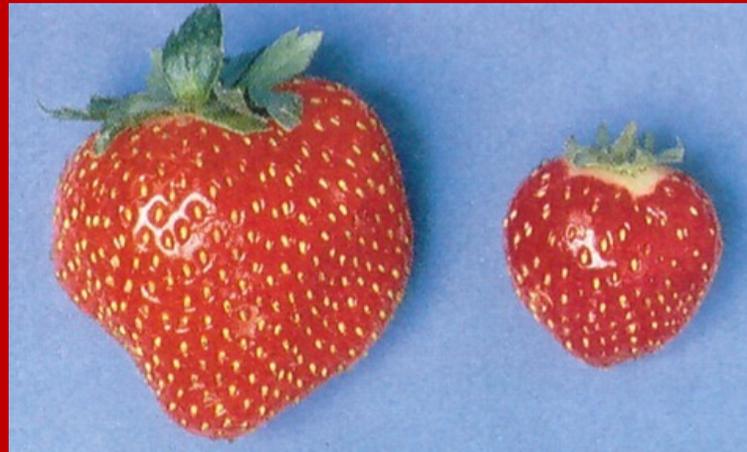


TS SPÉCIALITÉ 2020

De la plante sauvage à la plante domestiquée



seconde : l'organisation fonctionnelle du vivant
spécialité de première : mycorhizes.

Discussions et approches :

Nouveautés: croissance et différenciation / méristème / phytomères / hormones végétales et influence des conditions du milieu (gravité, phototropisme.

Expériences historiques sur l'action de l'auxine

- ☐ l'étude s'appuie uniquement sur l'observation d'une plante en tant qu'organisme.
- ☐ La connaissance de l'anatomie végétale se limite au repérage du phloème, du xylème ainsi qu'à l'indication de leurs rôles – sans mécanisme – dans les échanges entre organes de la plante.
- ☐ La différenciation cellulaire se limite à l'identification de cellules différenciées.
- ☐ La connaissance des mécanismes de la différenciation cellulaire n'est pas attendue, pas plus que l'étude de la diversité et du mode d'action des hormones végétales.
- ☐ il s'agit d'aboutir à une compréhension globale de la plante, de ses différents organes et de leurs fonctions.
- ☐ Un schéma fonctionnel synthétique permet de présenter les notions à retenir.

Objectifs du programme :

Les élèves apprennent :

- que par diverses caractéristiques, les plantes terrestres montrent une capacité d'adaptation à la vie fixée à l'interface sol/atmosphère, dans des environnements variables.
- TP3 que les plantes développent de grandes surfaces d'échange, aériennes d'une part (optimisation de l'exposition à la lumière, source d'énergie, transferts de gaz) et souterraines d'autre part (absorption d'eau et d'ions du sol facilitée le plus souvent par des symbioses, notamment les mycorhizes).
- TP3 que des tissus conducteurs canalisent les circulations de matière dans la plante, notamment entre les lieux d'approvisionnement en matière minérale, les lieux de synthèse organique et les lieux de stockage.
- TP 2 : que le développement d'une plante associe croissance (multiplication cellulaire par mitoses dans les méristèmes, suivie d'élongation cellulaire) et différenciation d'organes (tiges, feuilles, fleurs, racines) à partir de méristèmes.
- TP 2 : que ce développement conduit à une organisation modulaire en phytomères, contrôlée par des hormones végétales TP 5 et influencée par les conditions de milieu.

Mots clés : organisation générale d'une plante angiosperme : tige, racine, feuille, stomates, vaisseaux conducteurs ; méristème ; multiplication et élongation, organogenèse.

Activités possibles :

- Conduire l'étude morphologique simple d'une plante commune mettant en lien structure et fonction.
- Estimer (ordre de grandeur) les surfaces d'échange d'une plante par rapport à sa masse ou son volume.
- Mettre en oeuvre un protocole expérimental de localisation des zones d'élongation au niveau des parties aériennes ou souterraines.
- Étudier les surfaces d'échange des mycorhizes, associations symbiotiques entre champignons et racines de plantes, déjà observées en classe de première.
- Réaliser et observer des coupes dans des organes végétaux afin de repérer les grands types de tissus conducteurs (phloème, xylème).
- Étudier et/ou réaliser les expériences historiques sur l'action de l'auxine dans la croissance racinaire ou caulinaire.
- Établir et mettre en oeuvre des protocoles montrant l'influence des conditions de milieu (lumière, gravité, vent) sur le développement de la plante..

ECS première: pigments / spectres d'absorption / equation bilan de la PS
Acquis seconde et 1 spé: métabolisme et enzyme

Discussions et approches :

☐ **Limites du programme:** études expérimentales des processus moléculaires de la photosynthèse non attendus / ni « réductions d'autres substances minérales dans le chloroplastes ». Mais notions fondamentales: photolyse de l'eau et réduction du CO₂?

=> **Le mécanisme est beaucoup moins approfondi que la spé actuelle**

⇒ **La photosynthèse est prise dans son sens large (mécanisme de PS (glucose) + biosynthèse dérivée (sacch amidon etc...))**

☐ **Expériences historiques (d'Arnon...)**

☐ **Nouveautés:** On s'intéresse ici avant tout au bilan et **aux produits de la photosynthèse**, à leur **diversité** et à leur **fonction dans les plantes**.

☐ **Interactions mutualistes et compétitives** (cf anciens pg de TS TC)

Sous-thème : La plante, productrice de matière organique

Objectifs du programme :

Les élèves apprennent :

- **TP 4** : que les parties aériennes de la plante sont les lieux de production de matière organique par photosynthèse.
- **TP 4** : que captée par les pigments chlorophylliens au niveau du chloroplaste, l'énergie lumineuse est convertie en énergie chimique par la photolyse de l'eau, avec libération d'O₂ et réduction du CO₂ aboutissant à la production de glucose et d'autres sucres solubles.
- que ceux-ci circulent dans tous les organes de la plante où ils sont métabolisés, grâce à des enzymes variées, en produits assurant les différentes fonctions biologiques dont : **vu au cours de tous les TP**
 - la croissance et le port de la plante (cellulose, lignine) ;
 - le stockage de la matière organique (saccharose, amidon, protéines, lipides) sous forme de réserves dans différents organes, qui permet notamment de résister aux conditions défavorables ou d'assurer la reproduction ;
 - les interactions mutualistes ou compétitives avec d'autres espèces (anthocyanes, tanins).

Mots clés : chloroplaste, pigments chlorophylliens, photolyse de l'eau, réduction du CO₂, sève brute et sève élaborée, diversité chimique dans la plante.

Activités possibles :

- Étudier et/ou mettre en oeuvre des expériences historiques sur la photosynthèse.
- Réaliser et observer des coupes dans des organes végétaux pour repérer une diversité de métabolites.
- Mettre en évidence expérimentalement la présence d'amidon dans les chloroplastes et les amyloplastes de réserve dans des organes spécialisés (graine, fruit, tubercules...).
- Mettre en oeuvre une coloration afin d'identifier la lignine et la cellulose et d'analyser leur distribution.
- Réaliser une chromatographie de pigments végétaux.(fait après avec l'endosymbiose)
- Extraire, organiser et exploiter des informations sur les effets antiphytophages, antibactériens ou antioxydants des tanins..

spécialité de terminale : clones, brassage génétique.

Discussions et approches :

🔍 **Nouveautés: reproduction asexuée / mécanisme d'incompatibilité pour la fécondation / Notion d'embryon et de graine comme organe de réserve**

🔍 l'étude de la reproduction sexuée se limite à l'examen du rapprochement des gamètes à l'origine de nouveaux organismes. Sont hors programme : la structure du grain de pollen, sa formation, les mécanismes de la double fécondation, les détails des mécanismes d'incompatibilité et les mécanismes de formation de la graine ou du fruit.

🔍 il s'agit de présenter les éléments fondamentaux de la reproduction asexuée et sexuée des plantes angiospermes. L'étude de la fleur puis de la graine est opportunément liée à celle de la plante domestiquée.

🔍 **Expérience historique**

Mots clés : totipotence ; clonage ; fleur : pistil, ovule végétal, étamine, pollen ; fruit ; graine ; pollinisation et dissémination par le vent ou les animaux ; coévolution..

Objectifs du programme :

Les élèves apprennent :

- que les plantes ont deux modalités de reproduction : sexuée et asexuée.
- TP5 que la reproduction asexuée repose sur la totipotence des cellules végétales et les capacités de croissance indéfinie des plantes, à partir de presque n'importe quelle partie du végétal (tiges, racines, feuilles).
- TP 6 que la reproduction sexuée est assurée chez les Angiospermes par la fleur où se trouvent les gamètes femelles, au sein du pistil, et les grains de pollen, portés par les étamines, vecteurs des gamètes mâles.
- que chez certaines espèces, la fécondation des gamètes femelles par les gamètes mâles de la même fleur est possible, voire obligatoire.
- que dans les autres cas, elle est rendue impossible par divers mécanismes d'incompatibilité.
- que la fécondation croisée implique une mobilité des grains de pollen d'une plante à une autre.
- que dans une majorité de cas, la pollinisation repose sur une collaboration entre plante et pollinisateur en relation avec la structure florale ; le vent peut aussi transporter le pollen.
- qu'à l'issue de la fécondation, la fleur qui porte des ovules se transforme en un fruit qui renferme des graines.
- TP 1 : que la graine contient l'embryon d'une future plante qu'elle protège (enveloppe résistante) et nourrit à la germination en utilisant des molécules de réserve préalablement accumulées.
- TP 6 que la dispersion des graines est une étape de mobilité dans la reproduction de la plante.
- qu'elle repose sur un mutualisme animal disperseur / plante et sur des agents physiques (vent, eau) ou des dispositifs spécifiques à la plante. .

Activités possibles :

- Mettre en œuvre un protocole de reproduction asexuée (bouturage, marcottage, culture in vitro saint paulia) ou étudier la régénération des petits fragments tissulaires en laboratoire.
- **Obs hérétostylie et incompatibilité fécondation chez la primevère**
- Réaliser la dissection d'une fleur entomogame pour mettre en lien structure et fonction. (colza)
- Mettre en évidence, dans l'analyse fonctionnelle d'une fleur, les relations entre une plante et un animal pollinisateur, et leurs éventuelles implications évolutives (coévolution).
- Mettre en œuvre un protocole de sciences participatives sur les relations plantes/pollinisateurs.
- Mettre en évidence les réserves de la graine et interpréter des expériences historiques sur la germination montrant la mobilisation des réserves de la graine.
- Mettre en évidence les relations entre une plante et un animal disséminateur de graines.

Exemple possible de programmation : groupe à 24 , 4h de TP , 2 h de cours

Commencer par les plantes car septembre est une bonne période...respectons le cycle saisonnier, de façon plus pragmatique cela laisse aussi le temps au programme de ES de se dérouler.

1 Septembre	TP 1 : Graine : protection et réserves	Observation à la loupe binoculaire de graines gonflées de haricots : Trouver la plantule Déterminer les réserves contenues dans les cotylédons (Ateliers) Mise en évidence d'une activité amylasique dans une graine de maïs Mettre à germer des graines dans différentes conditions	
Septembre	TP 2 : Lieu de croissance	Atelier 1 : Zone de croissance avec mesurim (moitié de classe) Atelier 2 : Auxine sur coléoptiles avec mesurim (autre moitié) Tous : Montrer les zones de croissance et de différenciation avec rouge neutre sur vacuole	
Septembre	Bilan	Mise en commun des ateliers et présentation	
2 Septembre	TP3 : Plante fixée Rôle des racines Rôle de la tige	Absorption d'eau par la zone pilifère Mycorhizes Céleri dans bleu de méthylène et coloration au carmino-vert. Voir les vaisseaux et le tissus de soutien : lignine, cellulose	
Septembre	TP 3 suite Rôle de la feuille	Stomates /chloroplastes/raphides (on peut voir les trois en même temps su feuille de misère) Surface d'échanges avec mesurim	
Septembre	Bilan	Compléter schéma du végétale	
3 Septembre	TP4 : Les feuilles synthèse de matières organique	Synthèse amidon dans feuille, avec lumière et chlorophylle Observer les grains d'amidon dans les chloroplastes Les organes de réserves, fruits, rhizomes, bulbes	
Septembre	TP 5 : Reproduction asexuée	Culture du Saint-Paulia (voir ressource Elsa Orfeuille) Observation des cals parler de clones Avoir des cals d'avance. Permet de reparler de l'auxine.	5 semaines + tard pour repiquage : TPI clone en génétique
Septembre	Bilan/ contrôle 1 h		
4 Septembre	TP6 : Fleur- fécondation et dispersion des graines	Dissection de la fleur, observation de pollens et ovules. Mode de dissémination des graines. Mutualisme animal disperseur plante Sciences participatives (voir ressource Charlotte Tessanne)	

Et avec le protocole sanitaire strict du COVID sans matériel type ordinateur, microscope, loupe bino?

