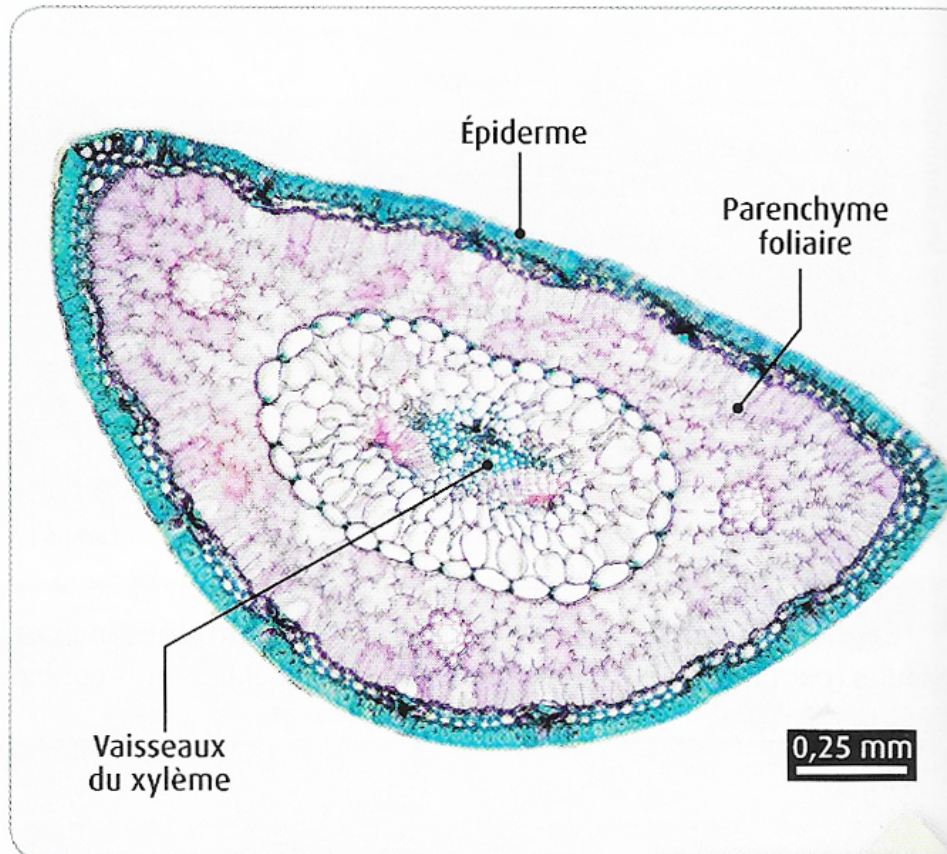


II. Le rôle de la photosynthèse pour la croissance de la plante

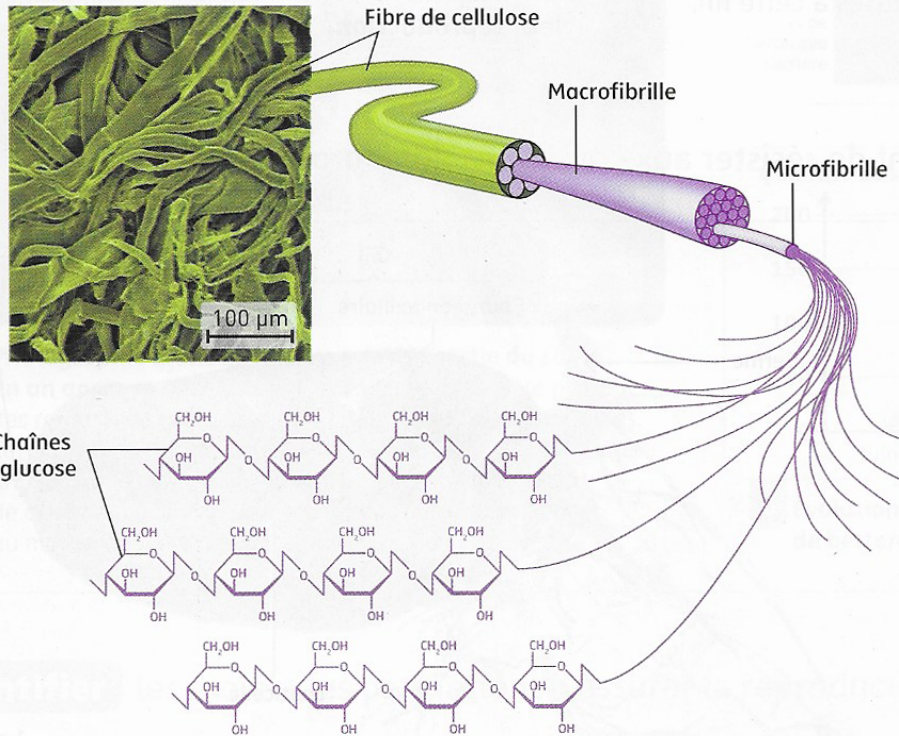
Cellulose et lignine



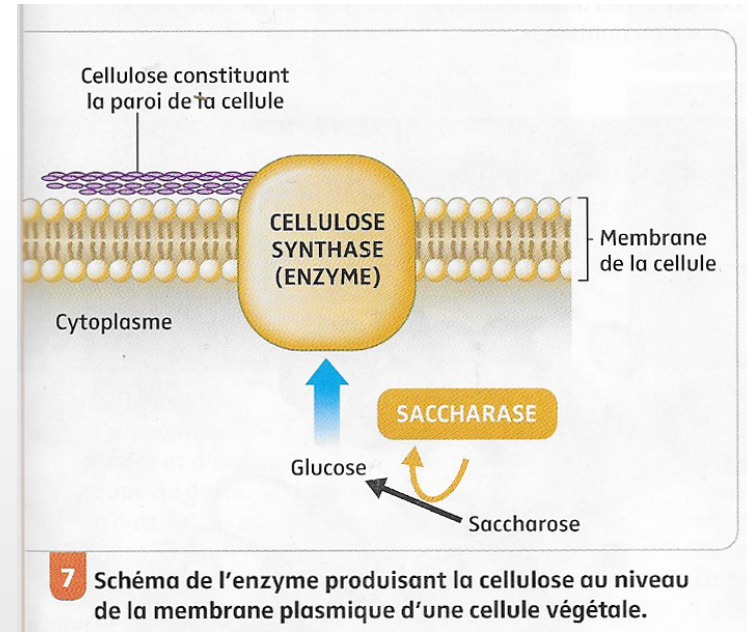
2 Coloration carmin-vert d'iode d'une coupe d'une aiguille de pin observée au MO ($\times 25$). Les colorants utilisés dans cette préparation permettent de localiser deux macromolécules organiques : la lignine, colorée en vert par le vert d'iode, et la cellulose, colorée en rose par le carmin.

