintes :

- demande de fortes dépenses d'énergie pour la fabrication du fruit (la qualité prime sur la quantité) ;
- dépendance vis à vis des animaux.

http://cabanedetellus.free.fr/G%C3%A9nie_v%C3%A9g%C3%A9tal_Tellus.html#dissemination

Document 2 : La dissémination par les fourmis (myrmécochorie)

On peut distinguer deux formes de myrmécochorie :

• le transport de graines par les fourmis en vue d'être consommée,

• le transport de graines par les fourmis pour la consommation d'un appendice inutile à la germination.

Les fourmis moissonneuses (et dans une moindre mesure une grande partie des espèces de fourmis) transportent les graines pour les consommer. Mais une certaine proportion de celles-ci ne seront pas consommées et rejetées hors du nid (zoochorie active), tandis que d'autres seront perdus en chemin (dyszoochorie). Il s'agit donc bien de myrmécochorie pour ces plantes dont les graines sont en partie consommées et en partie dispersées.

Certaines graines possèdent un appendice accroché à la graine, attractif pour les fourmis et qui n'est pas nécessaire à la germination : l'élaïosome (du grec elaios : huile, some : corps).

Dès la maturité des graines, celles-ci seront mises à disposition des fourmis. Les élaïosomes sont généralement difficiles à détacher par une seule ouvrière et sont donc déplacées avec la graine jusqu'au nid de fourmis pour y être consommée. La graine est la plupart du temps ensuite rejetée hors du nid.

On estime qu'environ 1,2% des espèces de plantes sont myrmécochores (au moins 3 000 espèces dans le monde). Les fourmis sont les seuls insectes à disperser des graines en grandes quantités, sur tous les continents et dans pratiquement tous les écosystèmes. Dans certains écosystèmes de forêts tempérées, la myrmécochorie peut représenter jusqu'à 30% de la dispersion des graines.

Source : http://myrmecochorie.free.fr

Quelques illustrations : http://myrmecochorie.free.fr/Exemples/Exemples.html

Document 3 : La dissémination du cynoglosse officinal

Les cerfs et les chevreuils sont considérés comme une calamité par la majorité des forestiers. En effet, ces herbivores peuvent occasionner de gros dégâts sur les jeunes pousses d'arbres. «En ce moment, dans la forêt domaniale du Donon, entre l'Alsace et la Lorraine, ils détruisent toutes les plantations de jeunes pins», indique par exemple Philippe Ballon, spécialiste de l'interaction entre la forêt, les ongulés et les activités humaines au Cemagref. Leur impact est d'autant plus sensible que les populations n'ont cessé d'augmenter au cours des trente dernières années, alors que ces deux espèces étaient quasiment menacées de disparition à la fin des années 1960. Même tableau pour les sangliers qui eux, en plus, s'attaquent aux cultures.

Mais cette image exclusivement négative va sans doute être nuancée au cours des prochaines années. Même s'ils causent des préjudices économiques indéniables, les trois ongulés jouent certainement un rôle insoupçonné dans la dynamique forestière, en transportant des graines sur leur pelage. C'est la découverte d'une équipe de chercheurs spécialisés dans l'étude des forêts et rattachés à l'Inra et au Cemagref (Plant Ecology, février 2011). La dispersion des graines par les animaux (l'épizoochorie) a surtout été étudiée jusqu'alors dans les forêts tropicales. En Europe et en France, où la biodiversité est beaucoup plus pauvre, le phénomène n'avait jamais vraiment retenu l'attention, comme s'il n'existait pas.

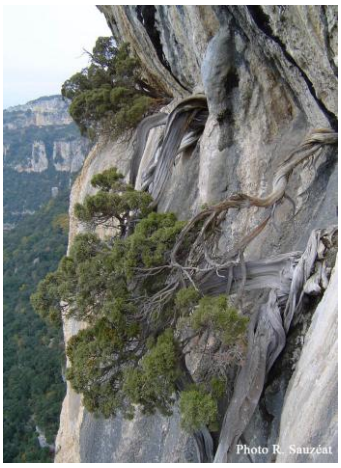
C'est en analysant l'évolution de la végétation des sous-bois dans la forêt domaniale d'Arc-en-Barrois, en Haute-Marne, que l'équipe pilotée par Jean-Luc Dupouey (Inra de Nancy) a été mise sur la piste de l'épizoochorie. Des comptages effectués sur plusieurs placettes pendant une période étalée sur trente ans ont révélé l'invasion d'une belle plante rare, le cynoglosse officinal. En 1976, elle était totalement absente. En 1981, elle s'était installée dans le nord de la forêt, la partie la plus fréquentée par les cerfs et par les chevreuils. En 2006, on la trouvait presque partout.

Comment le cynoglosse, une espèce menacée dans notre pays, a-t-elle pu arriver au beau milieu de cette forêt et y connaître un tel succès ? Les graines étant de bonne taille, elles ne peuvent pas avoir été transportées par le vent. Enveloppées de minuscules crochets, elles s'accrochent aux tissus, à la laine, aux poils et au pelage des animaux et tombent au sol quand ceux-ci se déplacent ou se frottent contre les arbres. Dans le cas du cynoglosse, les ongulés ne se contentent pas de transporter les graines. Par le biais de leurs déjections, ils fournissent aussi de l'azote aux plantes qui parviennent à germer ainsi que la lumière dont elles ont besoin en broutant la végétation concurrente au sol et le feuillage. Pour couronner le tout, la plante est toxique et les ongulés ne la mangent pas.

Une cinquantaine de graines d'espèces différentes ont déjà été collectées, de la benoîte à la ronce en passant par le trèfle, l'ajonc et le plantain. Sans surprise, c'est le sanglier qui en accroche le plus dans ses poils de bourre bouclés et ses longues soies. Par comparaison, les chevreuils, aux poils plus lisses, et le cerf, avec sa grande taille, en prélèvent moins.

«Tous ces ongulés couvrent de vastes territoires, note Jean-Luc Dupouey. Et on sait qu'avec le changement climatique, la dispersion des graines à longue distance va jouer un rôle majeur pour les déplacements des plantes sauvages». Le rôle des cerfs, chevreuils et sangliers a de bonnes chances d'être réévalué dans les années à venir.