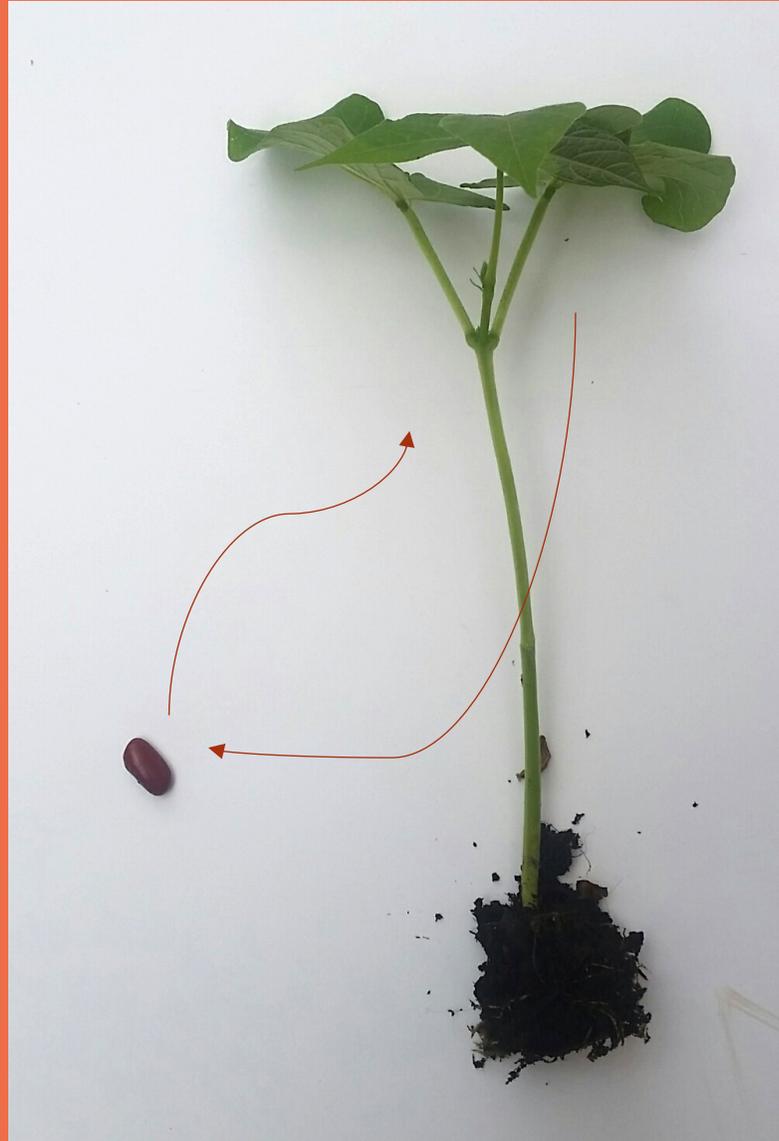
1 Septembre	TP 1 : Graine : protection et réserves	Observation à la loupe à main de graines gonflées de haricots : Trouver la plantule Déterminer les réserves contenues dans les cotylédons (Ateliers)(pas de coupe noix, test papier) Mise en évidence d'une activité amylasique dans une graine de maïs Mettre à germer des graines dans différentes conditions Ce TP est faisable en prévoyant du matériel pour chaque élève à usage unique
Septembre	TP 2 : Lieu de croissance	Atelier 1 : Zone de croissance avec mesurim (moitié de classe) Atelier 2 : Auxine sur coléoptiles avec mesurim (autre moitié) Ils peuvent mesurer sur leur livre belin p 204 et bordas p 197(attention échelle) Ou sur des photocopies et faire leur graphique à la main!!!!. Montrer les zones de croissance et de différenciation avec rouge neutre sur vacuole(pas possible) Photos pages citées précédemment
Septembre	Bilan	Mise en commun des ateliers et présentation
2 Septembre	TP3 : Plante fixée Rôle des racines Rôle de la tige	Absorption d'eau par la zone pilifère (prévoir des photos à projeter) Mycorhizes (belin p 201 et bordas p 189) Céleri dans bleu de méthylène : faisable et distribution d'un bout de tige, ils verront les points bleus et coloration au carmino-vert.(belin p 203 et bordas p 195) Voir les vaisseaux et le tissu de soutien : lignine, cellulose (livre, projection de photos)
Septembre	TP 3 suite Rôle de la feuille	Stomates : acheter une plante de Pilea peperomoides: stomates énormes visibles à l'œil nu /chloroplastes/raphides (belin p200 et bordas p 191) Surface d'échanges avec mesurim : on leur donne une feuille et ils calculent la surface à l'ancienne (la feuille de pilea est ronde!!!!)
Septembre	Bilan	Compléter schéma du végétale
3 Septembre	TP4 : Les feuilles synthèse de matières organique	Synthèse amidon dans feuille, avec lumière et chlorophylle : démonstration au bureau possible. Observer les grains d'amidon dans les chloroplastes (belin p 224 et bordas p 215) Les organes de réserves, fruits, rhizomes, bulbes : faisable pour la mise en évidence de l'amidon.
Septembre	TP 5 : Reproduction asexuée	Culture du Saintpaulia (voir ressource Elsa Orfeuille) Observation des cals parler de clones Avoir des cals d'avance. Permet de reparler de l'auxine. TP infaisable
Septembre	Bilan/ contrôle 1 h	
4 Septembre	TP6 : Fleur- fécondation et dispersion des graines	Dissection de la fleur, observation de pollens et ovules: Observation à la loupe à main Mode de dissémination des graines = faisable avec une bonne réserve de graines différentes Sciences participatives (voir ressource Charlotte Tessanne) TP infaisable

Comment la graine évolue-t-elle en plantule?

Comment cette plante fixée, se nourrit-elle, tient-elle debout, se protège-t-elle, se construit-elle, se reproduit-elle, donne-t-elle une graine?

Idée perso :
commencer par la
graine et finir par la
graine
La semence : un
enjeu majeur pour
nourrir l'humanité

Photo perso :
Graine de haricot
rouge et une jeune
plante de 3 semaines



Les élèves connaissent la
photosynthèse, ils répondent à une
des question. On va plus loin :
**Quels sont les produits de la
photosynthèse, quels sont leurs
rôles ? Comment circulent-ils
dans la plante ?**

**Quels sont les effets de la
domestication ?
Quels enjeux autour des
semences ?
Quels impacts sur l'homme ?**

Leur donner un tableau qu'ils remplissent au fur et à mesure pour répertorier toutes les molécules organiques nécessaires à la croissance de la plante et produites par la photosynthèse

Nom de la molécule vue en TP						
Rôle de la molécule						
Structure de la plante						
Structure chimique						
BILAN						

Pour chaque TP il est possible d'imaginer une évaluation d'une ou plusieurs compétences pour préparer aux ECE.

-  Proposition d'une stratégie de résolution
-  Exécution du protocole (geste technique pour coupe ou/et observation micro ou /et suivi des consignes.....)
-  Présentation des résultats (tableau, dessin, graphique....) et interprétation

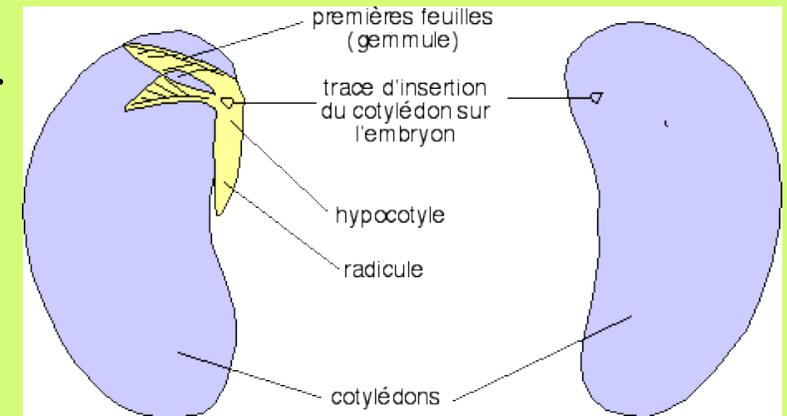
Pour les TP à 24 ne pas évaluer tous les élèves en même temps.

TP I : La graine un organe de protection et de réserves

Démontrer grâce aux différentes activités que la graine contient l'embryon d'une future plante qu'elle protège (enveloppe résistante) et nourrit à la germination en utilisant des molécules de réserve préalablement accumulées

Activité I: Comprendre le rôle de la graine

- * Observation à la loupe binoculaire de graines gonflées de haricot.
 - Trouver la structure protectrice
 - Trouver la structure à l'origine de la futur plante
 - Proposer une hypothèse sur le rôle des cotylédons
- * Faire un dessin légendé



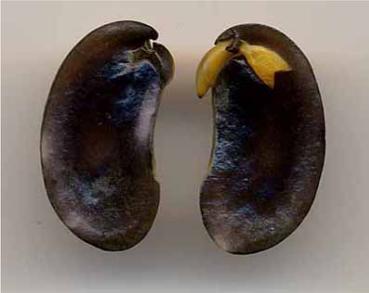
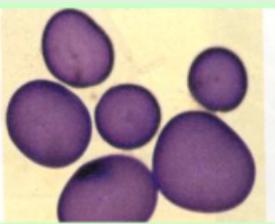
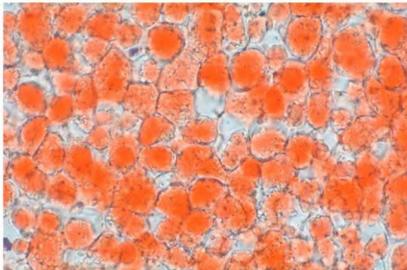
Comment mettre en évidence que les cotylédons sont des réserves?



Les élèves doivent proposer d'utiliser des réactifs et donner des conséquences vérifiables

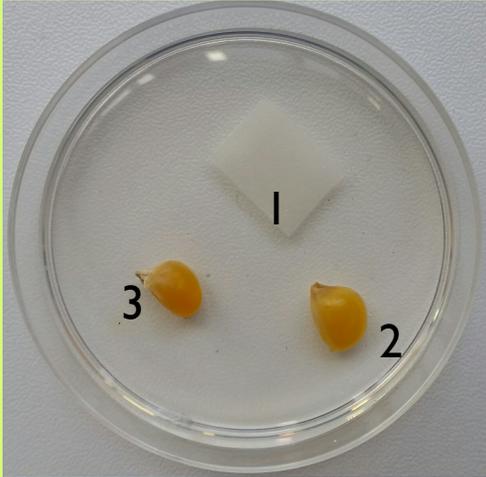
Exp : Eau iodée réactif de l'amidon, si présent le cotylédon deviendra violet-noir

Activité 2 : Déterminer les réserves contenues dans les cotylédons

Réactifs	LUGOL	BIURET	ROUGE SOUDAN
Protocoles 	Tremper les graines imbibées quelques minutes dans du Lugol Faire des coupes fines des cotylédons et monter entre lame et lamelle dans une goutte d'eau	Après avoir fait tremper 24 h des graines dans du sulfates de cuivre (0,1 mol/L), couper les en deux et déposer une goutte d'hydroxyde de sodium à 0.1 mol/L	Faire des coupes fines dans une noix, monter entre lame et lamelle dans une goutte de rouge de soudan
Résultats macro et/ou microscopique 	  <p>Haricot</p>		 <p>2 Coupe de cerneau de noix observée au microscope optique (x100). Le cerneau a été coupé très finement et monté entre lame et lamelle dans une goutte de rouge Soudan III.</p>
Interprétations 	Présence de grains d'amidon	les réserves protéiques	les réserves lipidiques

A quoi servent ces réserves et d'où viennent-elles ?

Activité 3 : Mettre en évidence la mobilisation des réserves pour la plantule



Exécution du protocole

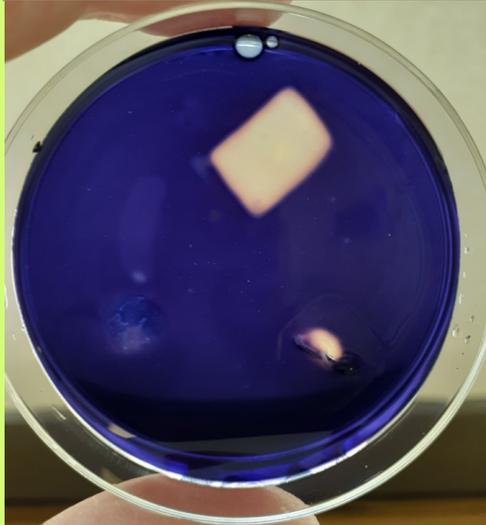
Boîte de pétri avec 1% de gélose et 1% d'amidon soluble :

1 : Papier imbibé d'amylase

2 : Graine de maïs imbibée depuis la veille et coupée longitudinalement

3 : Graine de maïs bouillie et coupée longitudinalement

* Attendre au minimum 60 min, enlever délicatement les échantillons en les soulevant. Recouvrir complètement la gélose avec du lugol dilué au 1/10^{ème}



Présentation des résultats par un dessin légendé et interprétations

L'enzyme amylase digère l'amidon pour le rendre utilisable pour la future plantule.

L'enzyme est dénaturée avec la chaleur (rappel première)

Photos perso

6.4.2. Mise en évidence d'une activité amylasique

PRINCIPE (cf. § 1.3.7)

MATÉRIEL

- Grains de maïs imbibés depuis quelques heures ou mis à germer.
- Boîtes de Pétri, gélose et amidon soluble.
- Lugol dilué au 1/10^e.

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

- 1) Préparer les boîtes de Pétri comme indiqué § 1.3.7, avec 1 % de gélose et 1 % d'amidon soluble.
- 2) Sectionner des grains de maïs longitudinalement (coupe sagittale), la section devant être la plus nette possible.
- 3) Humecter légèrement la section et placer les demi-grains sur la gélose, en prenant soin que la surface de section adhère bien à la surface de la gélose.
- 4) Réaliser des témoins (papier humide, papier imbibé de salive, demi-grain de maïs bouilli pendant 2 min, etc.).
- 5) Attendre 15 à 30 min.
- 6) Enlever délicatement les échantillons sans les faire glisser sur la gélose.
- 7) Recouvrir complètement la gélose avec du lugol dilué.
- 8) Observer (fig. 1).