La cellulose

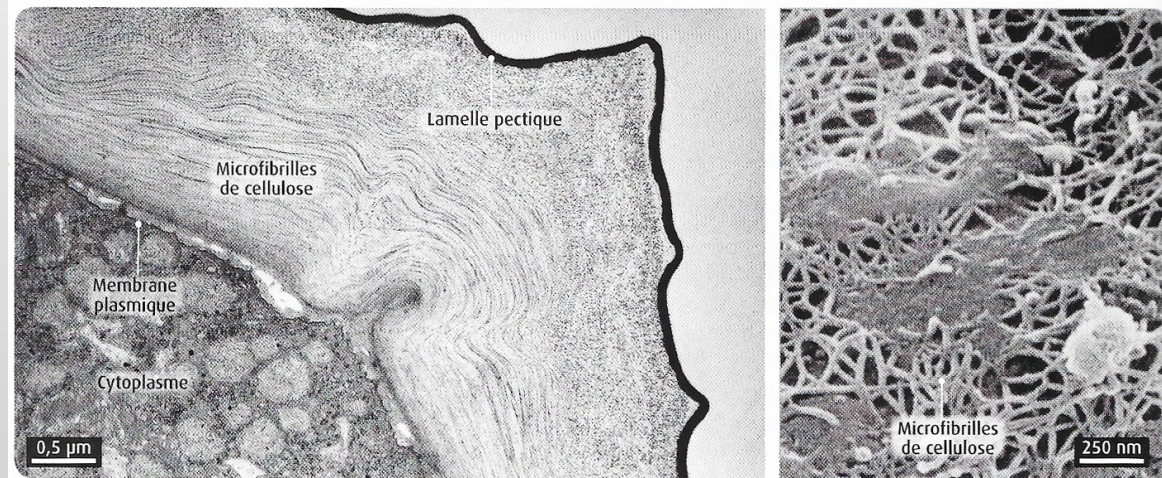
La cellulose est composée de molécules de glucose reliées entre elles par des liaisons particulières, différentes des molécules d'amidon. Elle est la molécule constitutive des parois des cellules végétales et plus particulièrement des cellules de phloème. Cette molécule est produite par une enzyme enchâssée dans la membrane plasmique des cellules végétales, appelée la cellulose synthase.