Document 4 : La dissémination chez le genévrier de Phénicie



Les populations de Genévriers de Phénicie forment des populations intactes très ouvertes sur les falaises des Gorges de l'Ardèche. Les arbres poussent dans des micros sites (fissures, trous, anfractuosités...) dont la plupart très difficiles d'accès : certains se trouvent au milieu de grandes parois verticales ou surplombantes.

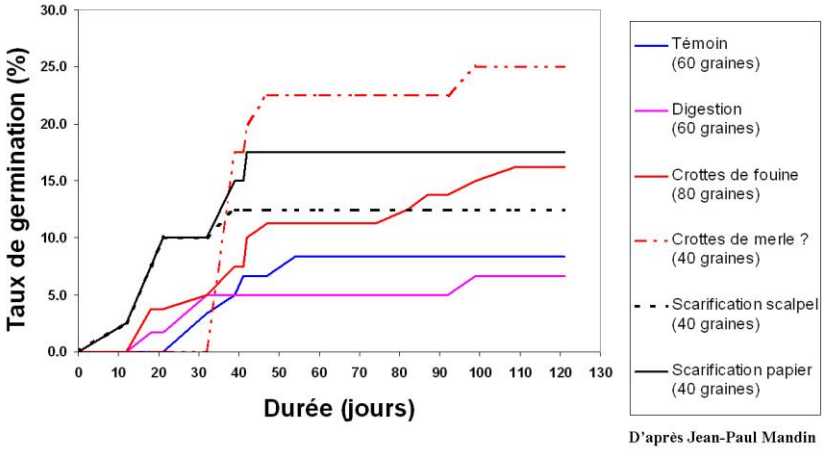
Les "baies" de Juniperus phoenicea sont des cônes femelles à écailles charnues (galbules) assez gros (6 à 9 mm de diamètre), de couleur rougeâtre. Malgré leur aspect très fibreux, ces galbules sont des aliments riches.

À maturité, les galbules des genévriers de Phénicie tombent et n'ont que très peu de chances d'atterrir et de rester dans les anfractuosités des parois. Dans ces conditions, la dissémination des graines n'y est envisageable que par un vecteur animal.

Chez les graines de plantes sauvages, les inhibitions de germination sont dues en général à deux types de causes : des dormances tégumentaires et des dormances psychrolabiles. Les dormances tégumentaires sont causées par la présence d'un tégument épais, dur et imperméable qui empêche la réhydratation et l'oxygénation de l'embryon. Les dormances psychrolabiles sont dues à des mécanismes divers qui empêchent l'embryon de se développer tant qu'il n'a pas subi une période plus ou moins longue de froid humide.

Afin de déterminer les conditions favorables à la germination des graines de genévrier de Phénicie, des tests ont été mis en place. Des graines ont été extraites de galbules récoltées au hasard, dans une population de Juniperus phoenicea, ou récupérées dans des excréments d'animaux. Les graines vides ont été éliminées par flottation dans de l'eau (quelques minutes) de façon à ne garder que les pleines. Ensuite, elles ont été séparées en plusieurs lots auxquels divers traitements ont été appliqués afin de lever leur dormance (Come, 1970) :

Conditions de germination des graines de genévrier de Phénicie
De gauche à droite : tri des graines dans un excrément de fouine ; germination d'un lot de 20 graines scarifiées placées en boîtes de Pétri, sur papier filtre humidifié, à la température du laboratoire ; repiquage en terre (pot).



D'après Jean-Paul Mandin

Les suivis de germination ont été faits sur une période de 120 jours, pour différentes conditions

NB : La scarification au papier de verre permet d'user le tégument des graines, et la scarification au scalpel permet de couper l'extrémité des graines.

Source : http://biologie.ens-lyon.fr/ressources/Biodiversite/Documents/architecture-vegetale-diversite-des-formes-et-des-symetries/regeneration-des-populations-de-genevrier-de-phenicie

Pollinisation des fleurs et coévolution

Objectif :

Dégager, à partir des documents suivants, des arguments mettant en évidence une coévolution entre la fleur et l'animal pollinisateur.

Document 1 : La pollinisation par les animaux (la zoogamie)

L'entomophilie (ou entomogamie)

Caractéristique d'une pollinisation par l'intermédiaire d'un insecte.

En explorant les fleurs à la recherche de nectar, les insectes (abeilles, papillons, diptères ou certains coléoptères) se frottent aux étamines, récoltant involontairement des grains de pollen (jusqu'à 100 000) qu'ils abandonneront par la suite dans une autre fleur. Chaque insecte est souvent spécialisé pour récolter le pollen d'une ou de quelques espèces en particulier, ainsi le pollen bénéficie souvent d'un transport ciblé jusqu'à une autre fleur de la même espèce.

Les fleurs entomophiles ont souvent des couleurs vives afin de se faire mieux repérer par les insectes pollinisateurs.

L'ornithophilie

Caractéristique d'une pollinisation par l'intermédiaire d'oiseaux.

Certains oiseaux, en particulier les colibris (oiseaux-mouches), pollinisent les plantes. Les fleurs qui attirent les oiseaux sont généralement de couleur vive (rouge, orangé ou jaune), mais elles sont souvent inodores (l'odorat des oiseaux est peu développé). Ces fleurs sont souvent longues et tubulaires. Elles produisent beaucoup de nectar et sont suffisamment robustes pour que les oiseaux puissent s'y percher. Lorsque leur long bec effilé plonge au fond de la corolle afin d'y puiser le nectar, leur tête se frotte aux étamines et, immanquablement, le pollen adhère à leurs plumes.

La cheiroptérophilie

Caractéristique d'une pollinisation par l'intermédiaire de chauves-souris.

Ce genre de pollinisation est retrouvé chez certains cactus où elle est aisément reconnaissable par des fleurs larges, très pâles et odorantes qui facilitent ainsi leur repérage par les pollinisateurs nocturnes.

Document 2 : La vision des insectes

De nombreux insectes sont capables de détecter des longueurs d'onde que les humains ne sont pas capables de voir. L'œil des abeilles, par exemple, détecte trois couleurs : l'ultraviolet, le bleu et le jaune, mais pas le rouge. La capacité de voir le rouge est vraiment rare pour tous les insectes. Le papillon est une exception à cette règle. Les papillons sont soupçonnés d'avoir la plus large portée visuelle de tous les animaux. Diverses espèces de papillons peuvent détecter des longueurs d'onde allant de 310 nm à 700 nm. Pour les humains, les papillons mâles et femelles peuvent se ressembler, mais les papillons sont capables d'identifier un congénère facilement en raison de marquages ultraviolet sur leurs ailes. Papillons et insectes sont aussi attirés par le nectar de certaines fleurs. La vision dans l'ultraviolet leur permet de repérer des lignes qui convergent des pétales vers le cœur de la fleur et ainsi de mieux localiser les zones riches en nectar (= les guides nectarifères).