Remarque : On aura soin de conserver les demi-grains afin de comparer leur morphologie avec celle de l'empreinte.

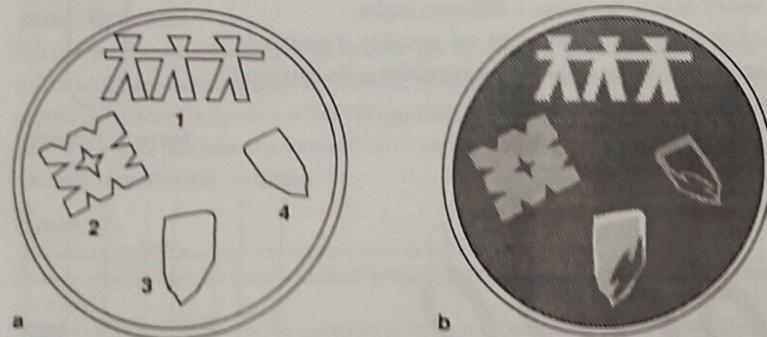


Figure 1 : Protocole expérimental : observation de la boîte au début de l'expérience (a) puis après addition du lugol (b)
1, papier + salive ; 2, papier + eau ; 3, demi-caryopse ; 4, demi-caryopse bouilli.

RÉSULTAT

Une activité amylasique est mise en évidence dans l'albumen du caryopse, particulièrement dans la zone externe (couche à aleurone). Une légère trace apparaît avec le papier imbibé d'eau (témoin) : elle est due à la diffusion de l'amidon soluble de la gélose vers l'eau du papier.

6.4.3. Extraction d'une activité amylasique

PRINCIPE

Extraire par l'eau l'ensemble des substances solubles contenues dans des semences. Mettre en évidence *in vitro* l'activité amylasique.

MATÉRIEL

- Grains d'orge (ou de blé) germés (3 j) ; les grains de maïs ne conviennent pas parce qu'ils sont trop durs pour un broyage correct.
- Agitateur magnétique.
- Empois d'amidon à 1 % (cf. § 1.3.5).
- Lugol.
- Liqueur de Fehling.
- Tampon phosphate pH 5,2.
- Bains-marie à 40 et à 100 °C.

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

1) Extraction de l'amylase :

- broyer 20 caryopses d'orge germés dans 25 ml de tampon phosphate pH 5,2 ;
- laisser reposer 5 min (en agitant si possible) ;
- filtrer et compléter le filtrat à 50 ml avec le tampon.

2) Préparer deux séries de 10 tubes avec 5 ml d'empois d'amidon à 1 % et 1 ml d'extrait.

3) Première série :

- dans le premier tube, ajouter une goutte de lugol (témoin T₀) ;
- placer les autres tubes au bain-marie à 40 °C ;
- toutes les 5 min, prélever un tube, le refroidir sous le robinet et ajouter une goutte de lugol.

4) Deuxième série :

- dans le premier tube, ajouter 5 ml de liqueur de Fehling et placer au bain-marie bouillant ;
- placer les autres tubes au bain-marie à 40 °C ;
- toutes les 5 min, prélever un tube, ajouter 5 ml de liqueur de Fehling et placer au bain-marie bouillant.

RÉSULTAT

En présence de l'extrait cellulaire, l'amidon disparaît et des sucres réducteurs apparaissent, mêmes résultats qu'avec une amylase du commerce (cf. § 1.3.8).

REMARQUE

Cette expérience peut être développée : refaire la même expérience à différents pH (de 4 à 10) ou à différentes températures.

Activité 4 : préparation de protocoles pour séances prochaines



Donner des protocoles pour déterminer les conditions nécessaires à la germination et à la croissance :

Partir de 2 graines de haricots à faire germer dans des boîtes de CD

- Les faire germer tête en bas
- Eclairées de toute part
- Eclairées d'un seul côté
- A l'obscurité
- Observer à chaque séance sur plusieurs semaines
- Faire des photos

Permet de bien voir le réseau racinaire
La racine se dirige vers le bas : géotropisme
Les plantules se dirigent vers la lumière

Prévoir de transférer les plantules dans des pots pour la suite de la croissance

Photo perso : J2



J 4

TP 2 : La plante une croissance localisée et sous contrôle

Activité 1 : Mettre en évidence la zone de croissance max (moitié de classe)

 Les élèves doivent pouvoir imaginer la stratégie de marquage pour voir l'allongement

L'expérience de Sachs permet de préciser à quel niveau de la racine se situe la croissance maximale.

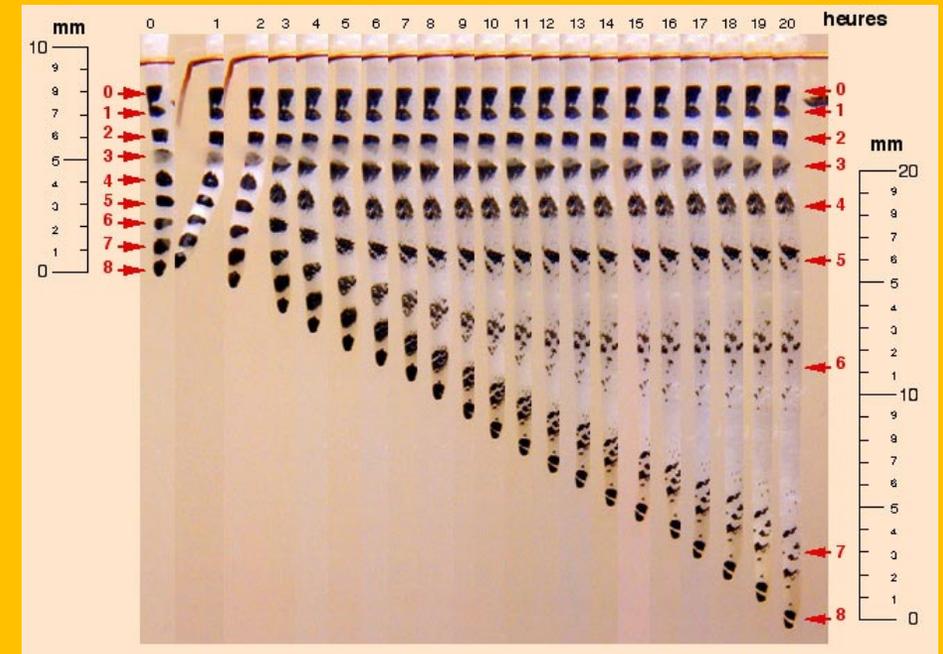
Une jeune racine de potimarron est marquée par des repères approximativement équidistants (1 mm). Elle est photographiée toutes les 15 minutes pendant 20 heures et la séquence photographique est transformée en séquence vidéo.



Utiliser le logiciel de mesure MESURIM et réaliser un graphique avec libre office

- * A partir de la photo ci-contre
- * Mesurer les intervalles avec mesurim
- * Faire un histogramme de l'élongation racinaire (écart entre les traits) en fonction de la distance à l'apex

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/racine/images/sachs2-anim.mov>





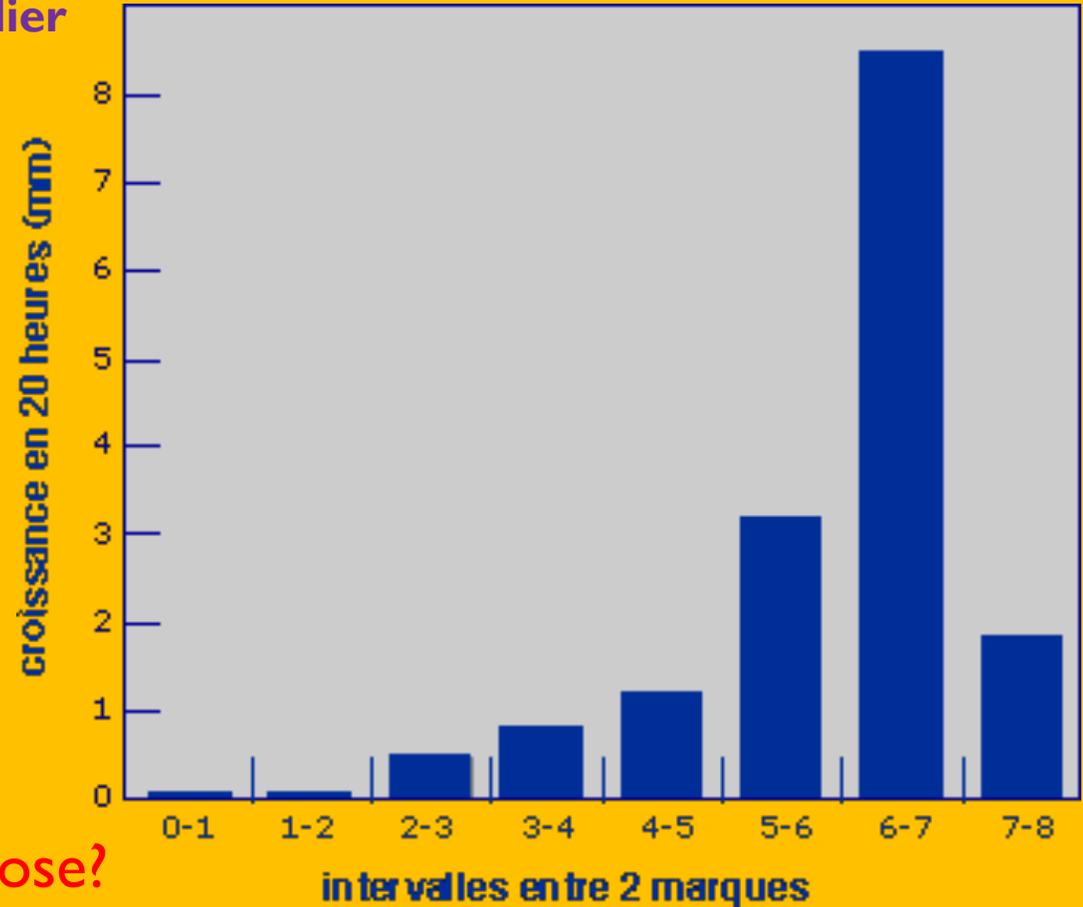
Présentation des résultats sous forme graphique et interprétation

Faire un bilan à l'oral au binôme qui a fait l'autre atelier

On constate que dans cette expérience, la croissance est approximativement linéaire de 2 heures à 20 heures
Toutes les marques n'évoluent pas de la même façon
En conséquence, les intervalles situés entre les marques présentent des comportements de croissance différents.
Par exemple, l'intervalle situé entre les marques 5 et 6 grandit au début alors que l'intervalle situé entre les marques 6 et 7 grandit seulement après la 10ème heure.

Il y a une critique par rapport au fait que la zone de croissance se déplace !!!!!

**La croissance provient d'une élongation et/ou mitose?
Les cellules se spécialisent-elles ensuite ?**



Résultats graphiques

Activité 2 : Localiser différentes zones :

On veut montrer les trois zones suivantes sur une extrémité de racine :

La zone méristématique siège des mitoses

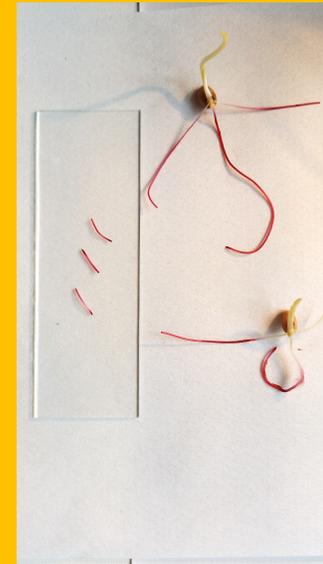
La zone d'élongation des cellules

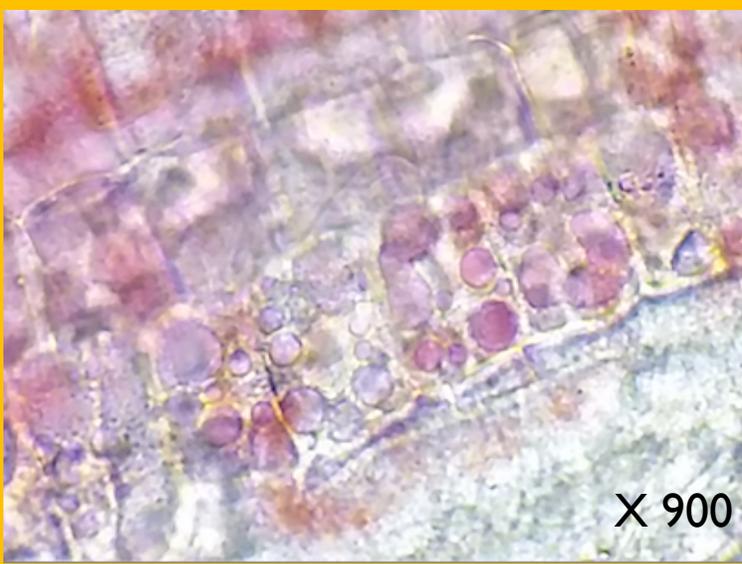
La zone de différenciation

Pour observer la différenciation des cellules, on va s'intéresser à l'appareil vacuolaire, et à la structure des parois.