5 Photographie de fibres de cellulose au microscope électronique à balayage et schéma d'interprétation jusqu'au niveau moléculaire.

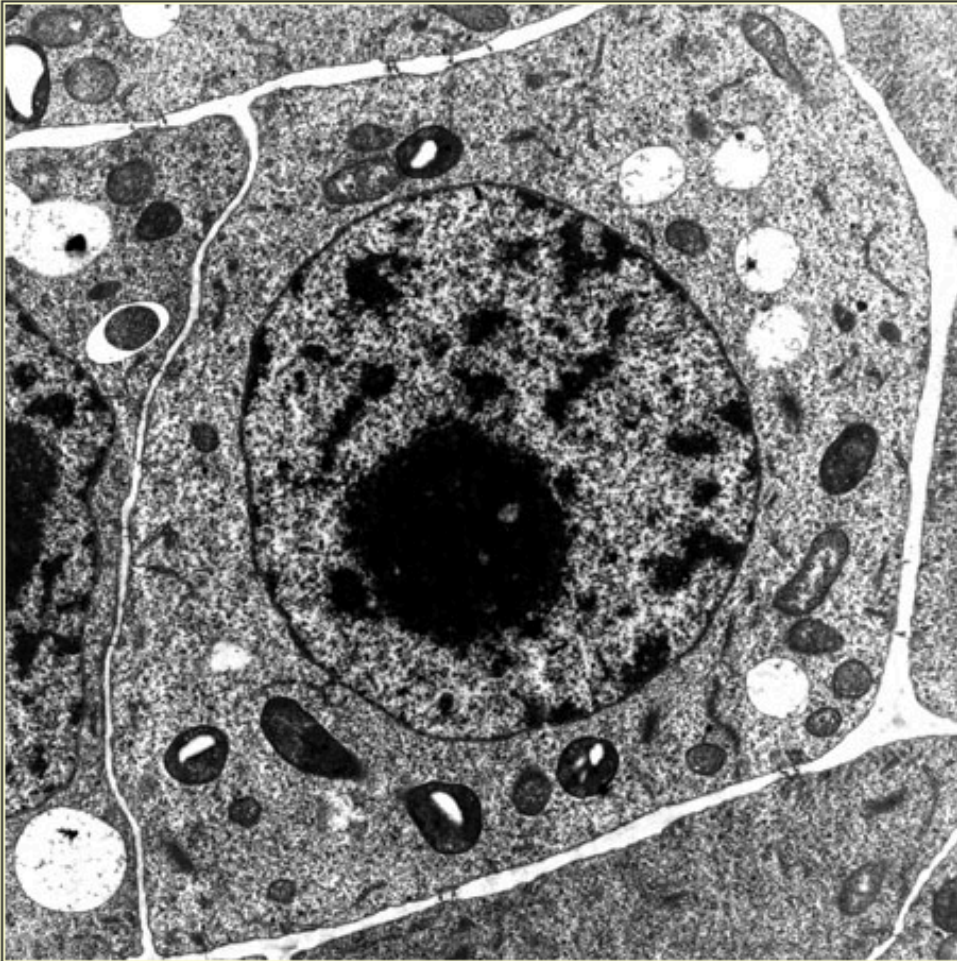


7 Schéma de l'enzyme produisant la cellulose au niveau de la membrane plasmique d'une cellule végétale.