Onagre (Oenothera biennis) : Pour l'œil humain, la fleur est jaune ; mais avec une vision dans les UV, les insectes localisent aisément le centre de la fleur, contenant le nectar.

Vision chez l'homme

Simulation de la vision chez une abeille

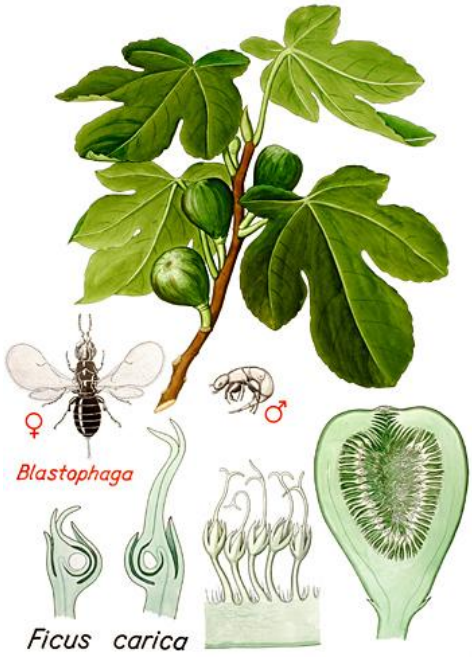
Simulation de la vision chez un papillon

Source : http://landsat.gsfc.nasa.gov/education/compositor/em.html

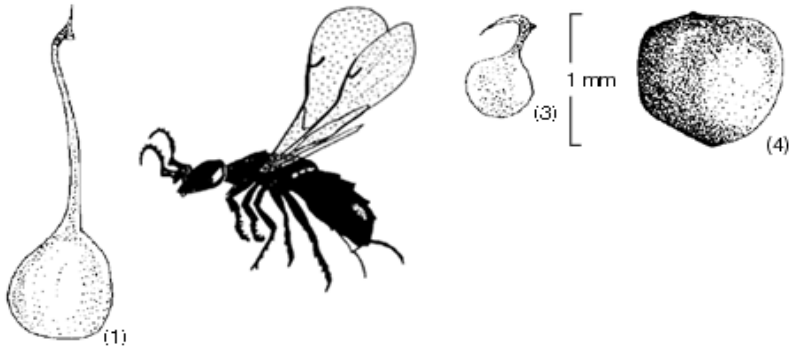
Un simulateur de vision chez les abeilles : http://andygiger.com/science/beye/beyehome.html

Document 3 : La pollinisation chez le figuier par le blastophage

Le Figuier (Ficus carica L.) est un arbre fruitier de la famille des Moracées qui donne des fruits comestibles appelés figues. Le Figuier est l'emblème du bassin méditerranéen, où il est cultivé depuis des millénaires. Les ficus ont pour particularité d'avoir une reproduction dépendant d'une symbiose avec un insecte : le blastophage. Cet hyménoptère assure la pollinisation des fleurs femelles. En retour, le figuier abrite et nourrit l'insecte, dont le cycle se déroule quasi entièrement dans la plante.



On trouve, en effet, deux sortes de fleurs femelles dans les figuiers : les unes sont pourvues d'un style court, à la taille de l'ovipositeur du blastophage (ou brévistylées) les autres d'un style long (ou longistylées). La ponte de l'animal réussit donc dans les fleurs à style court et échoue dans les autres (3). Cependant, pour que les secondes soient pollinisées, il faut que l'insecte visite les unes et les autres.



Le blastophage et les fleurs du figuier

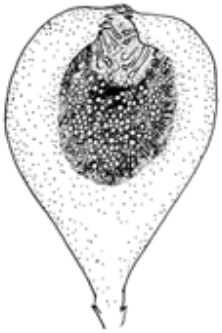
Les styles des fleurs femelles de l'arbre femelle (1) sont trop longs pour que le blastophage puisse atteindre l'ovule avec son ovipositeur. Par contre, la ponte est possible pour les fleurs femelles de l'arbre mâle (3), le style ayant à peu près la longueur de l'ovipositeur.
La graine (4) de figue donne l'échelle.

Chez Ficus carica, les deux types de fleurs sont disposés dans deux sortes de figuiers. Certains figuiers contiennent des fleurs femelles brévistylées, dans lesquelles l'insecte peut pondre, elles donnent des blastophages et sont immangeables (= figues pouponnières). Les autres renferment des fleurs longistylées, où l'insecte ne peut pas pondre mais qu'il pollinise involontairement, elles donnent par conséquent des graines et sont comestibles (= figues pépinières).

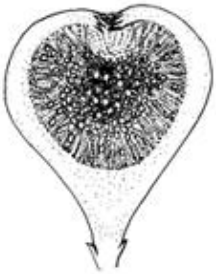
On trouve ainsi, dans la nature, deux types de figuier : les uns portant des figues pouponnières, les autres des figues pépinières. Les premiers figuiers sont donc fonctionnellement mâles, les seconds fonctionnellement femelles. Malgré leur ressemblance il y a, par conséquent, deux sortes de figuiers : ceux dont on mange les figues et ceux dont les figues sont immangeables.

La fleur femelle dans l'arbre mâle et dans l'arbre femelle

L'arbre mâle (à gauche) : Les styles des fleurs femelles sont courts, à peu près de la longueur de l'ovipositeur. L'œuf est déposé près de l'ovule. Les tissus avoisinants se développent comme s'il y avait eu fécondation et seront consommés par la larve. La fleur est devenue une galle. À la maturité de la figue, dont les parois sont alors peu sucrées, les insectes sont adultes. Si les fleurs mâles sont bien développées et portent des étamines fertiles (cas des figues retardées), celles-ci seront mûres à ce moment et les femelles de blastophage se chargent de pollen en sortant. Elles s'envolent alors à la recherche de figues réceptives. Elles disséminent le pollen, quand il y en a, et assurent la reproduction de l'espèce pollinisatrice.