Pour cela, nous avons fait germer des grains de blé depuis 4 jours sur de la gélose contenant du Rouge Neutre, colorant vital des vacuoles. (photo 1)

- * Prélever une plantule de blé germé
- * Couper l'extrémité des racines à 1 cm de longueur
- * Placer les sur une lame dans une goutte d'eau
- * Mettre une lamelle et écraser délicatement de la pointe du scalpel
- * Repérer l'apex d'un point rouge
- * Observer le système vacuolaire au plus fort grossissement de l'apex
- la vers plantule repérer les trois zones grâce au document annexe 1
- * utiliser l'objectif micrométrique pour comparer la taille des cellules des trois zones
- * Repérer les parois primaires et secondaires grâce au document annexe 2
- * Faire des photos avec vos téléphones, vous les envoyer par mail puis réaliser grâce à libre office un document de synthèse avec vos photos commentées





X 900

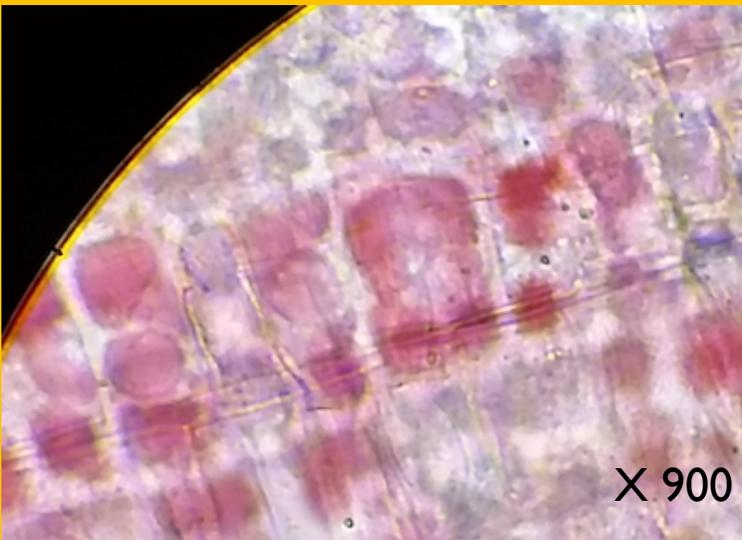


X 600

Cellules méristématiques.

Les cellules sont isodiamétriques. Le centre clair est occupé par le noyau dont la structure n'est pas visible. Il est entouré de très nombreuses petites vacuoles. La paroi est fine.

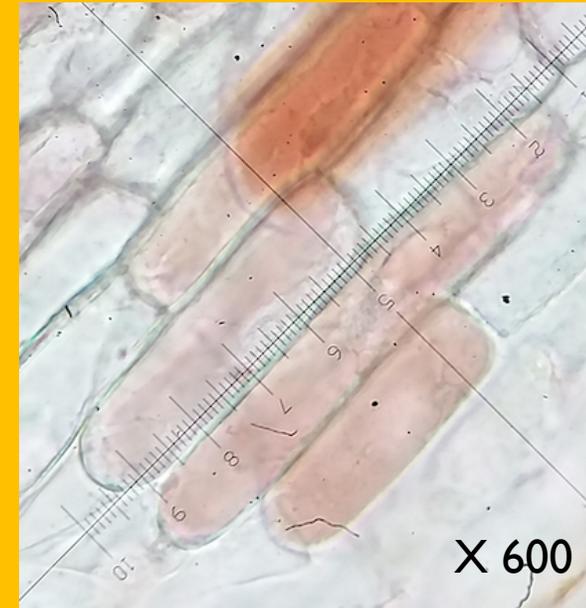
Photos prises avec mon téléphone



X 900

Cellules de la zone de croissance

Le noyau central est entouré, aux deux pôles de la cellule, par deux grosses vacuoles et par des petites très nombreuses qui confluent progressivement entre elles. La paroi primaire est plastique.



X 600

Cellule en fin d'élongation.

La vacuole est maintenant unique et prend la plus grande place dans la cellule. Le noyau est encore visible comme un espace clair. La paroi secondaire se met en place.

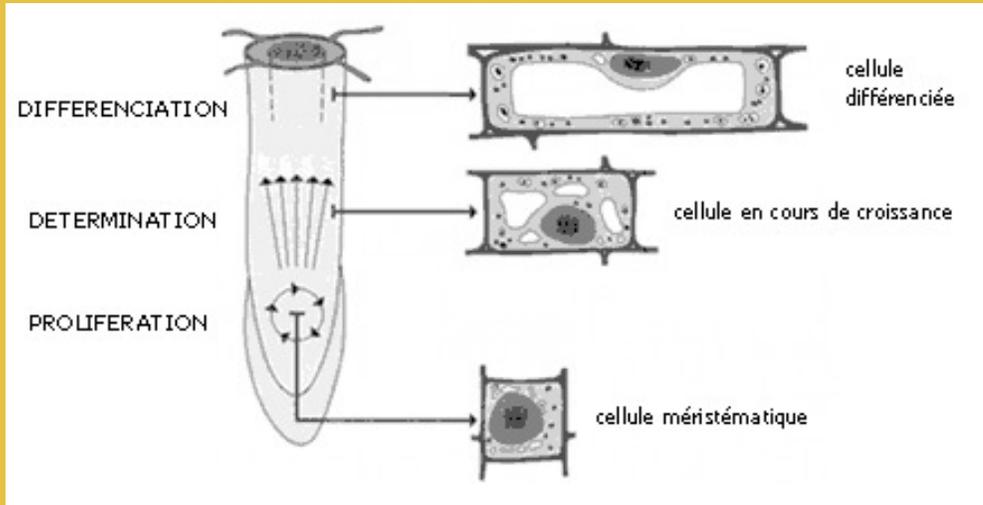


Exécution du protocole : geste technique pour la préparation et l'observation microscopique
Repérage des trois zones, mesure des cellules avec un objectif micrométrique

Compte rendu

Documents annexes

Différenciation cellulaire progressive et orientée dans la région apicale d'une racine.



<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/racine/06-differentiation.htm>

Le PRAT

234 *Croissance et différenciation*

7.3. Différenciation cellulaire

PRINCIPE
La différenciation cellulaire implique une spécialisation progressive des cellules, donc un changement progressif de leur métabolisme et donc de l'expression de leur génome. On ne peut ici qu'observer les conséquences, c'est-à-dire les modifications morphologiques en rapport avec ces modifications physiologiques. On observera les modifications d'organites visibles en microscopie photonique.

235 *Différenciation cellulaire*

REMARQUE
Si l'on veut obtenir une meilleure séparation des cellules, il est possible de placer les pointes de racines entières ou sectionnées en deux longitudinalement dans une solution de pectinase (cf. § 9.3.2) pendant 30 min.

7.3.1. Différenciation du système vacuolaire

MATÉRIEL

- Grains de blé.
- Gélose.
- Rouge neutre.
- Boîtes de Pétri.
- Solution de pectinase.

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL
Cette expérience se réalise en deux temps.

1) Préparation des germinations :

- préparer de la gélose à 1 % dans de l'eau du robinet ou dans un tampon phosphate pH 7 ;
- faire bouillir ;
- ajouter du rouge neutre jusqu'à obtention d'une couleur rouge vif ;
- couler la gélose dans des boîtes de Pétri (5 mm d'épaisseur) ;
- placer les grains de blé, fermer les boîtes et placer l'ensemble à l'obscurité pendant 3 à 4 j jusqu'à obtenir le développement de racines.

2) Observations :

- prélever des extrémités de racines (1 cm) ;
- monter entre lame et lamelle dans une goutte d'eau. Écraser légèrement ;
- observer au microscope au faible grossissement. Choisir une région bien dilacérée, mais dans laquelle les cellules ne sont pas lésées ;
- observer le système vacuolaire au fort grossissement (fig. 1).

RÉSULTAT
Après dilacération, les cellules restent souvent associées en files. Lorsqu'une file est bien séparée de ses voisines, il est aisé de voir l'évolution du nombre et de la taille des vacuoles le long de cette file.

Figure 1 : Observation du système vacuolaire dans les cellules de la racine de blé à 1 (a), 5 (b) et 10 (c) mm de la pointe. Le long de l'axe, les vacuoles augmentent de taille et diminuent en nombre. La coloration par le rouge neutre diminue progressivement d'intensité.

Documents annexes

I - La structure de la paroi

La paroi est constituée de deux parties principales se formant successivement :

- La paroi primaire

Elle est plastique de 1 à 3 micron d'épaisseur, comprenant principalement de la cellulose (30 %).

Dans cette paroi primaire, les microfibrilles sont disposées sans ordre (texture dispersée)

La paroi primaire est la première formée et la seule pour les cellules indifférenciées.

La paroi primaire est imbibée d'eau (~75% d'eau) et très perméable à l'eau et

aux substances qui y sont dissoutes. La paroi primaire est mince et souple. Les cellules qui n'ont qu'une paroi primaire peuvent se reproduire et s'étirer (ce qui permet la croissance)

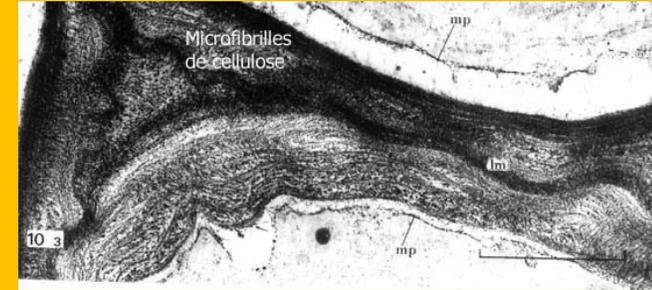
- La paroi secondaire

Elle est plus riche en cellulose (jusqu'à 80 %) et imprégnée de lignine.

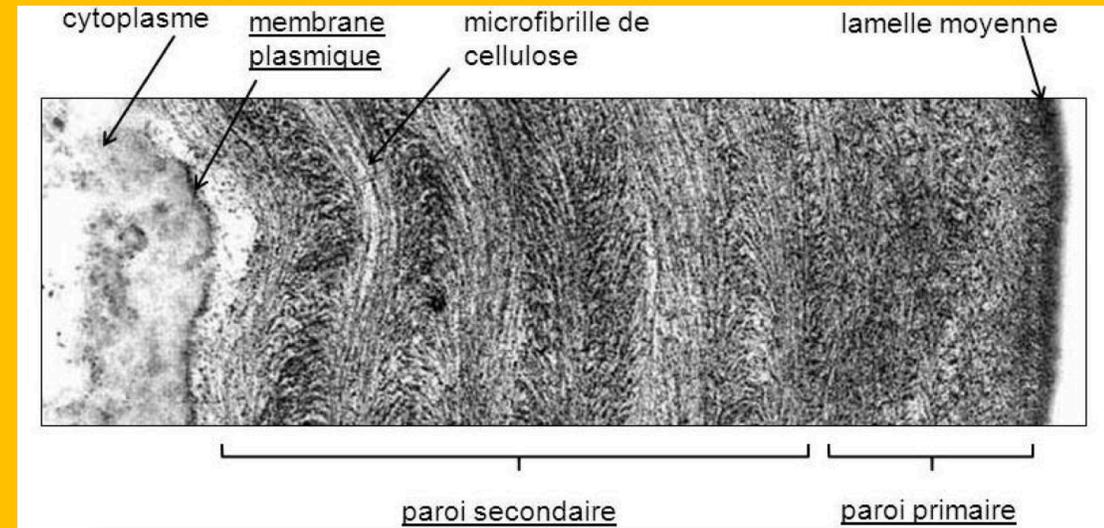
Elle est appliquée contre la paroi primaire et à l'intérieur de celle-ci.

Puisque la paroi lignifiée ne laisse à peu près pas passer l'eau, la cellule meurt rapidement. Ces cellules mortes jouent un rôle important dans le soutien de la plante et dans la conduction de la sève brute.

Elles sont plus utiles à la plante, mortes que vivantes !!!



Paroi d'une cellule végétale (X 45 000) (atlas de biologie cellulaire par J.C Roland)



(x 60 000) (Atlas de biologie cellulaire J.C Roland).

2 - Les constituants

Trois groupes de glucides constituent les parois cellulaires végétales

les pectines

les hemicelluloses

la cellulose est composée d'environ 2000 à 25 000 glucoses.

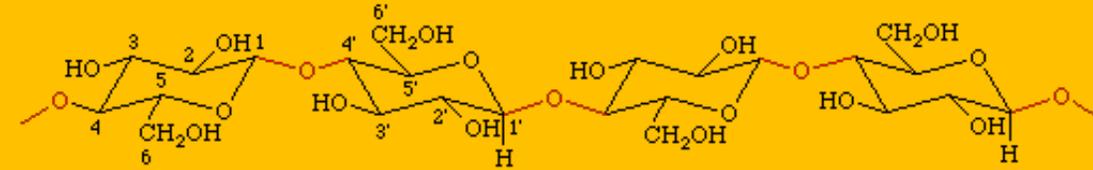
De plus les parois renferment des protéines.

Enfin la lignine (du latin *lignum* qui signifie bois) est une biomolécule de la famille des polymères phénoliques.