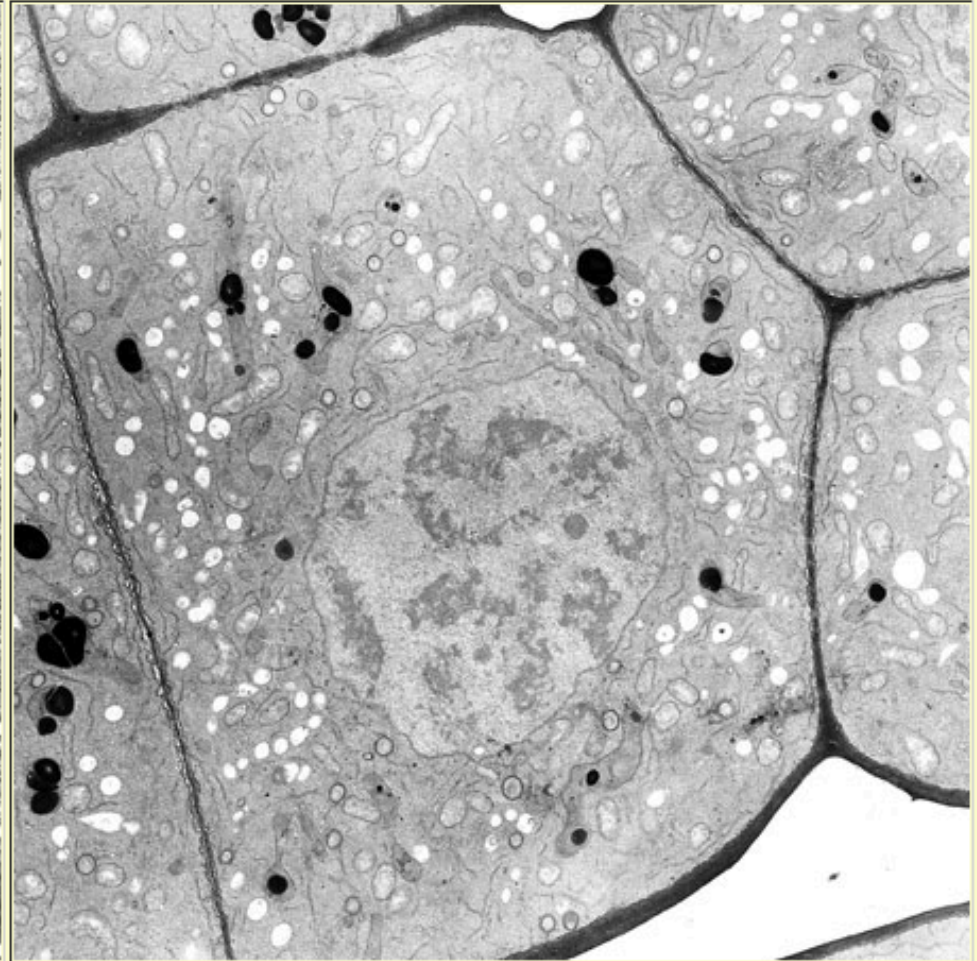


3 Observation au MET (à gauche) et au MEB (à droite) de la paroi de cellules de filet d'étamine de blé. La cellulose est la molécule organique la plus abondante sur Terre, elle constitue l'essentiel de la biomasse des végétaux.