L'arbre femelle (à droite) : Les styles des fleurs femelles sont longs (1,5 mm ou plus). Si l'insecte est porteur du pollen, il le dépose sur les stigmates au cours de ses tentatives de ponte. Les fleurs fécondées (quelques centaines) se développent en petits fruits charnus à noyaux. Les noyaux seront les grains de la figue, chacun contenant une amande ou graine. A la maturité de la figue, la chair forme une masse pulpeuse et sucrée, où nagent les noyaux. Les fleurs mâles, d'ailleurs dépourvues d'étamines, n'y sont pas identifiables.



Source : http://educ-envir.org/~euziere/science/article.php3?id_article=294

Pollinisation des orchidées et coévolution

Objectif :

Dégager, à partir des documents suivants, des arguments mettant en évidence une coévolution entre l'orchidée et l'animal pollinisateur.

Document 1 : Pollinisation d'Angraecum sesquipedale

De nombreuses espèces d'orchidées possèdent des pollinies, petites masses collantes contenant les grains de pollen, et des tubes cylindriques (nectaires) qui sécrètent un nectar sucré. Des papillons viennent boire le nectar à l'aide de leur trompe. Pour se faire, ils heurtent la base des pollinies et celles-ci adhèrent à leur tête. Au cours de leurs repas successifs de nectar, les papillons transportent ainsi les pollinies d'une fleur à une autre, ce qui permet la fécondation des orchidées. Cependant, pour que les pollinies se collent sur la tête du papillon, il faut que la tête de celui-ci heurte les pollinies placées au dessus du nectaire avec une certaine force. Si l'accès au nectar est trop facile, le papillon ingurgite du nectar mais repart sans pollinies. Par conséquent, seules les plantes à nectaires longs, qui contraignent l'insecte à heurter la base des pollinies pour atteindre le nectar, se reproduisent : le caractère "nectaire long" est favorisé par la sélection. Parallèlement, celle-ci favorise chez le papillon le caractère "trompe longue", puisque les papillons à trompe courte n'atteignent pas le précieux nectar et, mal nourris, ne se reproduisent pas normalement.

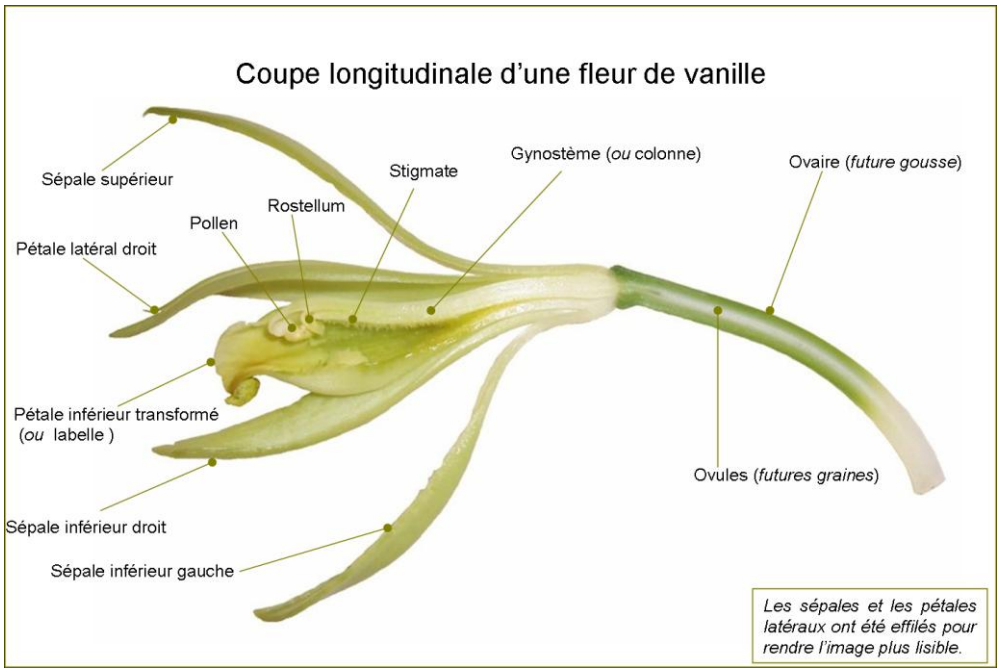
Ci-dessous, l'orchidée Angraecum sesquipedale a des nectaires de 28 à 32 cm de long et le papillon Xanthopan morgani, qui la pollinise, une trompe de plus de 25 cm.

Source : www.canal-u.tv/themes/sciences_de_l_ingenieur/sciences_du_vivant/la_coevolution

Le papillon Xanthopan morgani et l'orchidée Angraecum sesquipedale
Source : Marcel Lecoufle, 1981

Document 2 : Pollinisation de Vanilla planifolia

Le Vanillier appartient à la famille des orchidées. Comme les lianes (et non comme un parasite), cette plante épiphyte (qui pousse sur un autre végétal) a besoin d'un support pour se nourrir directement dans le sol.



Comme toutes les orchidées, elle est extrêmement fragile. Elle se développe essentiellement sous les tropiques, à basse altitude, et elle a besoin d'une juste mesure d'humidité et d'une température minimum de 12°C. La vanille s'enroule autour de ses arbres préférés dont elle se sert de tuteurs. En serre, ses fleurs sont fécondées à la main entre 8h et 13h, sans cela elle ne donnerait pas de fruit ou gousse. Elle fleurit à partir d'octobre. La gousse se développe alors pour atteindre sa taille adulte au bout de 6 mois ; elle est ensuite cueillie, triée, échaudée, séchée puis commercialisée.

Petit historique

Sans intervention extérieure, la pollinisation de la vanille n'est pas possible. Il existe une fine languette (le rostellum) qui empêche tout contact entre les étamines et le pistil, qui empêche donc toute fécondation.

Dans son pays d'origine, le Mexique, la fécondation est assurée par une petite abeille (la Mélipone) lorsque celle-ci pénètre dans la fleur. Cet insecte n'existe pas sur l'île de la Réunion..

Lorsque le Vanillier fût introduit en 1819 à la Réunion, les fleurs de vanille donnaient très rarement une gousse (moins d'une fleur sur cent)...

C'est en 1841, qu'un jeune esclave, Edmond Albius, mit au point une méthode artificielle de pollinisation de la vanille.