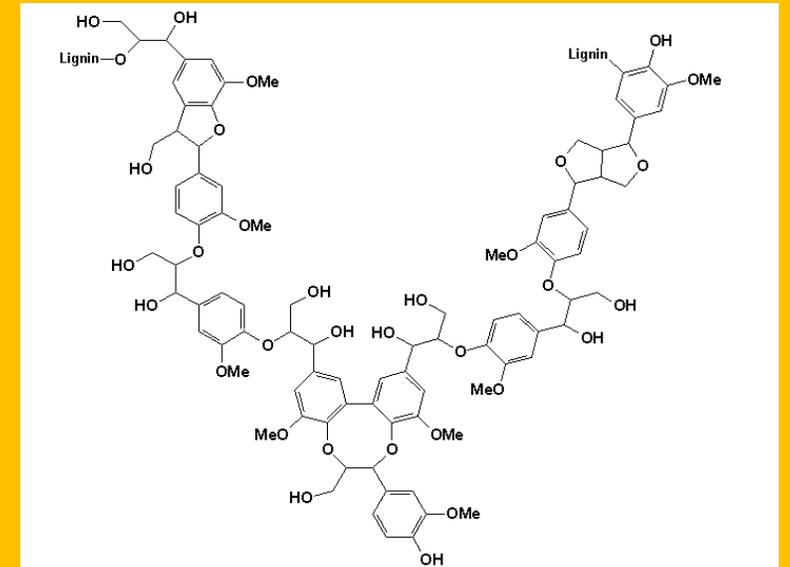
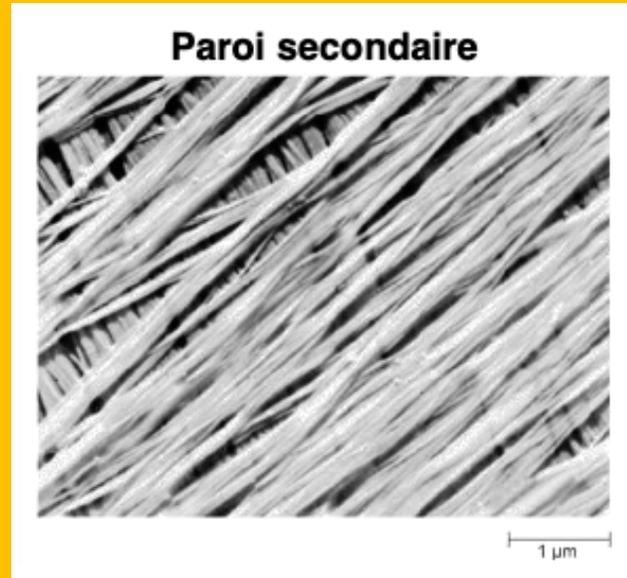
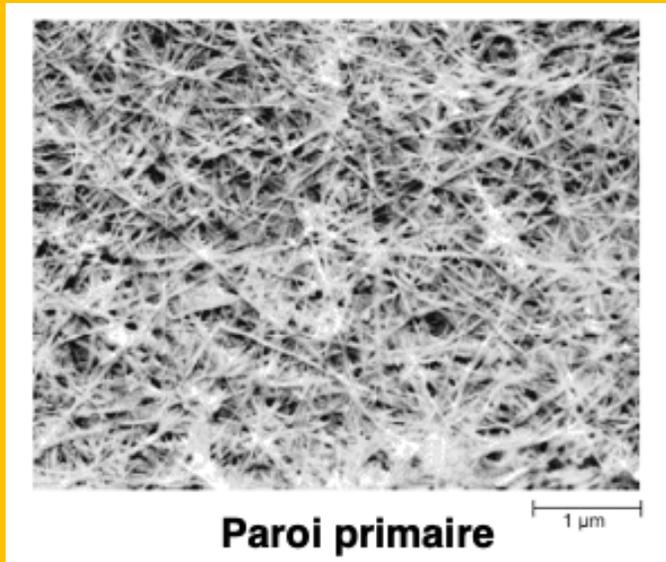
Ses principales fonctions sont d'apporter de la rigidité, une imperméabilité à l'eau et une grande résistance à la décomposition

La cellulose est un b-1-4 glucane. Elle est insoluble dans la plupart des solvants

© Thomas A. NEWTON



Lignine (wikipédia)



Activité 3 : Montrer le rôle de l'auxine (autre moitié)

Présentation de l'expérience :

Les graines de maïs ayant commencé à germer sont disposées sur de la gaze maintenue par des élastiques sur des bocaux remplis d'eau. L'ensemble du dispositif est éclairé bien verticalement.

Au bout de cinq jours des coléoptiles se sont développés et mesurent environ 2 cm. On choisit alors ceux qui sont bien droits et on les répartit en quatre lots :

Lot 1 - aucun traitement (témoin).

Pour les autres lots les apex des coléoptiles sont ôtés sous la loupe binoculaire.

Lot 2 Apex enlevé.

Lot 3 Apex enlevé et remplacé par un cube de gélose contenant de l'auxine ici l'AIA de synthèse à 10^{-4} M.

Lot 4 Apex enlevé et remplacé par un cube de gélose sans AIA.

Pour obtenir les cubes de gélose celle-ci a été coulée dans une boîte de Pétri puis découpée en un quadrillage formant des mailles de 2 mm



2. Acquisition des résultats :

Donner l'image des résultats avec la légende (voir photo suivante)



Utiliser le logiciel de mesure MESURIM et réaliser un graphique avec libre office



Présentation des résultats sous forme graphique et interprétation

La figure présente un exemple d'image qui peut être obtenues à l'aide d'un scanner.

En haut (A), il s'agit de coléoptiles en début de culture :

1 et 2 : lot 1

3 et 4 : lot 2

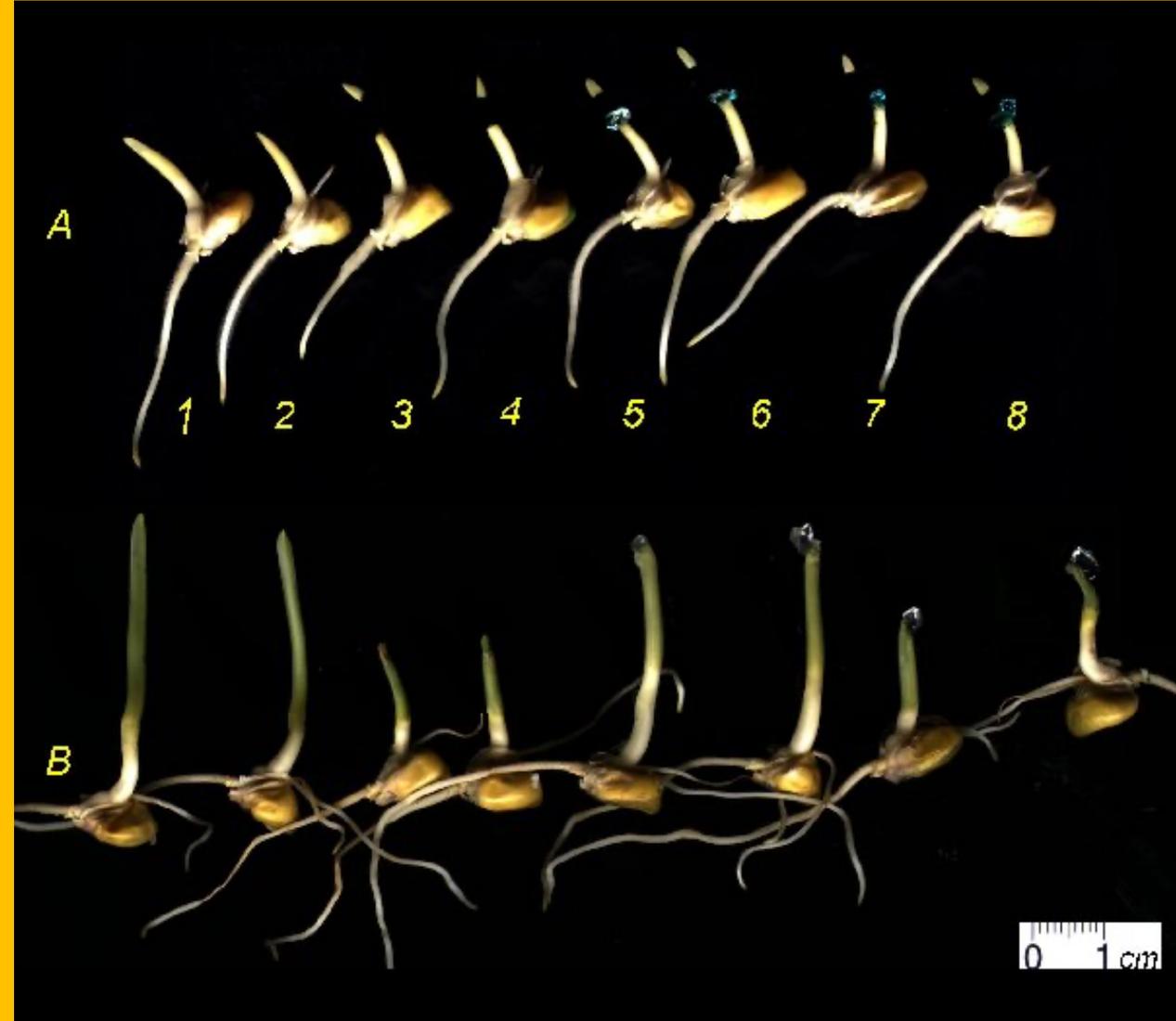
5 et 6 : lot 3

7 et 8 : lot 4

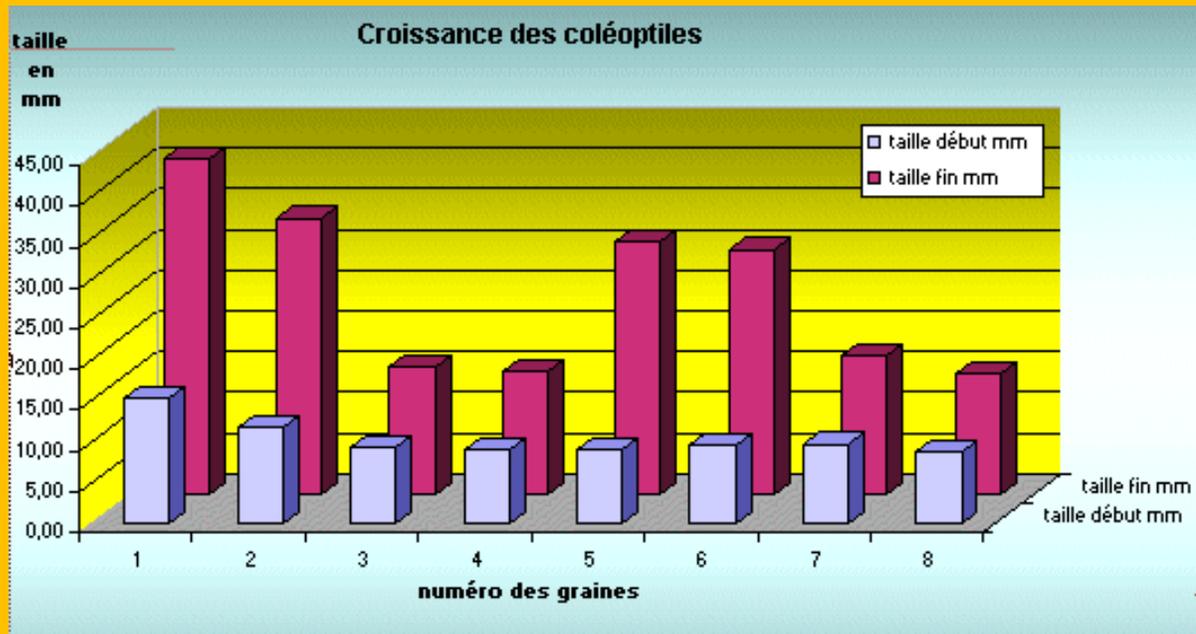
En bas (B) il s'agit de coléoptiles après 48 heures de culture

* Mesurer la longueur des coléoptiles avec MESURIM

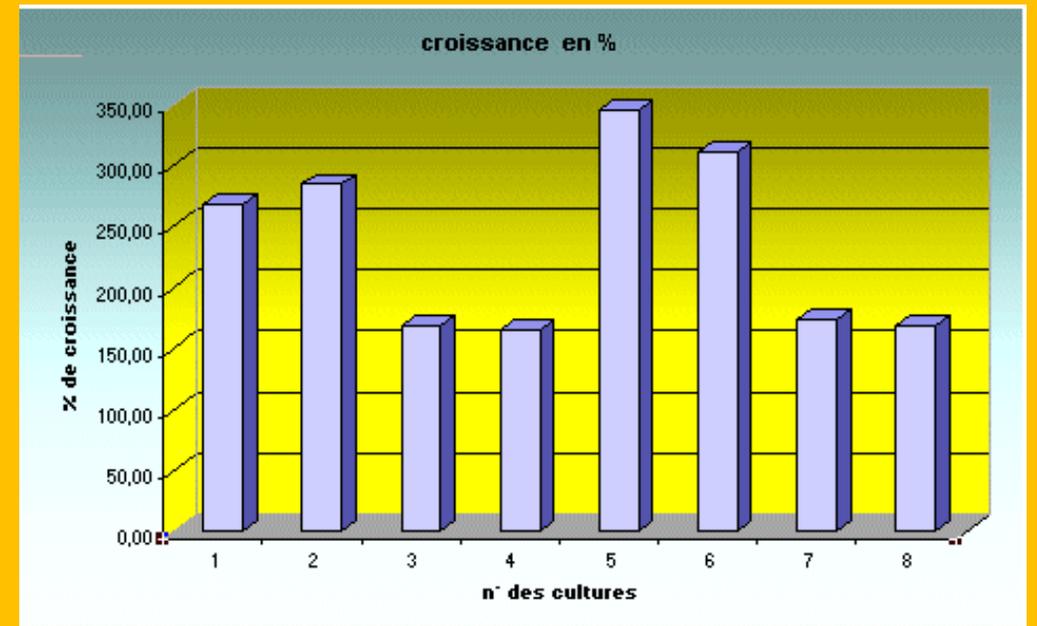
* Faire un histogramme avec libre office



	A	B	C	D
1				
2	croissance des coléoptiles			
3				
4	n°	taille	taille	croissance
5		début	fin	en
6		mm	mm	%
7	1	15,30	41,20	269,28
8	2	11,90	33,90	284,87
9	3	9,31	15,70	168,64
10	4	9,08	15,10	166,30
11	5	8,95	31,00	346,37
12	6	9,66	30,04	310,97
13	7	9,73	17,00	174,72
14	8	8,72	14,80	169,72



Graphe comparant la longueur des coléoptiles en début et en fin d'expérience



Graphe montrant le pourcentage d'accroissement des coléoptiles.