Rappel sur la localisation de la paroi d'une cellule végétale

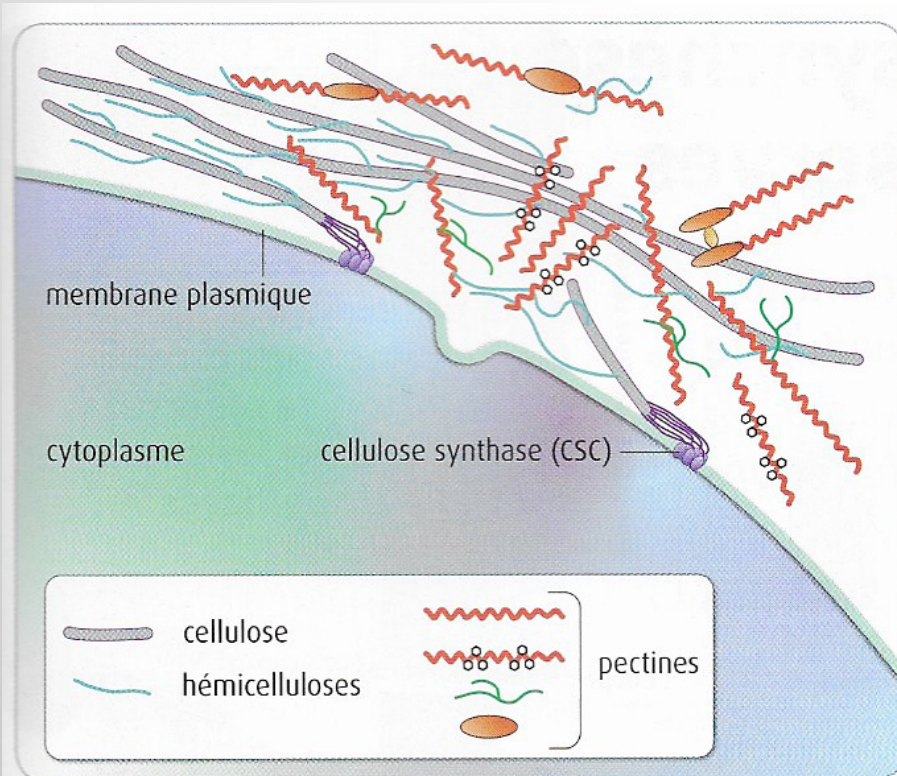


Cellule végétale méristématique au MET (contrastant acétate d'Uranyle)
Paroi et amidon des amyloplastes apparaissent en blanc

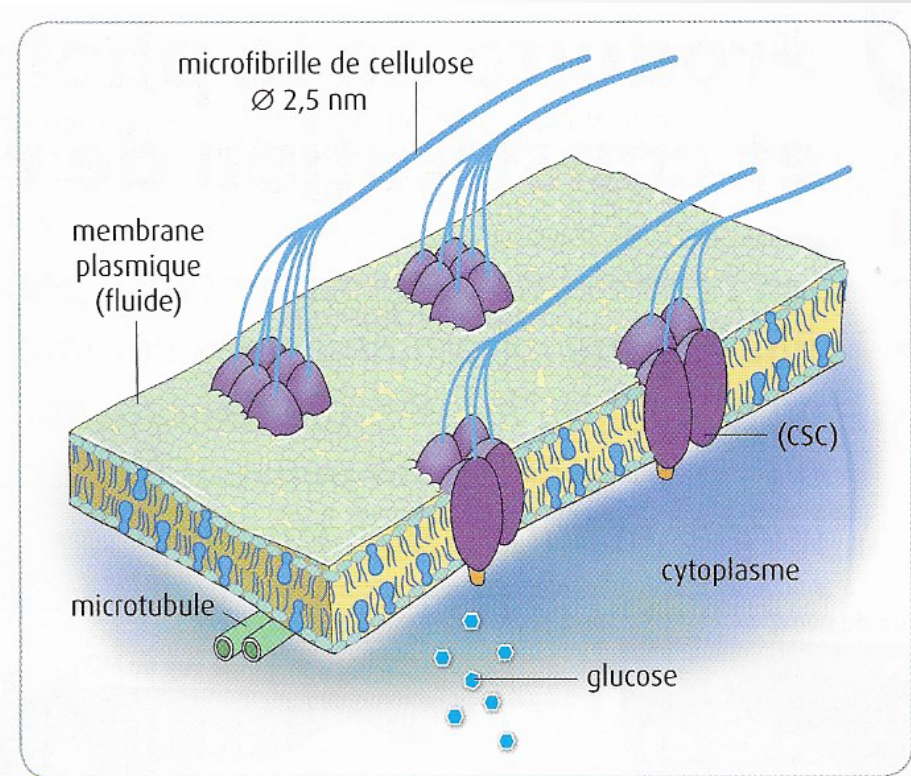


Cellule végétale méristématique au MET (test PATAg)
Paroi et amidon des amyloplastes sont très contrastés