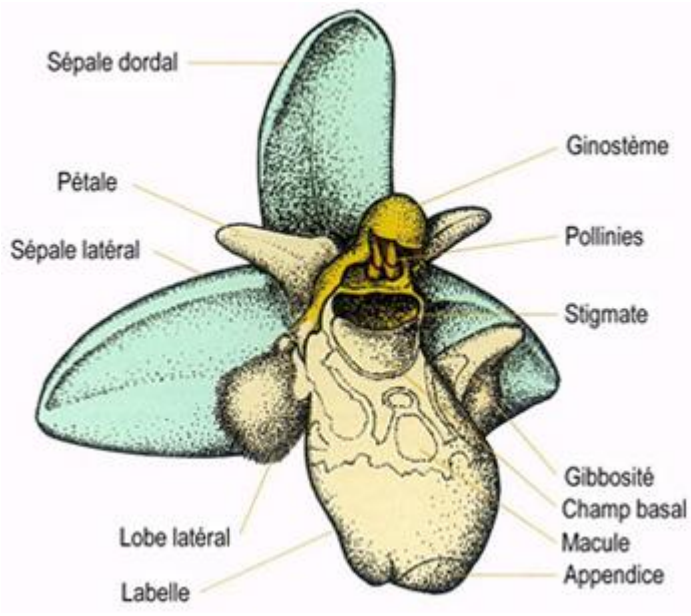
Extraits d'une lettre de Féréol Bellier, datée du 17 février 1861.

« Me promenant avec mon fidèle compagnon, j'aperçus sur le seul vanillier que j'eusse alors une gousse bien nouée. Je m'en étonnai, et le lui fit remarquer. Il me dit que c'était lui qui avait fécondé la fleur. Je refusai de le croire, et passai. Mais 2 à 3 jours après je vis une seconde gousse près de la première. Je demandai alors comment il avait fait. Il exécuta devant moi cette opération que tout le monde pratique aujourd'hui... »

Source : http://cesesvete.free.fr/classes/6eme/6eme_travaux_pratiques/vanille/vanille.htm

Document 3 : Pollinisation chez Ophrys

Certaines plantes ont des fleurs sans nectar qui imitent, par la couleur et l'odeur, les fleurs d'autres espèces qui sont, elles, nectarifères ! Les orchidées du genre Ophrys ont développé une autre stratégie : elles ne produisent pas de nectar mais chaque espèce attire le mâle d'une espèce d'abeille sauvage.



© Biotope

Photo © Georges Jardin / Corifa

Source : www.corif.net/site/especemois/ophrysabeille.htm

Ainsi, l'Ophrys abeille utilise les services d'un insecte, en l'occurrence d'un hyménoptère, pour assurer sa reproduction. Elle l'attire au moyen de leurres visuel (son labelle ressemble par la forme au corps de la femelle) et olfactif (phéromone). Le mâle (souvent un jeune) vient alors se poser sur la piste d'atterrissage que la plante lui offre.

À ce moment, des signaux tactiles se rajoutent aux signaux chimiques et visuels, dus à la position, la taille et l'orientation de la pilosité du labelle. Le mâle, au comble de l'excitation, tente alors de s'accoupler avec ce qu'il croit être une partenaire : c'est la pseudocopulation.

Les mouvements désordonnés de l'insecte vont l'amener à heurter les pollinies qui vont se coller à lui. Lorsqu'il finira par se lasser, il les emmènera avec lui, et pour peu qu'il se fasse piéger à nouveau, déposera une partie de sa cargaison dans une autre fleur.

Et si aucun insecte ne vient à passer par là, pas de problème ; parmi les ophrys, l'Ophrys abeille est la seule espèce ayant régulièrement recours à l'autofécondation.

Les pollinies, dont les longues tiges se dessèchent très rapidement après l'ouverture de la fleur (quelques heures suffisent) tombent sur le stigmate et viennent alors le féconder.

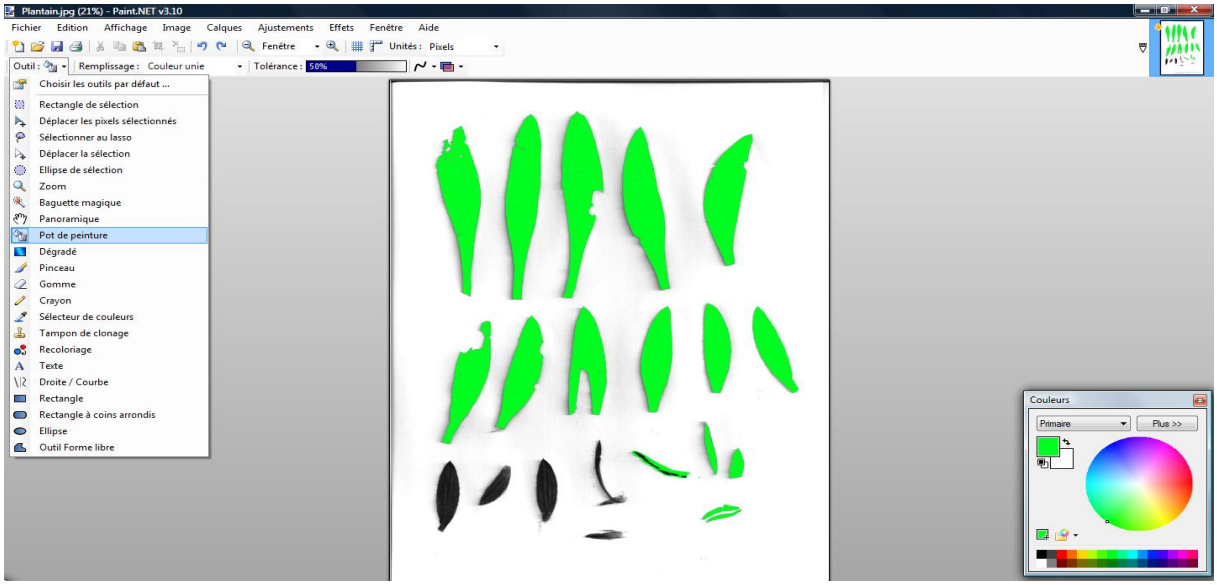
Cette autogamie entraîne fréquemment des anormalités de couleur, telles que la dépigmentation.