Interprétations

La différence entre les échantillons 1- 2 (témoins) et 3-4 montre la nécessité de l'apex du coléoptile dans la croissance. La présence d'un cube diffusant de l'auxine (5-6) provoque une croissance supérieure au témoin. Sans auxine les cubes de gélose n'ont aucun effet (7-8)

Faire un bilan à l'oral au binôme qui a fait l'autre atelier

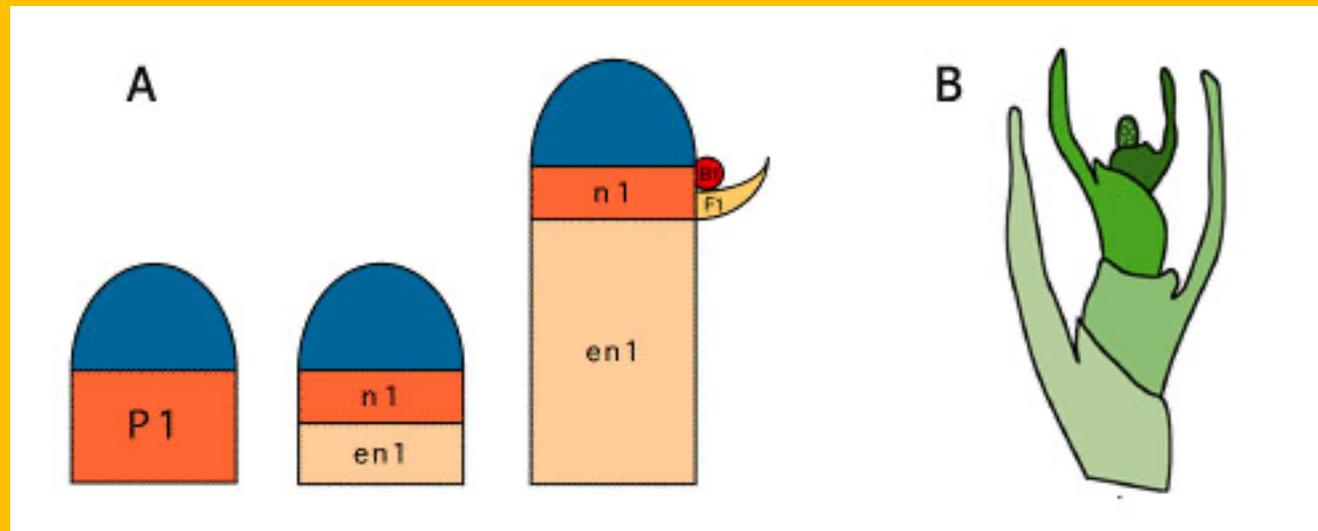
http://espace-svt.ac-rennes.fr/cartelec/cartelec_lyc/premiere_s/vegetal/auxine/auxineI/auxineI.htm

Document annexe : Structure d'un phytomère

Apparaissant comme simple tronçon de la tige, un phytomère caulinaire est généralement un élément cylindrique constitué de deux parties superposées :

- la partie supérieure est le **nœud**. Restant toujours très court, il sert de support à deux sortes de productions latérales : une ou plusieurs feuilles et un bourgeon renfermant un méristème latéral. Rarement, ce sont plusieurs bourgeons qui se forment sur le nœud. On leur donne le nom de bourgeons collatéraux,
- La partie inférieure du phytomère ne développe jamais de production quelconque, feuille, bourgeon ou autre. Par contre elle s'allonge en général plus ou moins fortement. C'est un **entre-nœud**.

D'abord, le méristème apical concerné provoque une zone d'élongation importante, où la tige ne présente aucune formation particulière : c'est l'entre nœud. Puis, d'une façon régulière et ordonné, ce méristème diminue fortement cette croissance, mais développe un nœud, segment court de tige, mais développant des formations particulières, comme les bourgeons de ramifications ou de feuilles. Un ensemble nœud / entre nœud forme une unité appelée phytomère ou module.



https://www.plantes-botanique.org/biologie_05_0_le-systeme-caulinaire

Fig. 1 : A structure d'un phytomère (P1, phytomère, n1 = nœud 1, en1 entre-nœud 1, B1 bourgeon 1, F1 feuille 1) et B schéma d'un axe phytomérisé

TP 3 : Une plante fixée, différenciée, a des surfaces d'échanges

* Dessiner la plante et la légènder simplement

2TP

* Rappeler du rôle de chaque partie



* Proposer des protocoles possibles pour mettre en évidence les structures

Les feuilles : Rôle : photosynthèse, échanges de gaz, protection

Montrer les stomates au microscope

Calculer la surface d'échanges avec mesurim

Montrer les chloroplastes

Montrer les raphides

La tige : Rôle : transport des sèves, ériger la plante

Coupe transversale de tige montrer le phloème et le xylème

Montrer le tissu de soutien : collenchyme ou sclérenchyme

Montrer la lignine

Les racines : Rôle : S'encren dans le sol, absorber l'eau et les sels minéraux, symbiose

Montrer les poils absorbants au microscope

Montrer qu'ils absorbent l'eau

Montrer les mycorhizes

<http://www.biopathe.fr/articles.php?lng=fr&pg=344&mnuid=404&tconfig=0>

Activité 1 : Mettre en évidence que les racines prélèvent l'eau et les sels minéraux

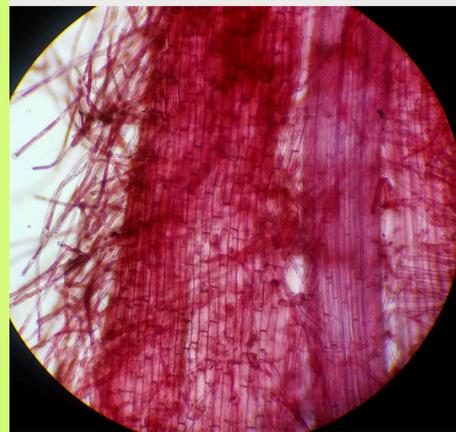
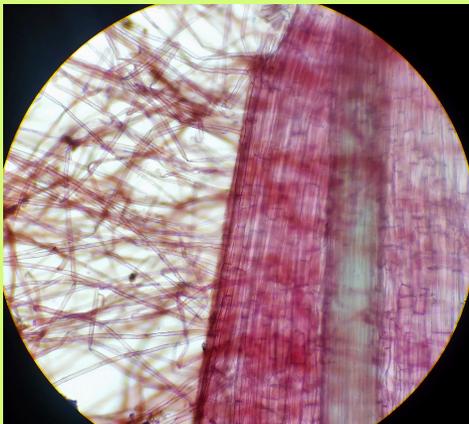
Afin de mettre en évidence le rôle des poils de la zone pilifère, réaliser l'expérience ci-dessous

On a fait germer en 3-4 jours des graines de blé dans une atmosphère très humide, dans une boîte de pétri individuelle,

- * Mettre 1 graine et ses racicules dans un verre de montre avec une goutte de rouge neutre
- * Au bout de 5 minutes couper 1 cm de l'une des racicule et la monter entre lame et lamelle, en écrasant délicatement la lamelle avec la pointe d'un scalpel
- * Observer au microscope.(photo de gauche x60)
- * Faire la même préparation avec la deuxième racicule mais au bout d'une demi-heure.
- * Observer au microscope (photo de droite X60)



* Pendant la demi heure, observer à la loupe la zone pilifère des graines germées restées dans la boîte de pétri, on peut réutiliser les graines de blé germées sur gélose rouge, les poils absorbants se voient très bien même à l'oeil nu.



Photos perso



- * Observer au microscope des lames de commerce de mycorhizes



Exécution du protocole : geste technique pour la préparation et l'observation microscopique

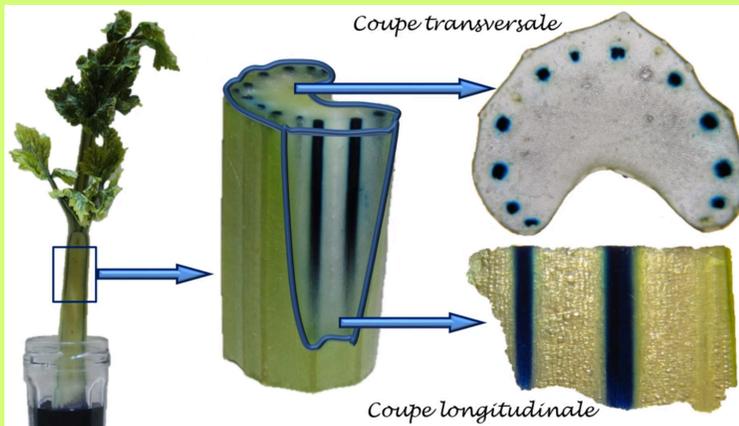
Présentation des résultats sous forme de dessins et interprétations

Activité 2 : Mettre en évidence le rôle de la tige



Proposition d'une stratégie de résolution

A) Circulation de l'eau et des sels minéraux dans le Xylème



Exécution du protocole : geste technique pour la préparation et l'observation microscopique

B) Mise en évidence des vaisseaux qui véhiculent les réserves mobilisées des cotylédons et du tissu de soutien

Annexe 1 : Protocole de coloration

- ▶ Avec une lame de rasoir, découper transversalement (à 90°, PAS en biseau) l'organe en tranches les plus fines possible.
- ▶ Placer les coupes 10-15 min dans l'eau de javel. Cette dernière détruit le contenu cellulaire : il ne reste donc que les parois des cellules ;
- ▶ Rincer brièvement les coupes dans l'eau ;
- ▶ Les placer 2 à 3 min dans l'acide acétique à 1% : l'acidité améliore la coloration de la coupe (mordançage) ;
- ▶ Colorer les coupes dans le carmin-vert durant 4 min ;
- ▶ Les placer dans l'eau distillée et les y laisser jusqu'à observation (hors de l'eau, elles se dessècheront vite)
- ▶ Les placer entre lame et lamelle dans une petite goutte d'eau et observer au microscope

Annexe 2 : tissus observables en coupe transversale dans une tige de plante angiosperme après coloration au carmin-vert d'iode. Le phloème et le xylème sont souvent regroupés en faisceaux conducteurs.

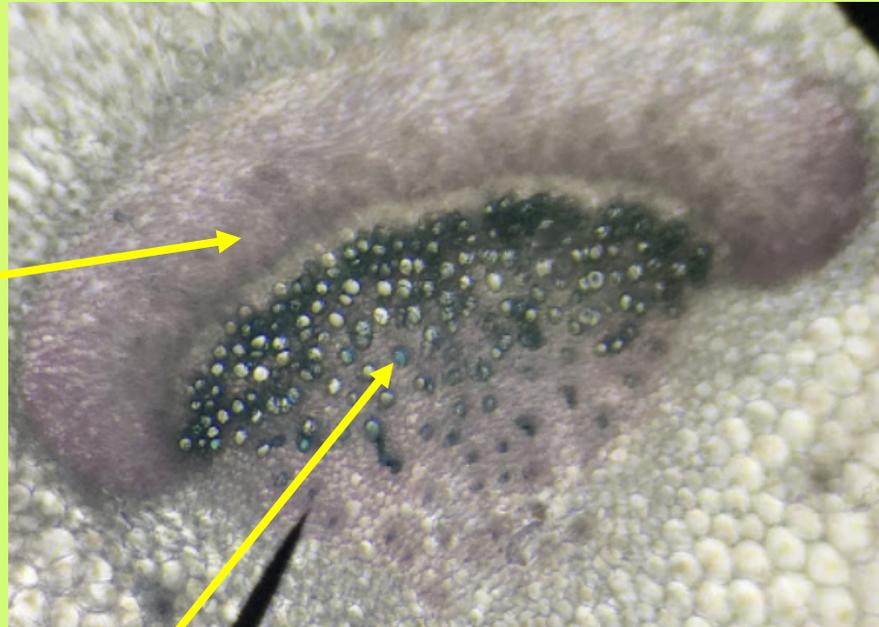
	Epiderme	Parenchyme	Sclérenchyme	Phloème	Xylème
Tissus					
Caractéristiques et coloration au carmin-vert d'iode	Tissu de protection couche externe de cellules à paroi constituée de cellulose colorée en rose	Tissu de remplissage constitué de cellules à paroi fine et cellulosique, colorées en rose	Tissu de soutien dont les cellules ont une paroi épaisse et rigide composé de lignine épaisse et très rigide colorée en vert	Tissu conducteur, principalement de sève élaborée (molécules organiques). Cellules à paroi constituée de cellulose colorée en rose	Tissu conducteur d'eau et d'ions minéraux. Vaisseaux constitués de cellules mortes et vides souvent plus grosses que les autres réduites à une paroi constituée de lignine, épaisse et très rigide, colorée en vert

Manque le collenchyme !