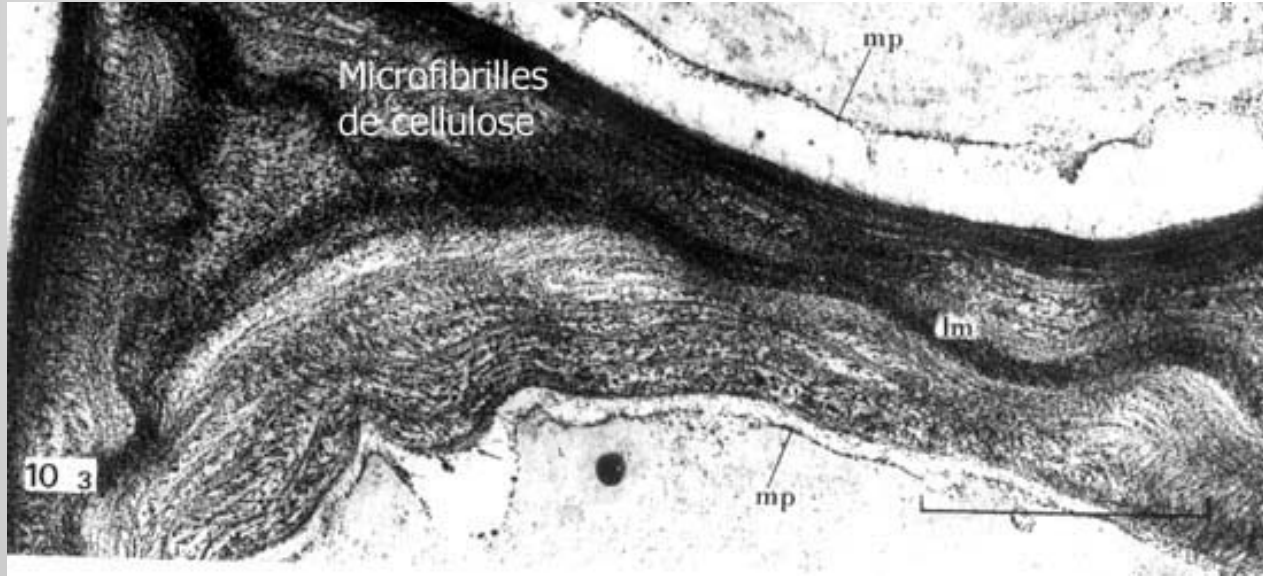
Paroi végétale cellulosique



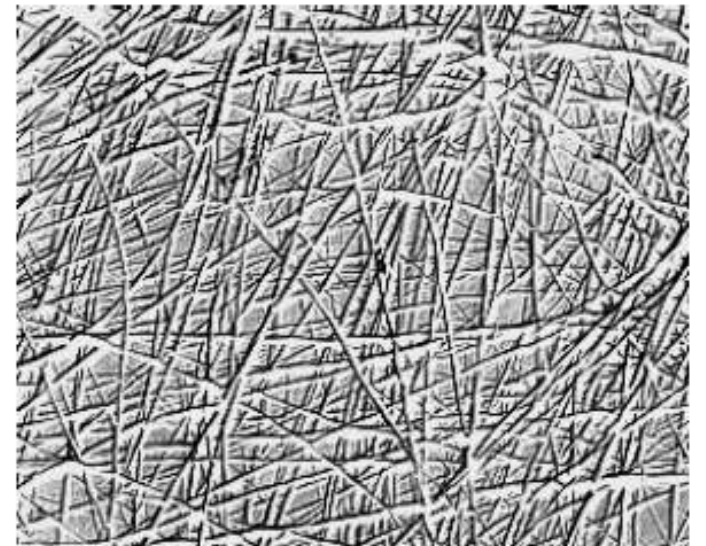
4 La constitution d'une paroi cellulaire végétale. Une paroi est majoritairement constituée de cellulose. Ce sont des molécules linéaires ramifiées par des molécules plus courtes : les hémicelluloses (également constituées de dérivés de glucides). L'ensemble constitue une armature externe mince et robuste qui donne sa forme à la cellule. Elles baignent dans un gel formé d'autres dérivés glucidiques : les pectines. La cellulose est un glucide difficilement digestible par les animaux ce qui offre une protection supplémentaire.



5 La synthèse de la cellulose. La cellulose est un polymère de glucose. Le glucose provient de la photosynthèse. Lorsqu'une cellule grandit, il est nécessaire de synthétiser de la cellulose pour accompagner cette croissance. Cette molécule est synthétisée, à partir de glucose, à l'extérieur de la cellule grâce à des complexes enzymatiques situés dans la membrane cellulaire : les cellulose synthases. Ces complexes longent des microtubules situés dans la cellule sous la membrane (non représentés ici), ce qui les guide.