Annexe 1 : fiche méthode pour l'utilisation du logiciel MESURIM©

Il s'agit d'un logiciel libre : http://pedagogie.ac-amiens.fr/svt/info/logiciels/Mesurim2/Telecharge.htm

Scanner et colorer les feuilles

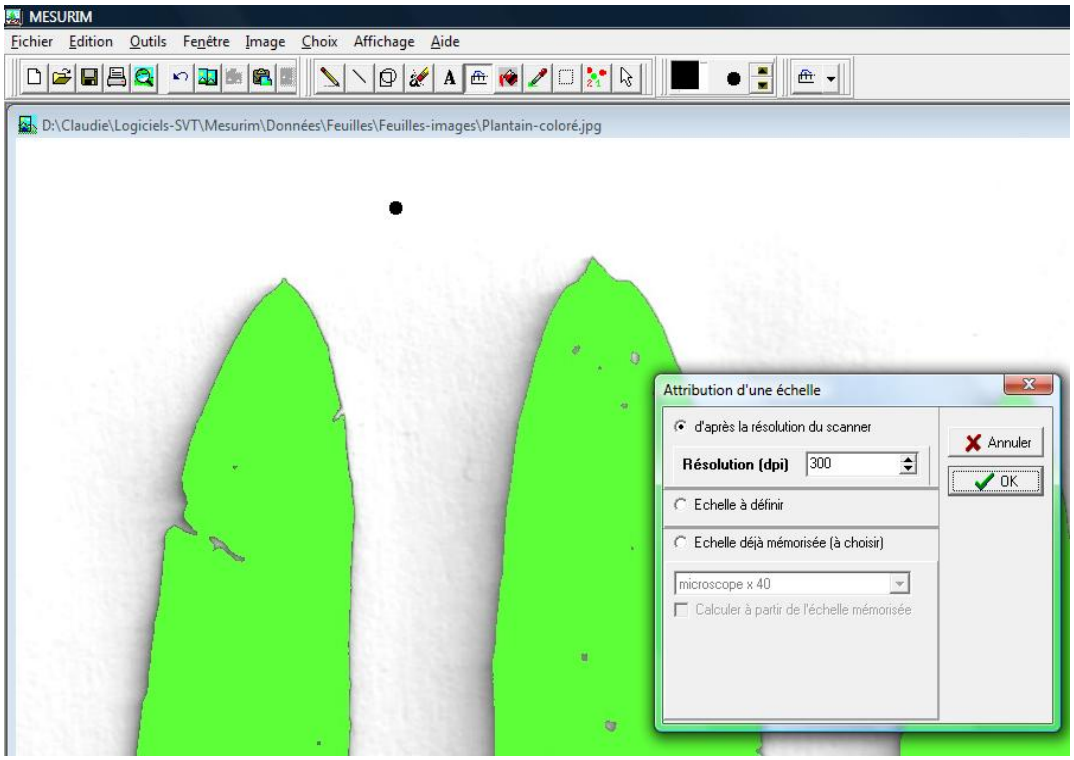
1. Coller les feuilles du végétal ou la plantule entière sur une feuille blanche.
2. Scanner cette feuille.
3. Ouvrir cette image dans un logiciel de traitement d'image.
4. Dans outil choisir « Pot de peinture » puis cliquer sur les feuilles pour les colorer.



5. Enregistrer l'image.

Mesurer la surface des feuilles

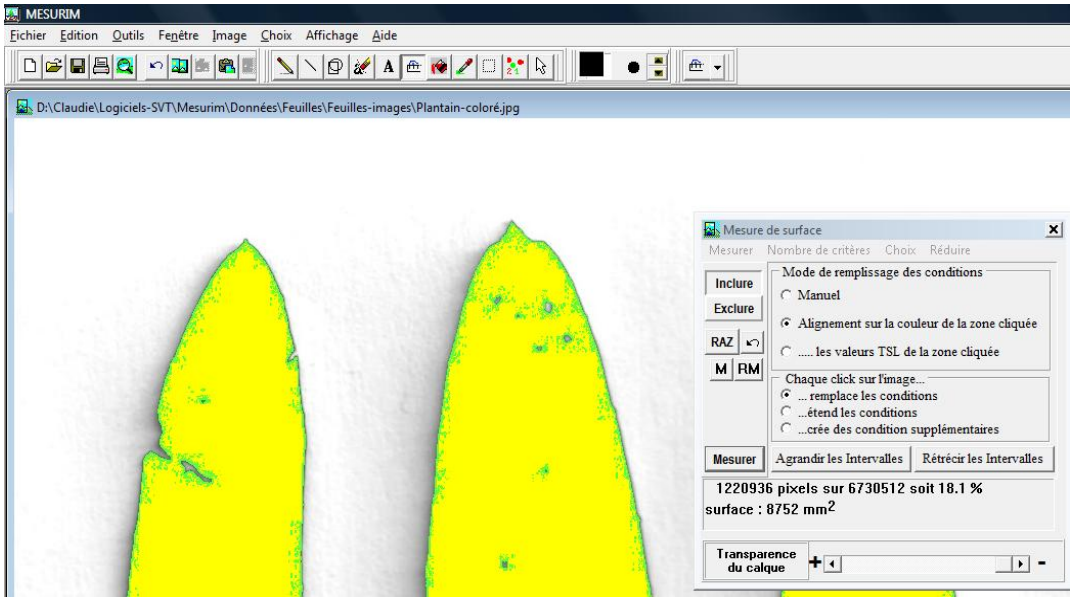
6. Ouvrir votre image dans MESURIM.
7. Définir l'échelle : choisir « image » puis « créer et modifier l'échelle ».
8. Compléter la fenêtre qui s'affiche avec la résolution de votre scanner puis OK



9. Choisir : « choix, outil de mesure puis surface » une fenêtre apparaît.

10. Choisir « alignement sur la couleur de la zone cliquée » et « remplace les conditions » cliquer sur la couleur des feuilles, puis MESURER.

11. Cliquer sur les parties qui n'ont pas été prises et puis Mesurer en nouveau pour obtenir une valeur correcte qui s'affiche en mm^2.

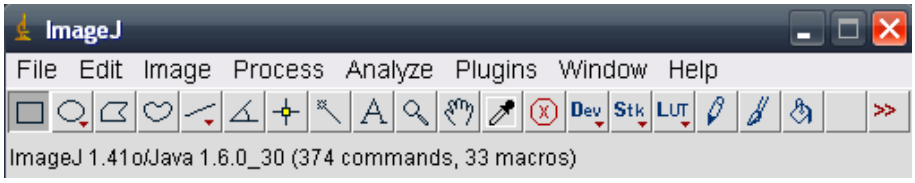


Annexe 2 : fiche méthode pour l'utilisation du logiciel TOASTER©

Logiciel TOASTER : http://umramap.cirad.fr/amap2/logiciels_amap/index.php?page=eduction .