Résultats de la coloration au Carmino vert

- CT de Céleri en classe : faisceau conducteur X 40

Phloème



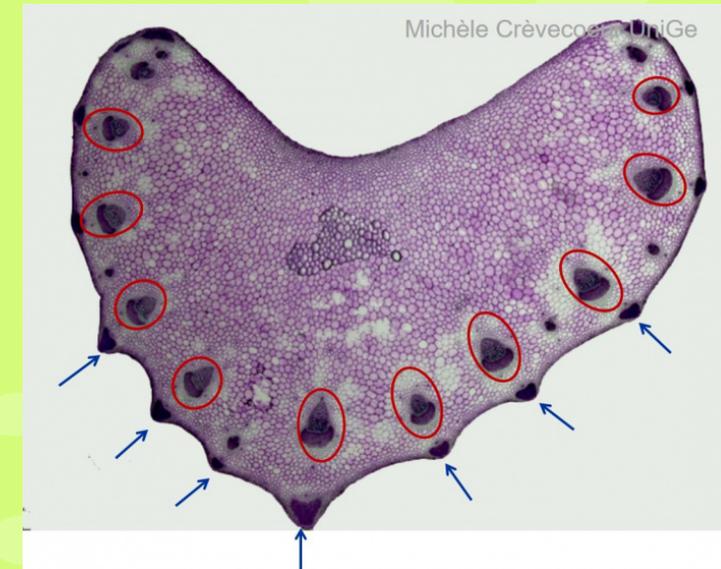
Insister sur la lignine
Du Xylème

Paroi secondaire riche en cellulose



Faire un croquis de la tige en précisant le nom des structures et leur rôle

<https://www.unige.ch/sciences/biologie/bioveg/crevecoeur/fiches-anatomie/anatomie-petioles/anatomie-petiole-celeri/>



Ci dessous détails de la coupe avec à gauche le collenchyme angulaire (zone en pointillés jaunes) et à droite un canal sécréteur délimité par une couche de cellules.



Activité 3 : Mettre en évidence le rôle des feuilles

Rappel lieu de la photosynthèse : Elles doivent donc capter la lumière (chloroplaste) de manière optimale (grande surface) et réaliser des échanges de gaz (stomates) contrôlés, sans se dessécher et enfin éviter d'être mangées

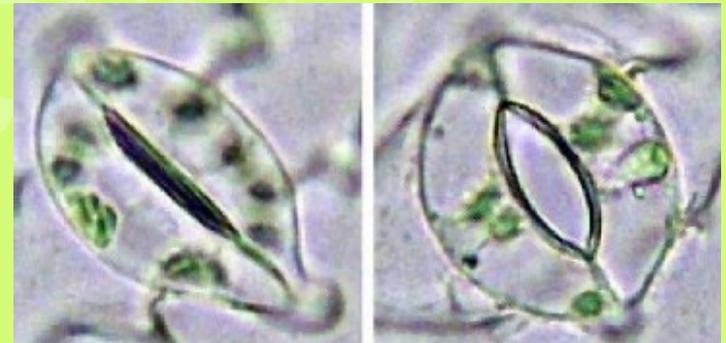


Exécution du protocole : geste technique pour la préparation et l'observation microscopique

A) Prélèvement d'un épiderme foliaire et observation microscopique des chloroplastes et stomates :

Prélever une feuille de misère.

- * Repérer la face supérieure et la face inférieure à l'œil nu.
- * Gratter délicatement la surface de la feuille avec un scalpel pour n'obtenir que l'épiderme inférieur transparent.
- * Tapoter ce que vous grattez sur une lame
- * Découper un carré de 1 cm² autour de votre « grattage ».
- * Déposer le entre lame et lamelle dans une goutte d'eau à coté de ce que vous avez gratté
- * Observer au microscope polarisant (sans l'analyseur) le carré d'épiderme foliaire
- * Repérer les stomates et les chloroplastes



Adaptation aux conditions du milieu

<https://youtu.be/EZyl5yU-tkk>

<https://youtu.be/jvRpXLrsjlc>

<https://vimeo.com/332980776>

<https://vimeo.com/332979231>

B) Trouver les structures de défenses contre les prédateurs

- * Déplacer la lame sur la zone prélevée par grattage
- * Observer au microscope polarisant après avoir fait l'extinction totale. (les deux filtres)
- * Repérer les raphides

Expérience :

Des feuilles ne produisant ni oxalate de Calcium, ni bromélaïne sont

A : sans traitement particulier

B : recouvertes d'oxalate de calcium sous forme de raphides

C : recouvertes d'oxalate de calcium amorphe

D, E et F sont recouvertes de bromélaïne (enzyme protéolytique) en plus

Des chenilles sont mises au contact de ces feuilles

Les chenilles E ne survivent pas à l'expérience

D'après Synergistic Defensive Function of Raphides and Protease through the Needle Effect

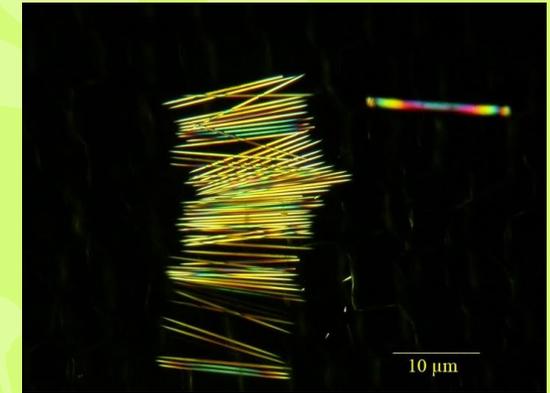
(Kotaro Konno, Takashi A. Inoue, Masatoshi Nakamura)

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0091341>

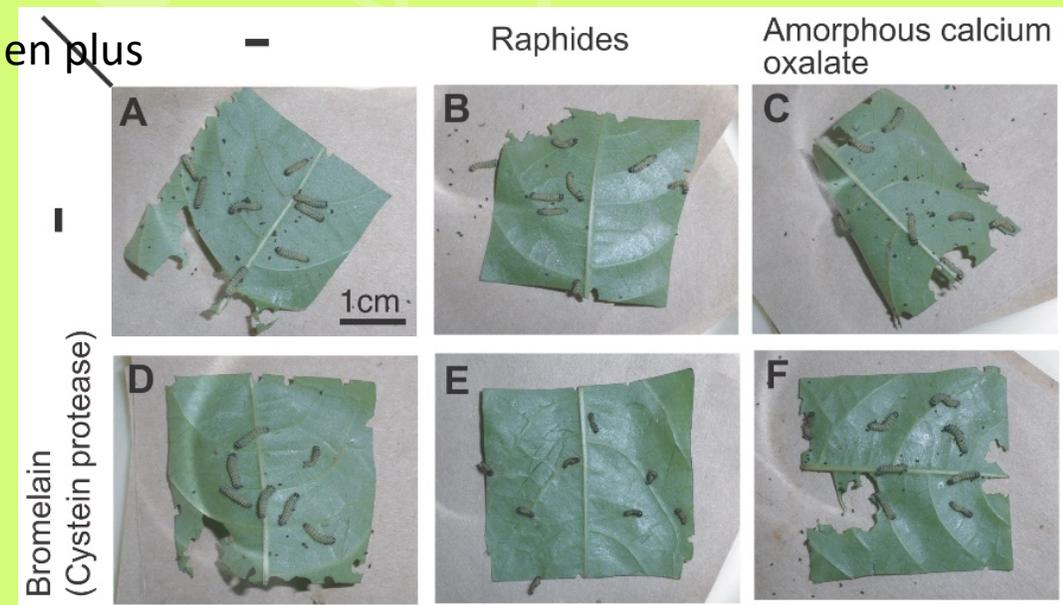


Expliquer les stratégies de défense mises en évidence

Les raphides :



Résultats d'expérience après 24h



Document annexe

Cellules particulières accumulant des cristaux de sels minéraux

<https://www.unige.ch/sciences/biologie/bioveg/crevecoeur/liens/tissus-secreteurs/>

Certaines cellules accumulent dans leurs vacuoles des produits de sécrétion non utilisés par la plante. Ces cellules spécialisées dans lesquelles s'accumulent des cristaux sont appelées idioblastes.

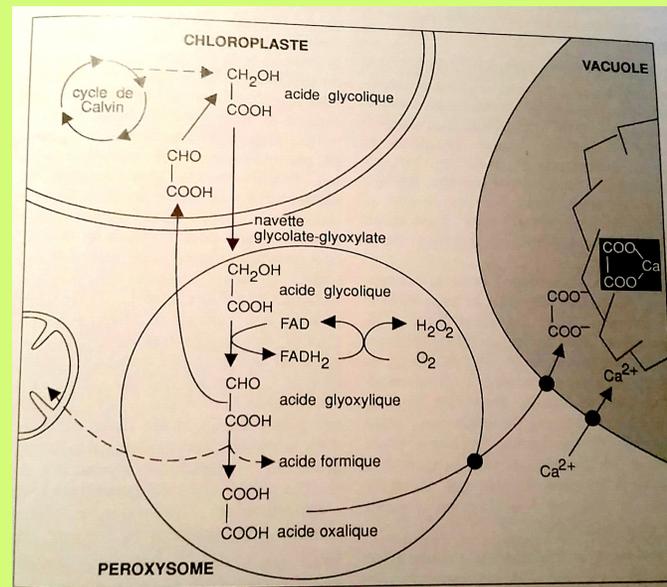
Un des exemples bien connus est celui des cristaux d'oxalate de calcium. L'acide oxalique est un poison cellulaire rendu inoffensif par son immobilisation dans la vacuole, ce qui le met hors circuit du cytoplasme. Dans la vacuole on le trouve sous forme d'oxalate de K ou de Na soluble ou encore sous forme d'oxalate de calcium précipité cristallin et insoluble qui ne peut pas traverser la membrane de la vacuole.

On trouve des cristaux d'oxalate de calcium dans pratiquement tous les organes des plantes : racines, feuilles, tiges, organes floraux et anthères. Le plus souvent ils sont présents dans des cellules dispersées dans le parenchyme des différents organes.

L'oxalate de calcium se présente sous des formes variables. Il s'agit souvent de cristaux assez gros en général isolés dans une cellule. Plusieurs formes de cristaux peuvent coexister dans un même organe.

La forme des cristaux peut varier : sable cristallin, cristal tétragonal, oursin, ou encore en forme d'aiguilles entourées chacune d'une gaine, souvent associées en faisceaux appelés raphides.

BV D. Robert
JC Roland



Cristallisation d'oxalate de calcium dans la vacuole : la formation d'acide oxalique résulte de plusieurs voies dont la principale est sous la dépendance de l'activité PS. La teneur en acide augmente à la lumière. En effet celui-ci provient de l'acide glycolique, un des 1^{er} produits formés de la PS.



C) Evaluer l'importance de cette surface foliaire

Partie 1: Peser votre plant de haricot et noter son poids:

Partie 2 : Mesure de la surface d'échange foliaire:

2. Disposer votre feuille face supérieure vers le haut sur une feuille de papier blanche, le plus à plat possible (éventuellement utiliser de la colle)

3. Réaliser un trait de 1 cm sur votre feuille de papier qui vous servira d'échelle.

4. Acquérir une image grâce à l'appareil photo et l'enregistrer sur le bureau.

5. Nommer l'image de façon pertinente

6. Ouvrir l'image avec le logiciel Mesurim

7. En vous aidant de la fiche technique Mesurim :

- * Établissez une échelle

- * Dans image, délimitez les zones à mesurer (2 points de couleurs sur feuille et sur fond blanc)

- * Étendre la classification à l'ensemble des pixels

- * Cliquer sur OK afin d'avoir une estimation de leur mesure

8. Noter le résultat de la mesure de la surface de votre feuille:

9. Calculer le rapport surface des feuilles/ masse totale

Remarque : préparer une photo retouchée en amont

• 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 m³

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

TP 4 : Les produits de la photosynthèse

Nom de la molécule vue en TP	Amidon	Cellulose	Protéines	Lipides	Lignine	Oxalate de calcium
Structure chimique	Polymère de glucoses	Polymère de glucoses	Polymère d'acides aminés	Acides gras + glycérols	Polymère phénolique	Acide carboxylique
Structure de la plante	Graine	Paroi	Graine, paroi cytoplasme Feuille	Graine et membrane plasmique	Paroi des vaisseaux et du bois	Vacuole des cellules
Rôle de la molécule	Molécule de réserve pour nourrir la plantule	Molécule souple, rigide et perméable structurant la paroi	Molécule de réserves mais aussi molécule catalytiques (bromélaïne), hormone (auxine)	Molécules de réserves et structurant la membrane plasmique	Molécules imperméables et très résistantes	Molécules de séquestration d'un produit toxique Défense contre les herbivores.
BILAN	Toutes ces molécules sont des matières organiques carbonées synthétisées par la plante lors de la photosynthèse.					

Où et comment ?