Paroi d'une cellule végétale (X 45 000)

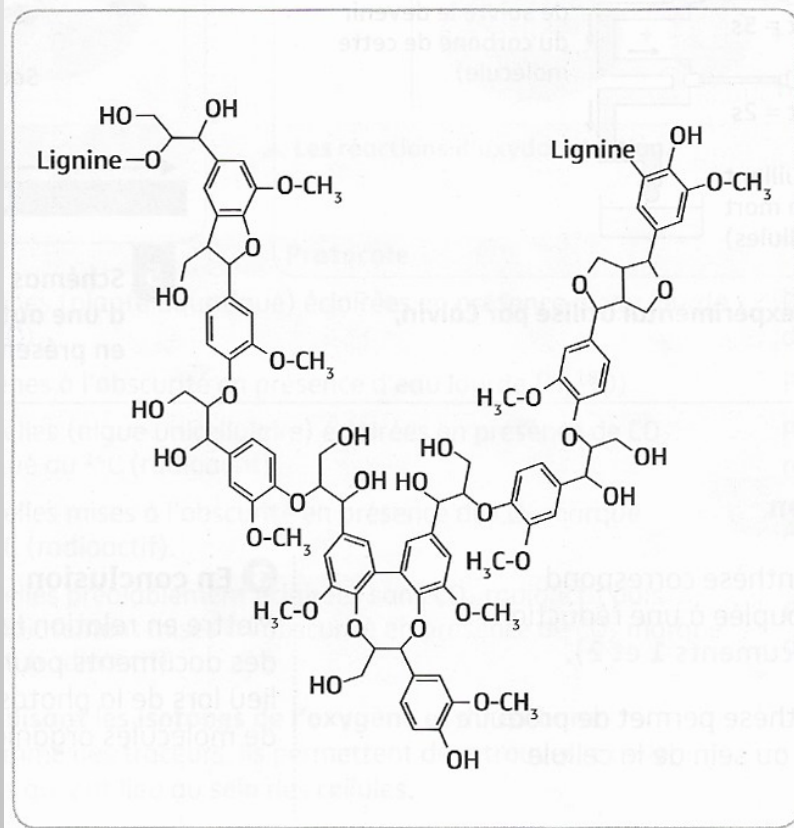


Charpente cellulosique de la paroi (X 30 000)

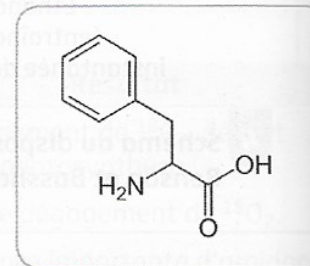
La lignine

La lignine est une molécule produite à partir de la phénylalanine, un acide aminé produit essentiellement dans les chloroplastes. Une suite de réactions chimiques, catalysée par de nombreuses enzymes, permet la formation de cette molécule complexe qui lui confère des propriétés imperméables, de rigidité importante et très résistante à la décomposition. Lors de leur différenciation, les cellules du xylème produisent cette

molécule au niveau de leur paroi avant de mourir. Les cellules mortes étant alignées, elles forment un vaisseau de xylème. Ainsi, cette molécule joue un rôle important dans le port des plantes en milieu terrestre. Le bois des arbres est essentiellement composé de cette molécule alors qu'on en retrouve très peu dans les plantes annuelles.