Lancer le logiciel et le plugin.

ImageJ



Cliquer sur Plugins/Toaster/EducationLauncher

Trees or planT Organs And STructures analysER

Cliquer sur Preferences/modify et paramétrer les éléments :

- les dossiers de travail : où trouver les données d'entrée, où déposer les résultats, sous quels formats,…
- les formats d'export.

Ouvrir l'image souhaitée (Files/open Image).

Puis lancer le module Leaver en cliquant sur la feuille.

Utilisation du Module Leaver

Paramétrer l'interface

L'interface permet de paramétrer le traitement pour l'adapter à l'image :

- l'aspect *métrique* concerne essentiellement les tailles significatives dans la série étudiée,
- l'aspect *gestion* donne accès aux chemins et formats d'export.

1. Ouvrir une image TIFF

Deux paramètres sont modifiables :

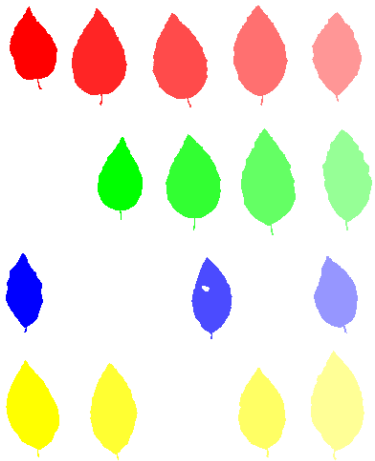
- **Leaf - Minimal size** (mm^2) : surface à partir de laquelle les structures identifiées seront considérées comme des feuilles.
- **Hole - Minimal size** (mm^2) : ce seuil fixe la plus grande surface des trous qui seront automatiquement comptabilisés dans la surface de la feuille. Au-delà de cette valeur, les trous sont conservés.

2. Ouvrir une image BMP, JPG, PNG…

Trois paramètres sont modifiables :

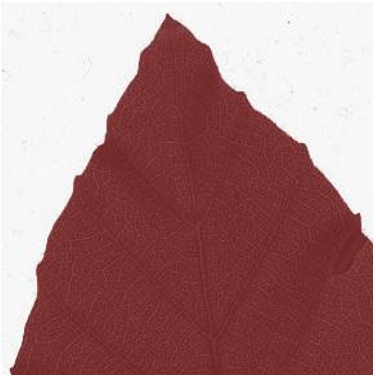
- **Input - Pixel size** (= facteur d'échelle) : c'est la taille en millimètre de la hauteur (ou de la largeur) du pixel, supposé carré. Cette valeur sera obtenue en divisant 25,4 (valeur millimétrique du pouce) par la résolution optique de l'image exprimée en dpi (Dot Per Inch) ou ppp (Point Par Pouce), notée lors de la phase de numérisation ou lue à partir d'un éditeur d'images.
- **Leaf - Minimal size** (mm^2) : surface à partir de laquelle les structures identifiées seront considérées comme des feuilles.
- **Hole - Minimal size** (mm^2) : ce seuil fixe la plus grande surface des trous qui seront automatiquement comptabilisés dans la surface de la feuille. Au-delà de cette valeur, les trous sont conservés.

Contrôle de cohérence



La cohérence de la coloration permet de rendre compte de la cohérence du traitement : une couleur pour chaque ligne de feuilles, un dégradé de teintes pour chaque feuille dans la ligne.

Contrôle d'exactitude



Le contrôle d'exactitude permet de s'assurer de la bonne segmentation des images, c'est-à-dire de la précision réelle de l'identification des feuilles.

Il s'agit d'images de contrôle produites par la superposition sur l'image initiale des zones retenues. La structure anatomique de chaque feuille est vue par transparence, ce qui permet d'évaluer la qualité de la segmentation.

Résultats numériques

	A	B	C	D	E	F
1	Image	Identifiant	Area	adjMajor	adjMinor	circ.
2	im01	01_01	655.9054982	44.560833	24.851326	0.56561863
3	im01	01_02	929.8547711	51.72825	29.467371	0.59902257
4	im01	01_03	929.0088946	51.40731	29.663826	0.6211946
5	im01	01_04	954.965832	53.280506	28.851784	0.62881607
6	im01	01_05	764.1705146	47.916622	26.236246	0.6356188
7	im01	02_01	319.4115475	32.10198	16.664772	0.60587
8	im01	02_02	288.7807844	29.460972	16.8848	0.56780344
9	im01	02_03	627.6188164	44.371452	23.767012	0.58225685
10	im01	02_04	909.0591137	51.572212	29.208315	0.5969762
11	im01	02_05	1012.170018	57.096497	28.637869	0.60268813
12	im01	02_06	873.4391133	53.791866	25.43952	0.600011
13	im01	03_01	513.2821275	42.303856	20.227884	0.5813066
14	im01	03_02	160.3581022	21.741728	11.660619	0.6432554
15	im01	03_03	420.2285502	34.264194	19.03625	0.6478899
16	im01	03_04	576.7300293	43.486485	21.407778	0.6160087
17	im01	03_05	205.935072	23.605568	13.621956	0.68553084
18	im01	03_06	604.7012995	42.77645	22.971014	0.60379565
19	im01	04_01	877.5394635	52.14375	27.245235	0.6232924
20	im01	04_02	817.1166453	52.076164	25.114407	0.61350995
21	im01	04_03	463.6334813	36.79185	20.23639	0.6205293
22	im01	04_04	758.8085182	48.101654	25.112564	0.6115866

Chaque ligne correspond à une feuille traitée. Les deux premières colonnes permettent d'identifier la feuille dans la série d'images traitées : la première donne le nom de l'image, la seconde le n° de ligne et le rang de la feuille.

Les quatre colonnes suivantes sont les paramètres évalués :

- **Area :** surface en mm^2 de la feuille.
- **adjLength** : c'est la longueur « ajustée » (en mm) de la feuille.
- **adjWidth** : c'est la largeur « ajustée » (en mm) de la feuille.
- **Circularity** : c'est le coefficient de circularité : il décrit la compacité de la feuille. Il est définit par 4pi (aire/$périmetre^2$). Une valeur de 1 indique un cercle parfait. Une valeur tendant vers 0 caractérise une forme allongée. Les valeurs ne sont pas pertinentes pour des petits objets (pour lesquels les pixels du périmètre se confondent avec les pixels de la surface). Dans ce cas, la valeur 1 sera donnée.