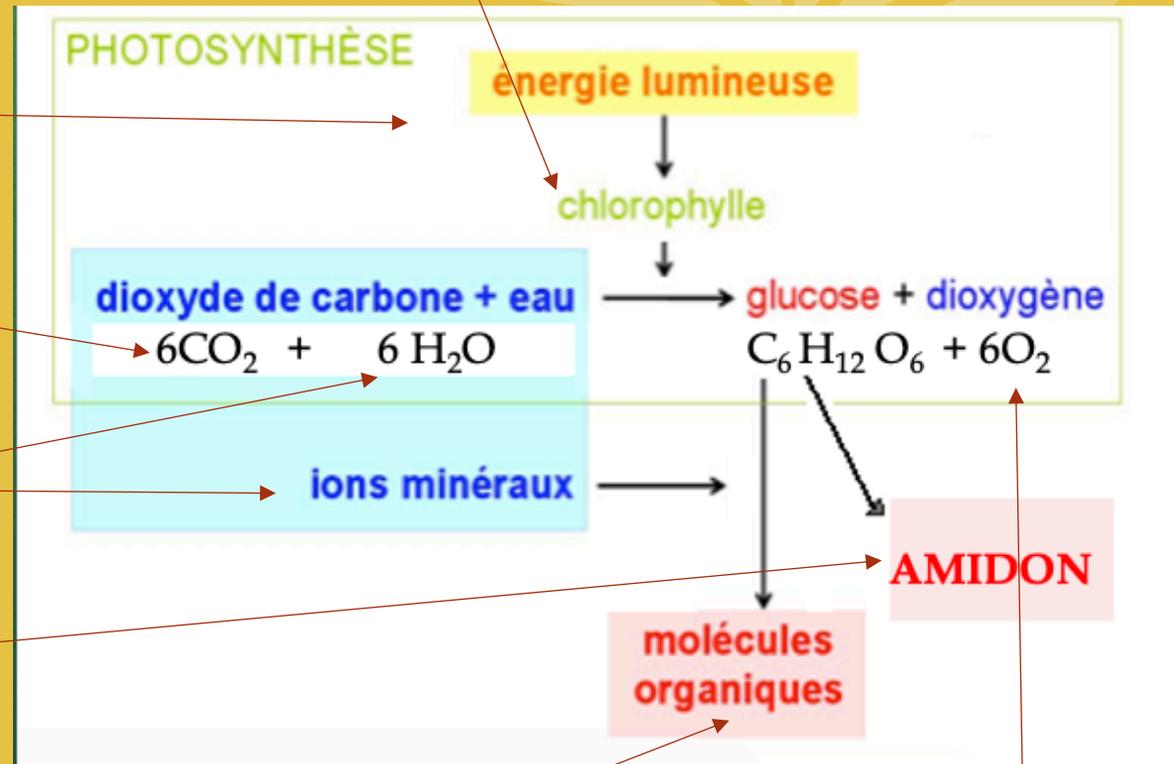


Proposition des stratégies de résolution

Quelles manipulations pour montrer :

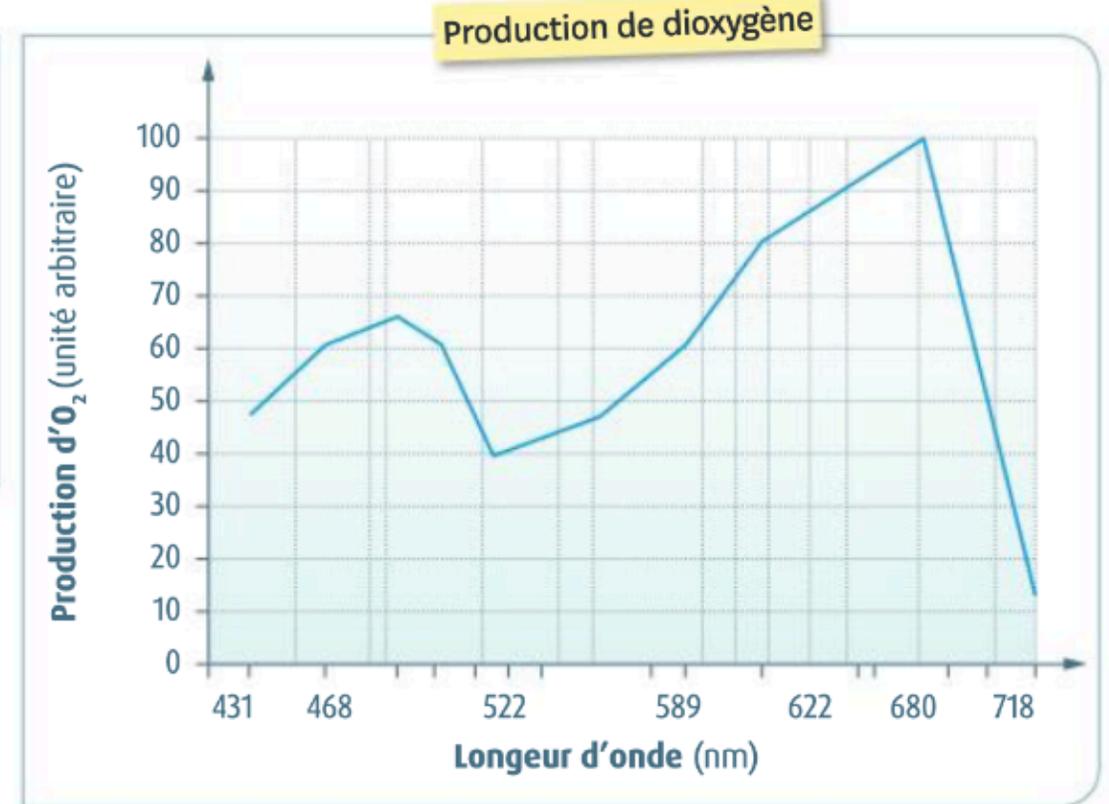
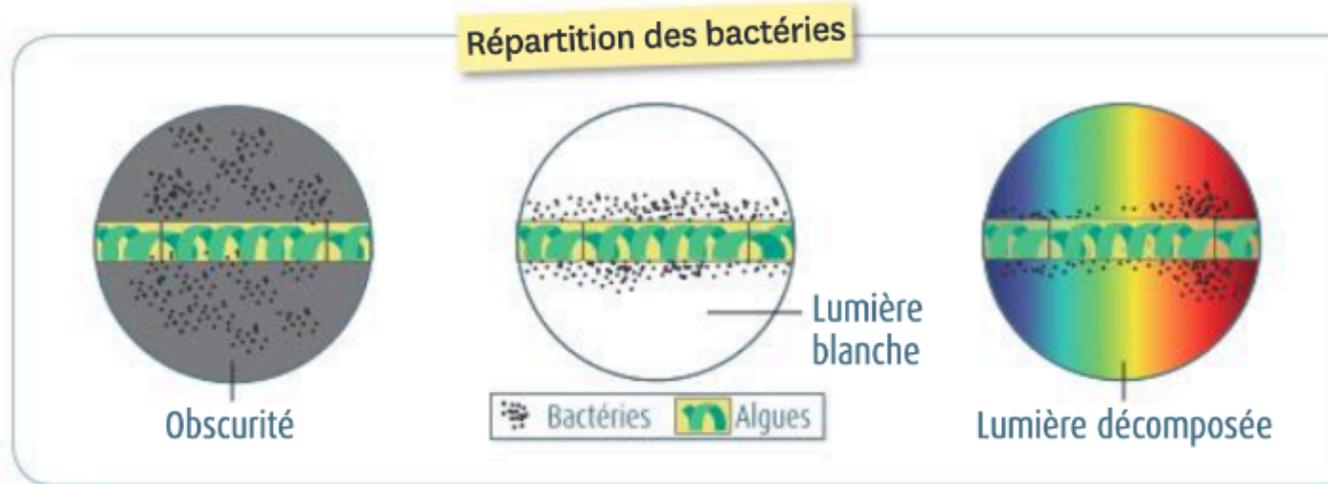
- La nécessité de lumière et de chlorophylle
- La consommation du CO_2
- La nécessité d'eau : on sait qu'elle arrive par les vaisseaux du xylème, à partir des racines
- La production d'amidon
- La production d'autres molécules organiques : vu pendant tous les TP précédents
- La production de dioxygène

Chromatographie déjà faite en première, peut être faite plus tard avec l'endosymbiose



	Mettre en évidence la consommation de CO ₂	Mettre en évidence la localisation de la photosynthèse, la nécessité de lumière et de chlorophylle	Mettre en évidence la localisation cellulaire	La production d'O ₂
Réactif	Rouge de crésol Ou EXAO	Eau iodée	Eau iodée	Sonde à O ₂ , flamme
Résultats				
Interprétations				

Montrer la production d'O₂ par une expérience historique :



3 **L'expérience de Theodor Engelman (1843-1909).** En 1884, Theodor Wilhelm Engelman place une algue photosynthétique filamenteuse dans une goutte d'eau contenant des bactéries *Bacterium termo*, qui sont attirées par le dioxygène. Il éclaire différentes portions de l'algue par des lumières de différentes longueurs d'onde et observe la répartition des bactéries.

Belin spé TS

Montrer l'oxydo-réduction par une expérience historique :

2

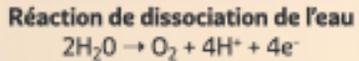
L'origine du dioxygène produit : expérience de Ruben et Kamen

En 1941, les chimistes Ruben et Kamen ont permis de comprendre l'origine du dioxygène produit au cours de la photosynthèse.

Leurs expériences reposent sur le dispositif suivant : Des chlorelles (algues unicellulaires) sont cultivées dans de l'eau enrichie en dioxyde de carbone, et exposées à la lumière.

Le pourcentage de l'isotope ^{18}O est fixé par les expérimentateurs, à la fois dans les molécules d'eau et dans les molécules de dioxyde de carbone. Il diffère selon les expériences (voir les proportions dans le tableau).

Les expérimentateurs recueillent le dioxygène produit par les chlorelles et déterminent sa teneur en ^{18}O .



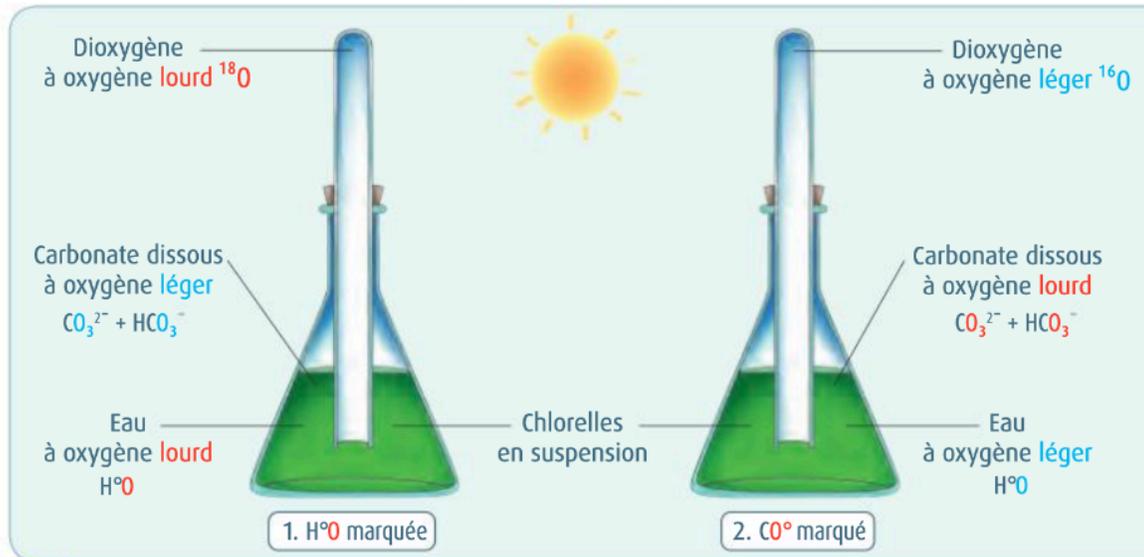
Expériences	H ₂ O utilisée	CO ₂ utilisé	O ₂ recueilli
1	0,85 %	0,41 %	0,84 %
2	0,85 %	0,55 %	0,85 %
3	0,85 %	0,61 %	0,86 %
4	0,20 %	0,50 %	0,20 %
5	0,20 %	0,40 %	0,20 %

■ Résultats des expériences : teneurs en ^{18}O dans les molécules d'H₂O, de CO₂ et d'O₂.

La dissociation de l'eau est une oxydation* qui demande beaucoup d'énergie. Elle permet de scinder la molécule d'eau en hydrogène et oxygène. Elle n'est possible qu'en présence d'un accepteur d'électrons suffisamment puissant. Après avoir été éclairée, la chlorophylle devient une molécule très oxydante, capable de provoquer cette **photolyse de l'eau***

Bordas spé TS

Belin TS



5 **L'expérience de Samuel Ruben (1900-1988) et Martin Camen (1913-2002).** En 1941, Ruben et Kamen ont réalisé l'expérience schématisée ci-dessus en utilisant un isotope lourd de l'oxygène, le ^{18}O , pour marquer soit l'eau, soit le dioxyde de carbone (sous forme de carbonate dissous) fourni à des algues vertes unicellulaires (*Chlorella vulgaris*) exposées à la lumière.

TP 5 : st Paulia : voir ressource Elsa

TP 6 : Les fleurs, fécondation, pollinisation, dispersion des graines
Sciences participative : voir ressource Charlotte

TP domestication après les vacances de printemps