Annexe 3 : fiche méthode pour la réalisation d'une dissection florale

Matériel :

- pour réaliser et observer la dissection :
  - une paire de ciseaux fins ;
  - un scalpel ;
  - une paire de pinces fines ;
  - une loupe binoculaire avec une source lumineuse.
- pour fixer la préparation :
  - du ruban adhésif transparent ou de la colle ;
  - une feuille de papier.

Réalisation de la dissection florale

1. Enlever les sépales et les pétales

- À l'aide de ciseaux et de pinces, ôter les sépales (pièces florales chlorophylliennes les plus externes).
- Puis de la même manière, ôter les pétales (pièces florales colorées).

N.B. : Lorsqu'on ne peut distinguer sépale et pétale, on parle de tépale

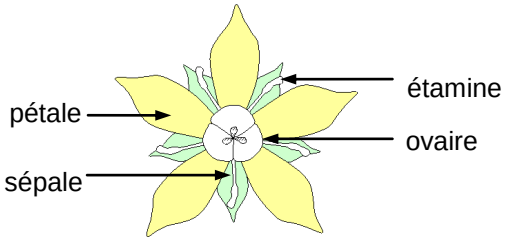


Schéma d'une fleur (vue de dessus)

2. Enlever les organes reproducteurs

- Prélever à l'aide des pinces l'ensemble des étamines.
- Tenir le pistil à l'aide des pinces, puis couper délicatement l'ovaire situé à sa base (pédoncule floral).

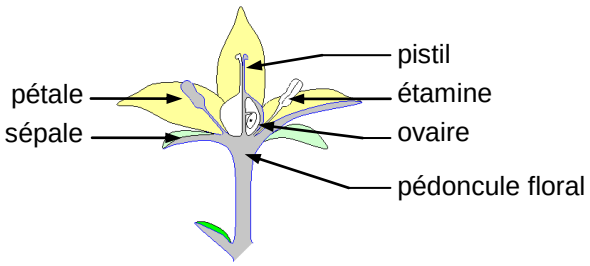


Schéma d'une fleur (vue en coupe)

3. Observer les organes reproducteurs

- Observer le pollen des étamines à la loupe binoculaire. Les étamines sont constituées d'un filet sur lequel est fixé l'anthère (= sac pollinique).
- Ouvrir l'ovaire à l'aide du scalpel et observer les ovules contenus dans les ovaires à la loupe binoculaire.

4. Réaliser un compte-rendu

- Coller l'ensemble des pièces florales sur une feuille de papier en respectant l'agencement spatial. Légender les pièces florales.

Annexe 4 : fiche méthode pour la réalisation d'un diagramme floral

Un diagramme floral est une représentation schématique de l'organisation des pièces florales d'une fleur.

Il est orienté de telle sorte que l'axe inflorescentiel (symbolisé par un point) soit situé en haut du schéma et la bractée qui axille le pédoncule floral en bas ; le plan constitué par la nervure médiane de la bractée florale et l'axe inflorescentiel est appelé plan floral. Une pièce est dite adossée lorsqu'elle est située entre l'axe floral et l'axe inflorescentiel.

Il s'inscrit dans un cercle pour les fleurs actinomorphes ou dans une ellipse pour les fleurs zygomorphes.

Il indique :

- le nombre de pièces par cycle ;
- la disposition des pièces florales ;
- la structure de l'ovaire.

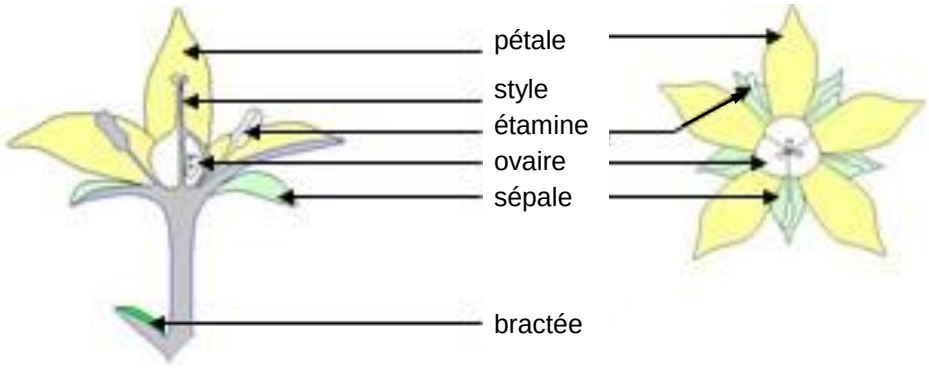


Schéma de la fleur en coupe

Schéma de la fleur vue de dessus

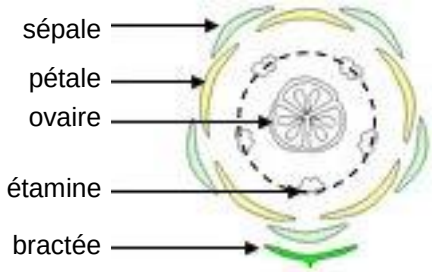


Diagramme floral de cette fleur

Dessiner un diagramme floral étape par étape :

Compléter le diagramme floral à mesure que vous disséquez la fleur, du verticille le plus externe au verticille le plus interne.

Symboles de représentation :

- croissant ou arc de cercle pour les bractées, préfeuilles, sépales et pétales ;
- section transversale d'anthère avec les loges pour les étamines ;
- section transversale du ou des ovaires.
- une croix en lieu et place du ou des pièces manquantes (par rapport à une structure florale de référence) ;
- un trait plein pour marquer les soudures ;
- un trait pointillé pour marquer l'appartenance à un même cycle.

Étape 1

Dessiner des cercles concentriques au crayon gris (autant de cercles que de verticilles.

Étape 2

Dessiner le verticille le plus externe : représenter le nombre de sépales présents sur la fleur.

Étape 3

Dessiner le verticille suivant : représenter le nombre de pétales présents sur la fleur.

Étape 4

Représenter le nombre d'étamines présents sur la fleur.

Étape 5

Disséquer le pistil pour connaître le nombre d'ovaires et d'ovules.

Étape 6

Représenter la bractée sous le diagramme floral.