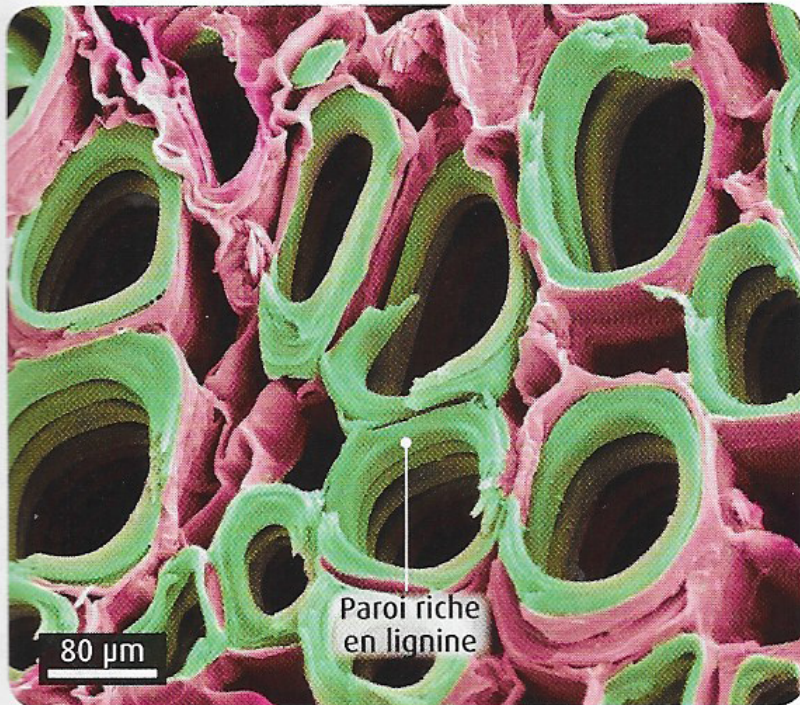


3 Une molécule de lignine.

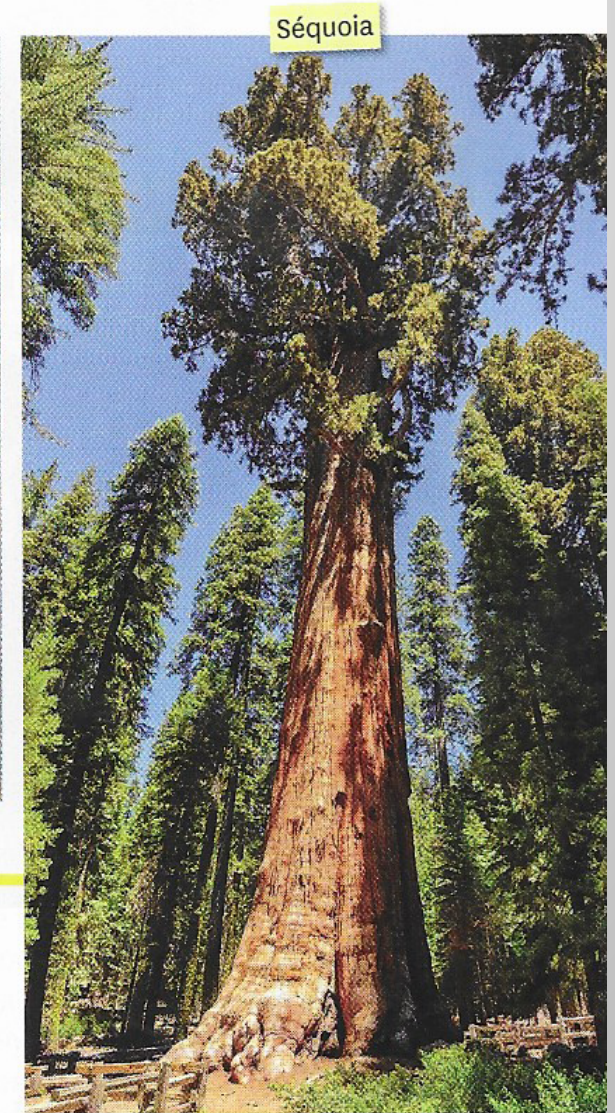
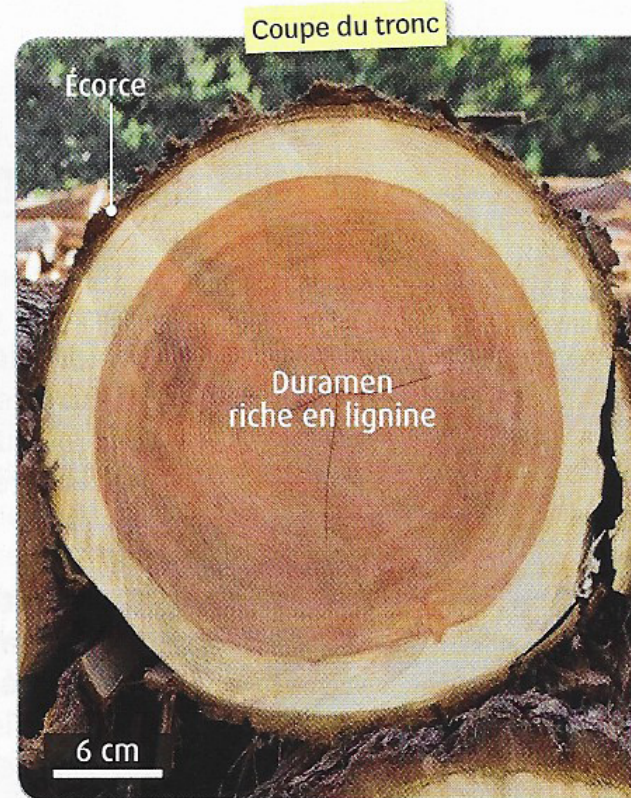


4 Une molécule de phénylalanine.

Lignine et port dressé des plantes



6 Observation au MEB de vaisseaux du xylème.

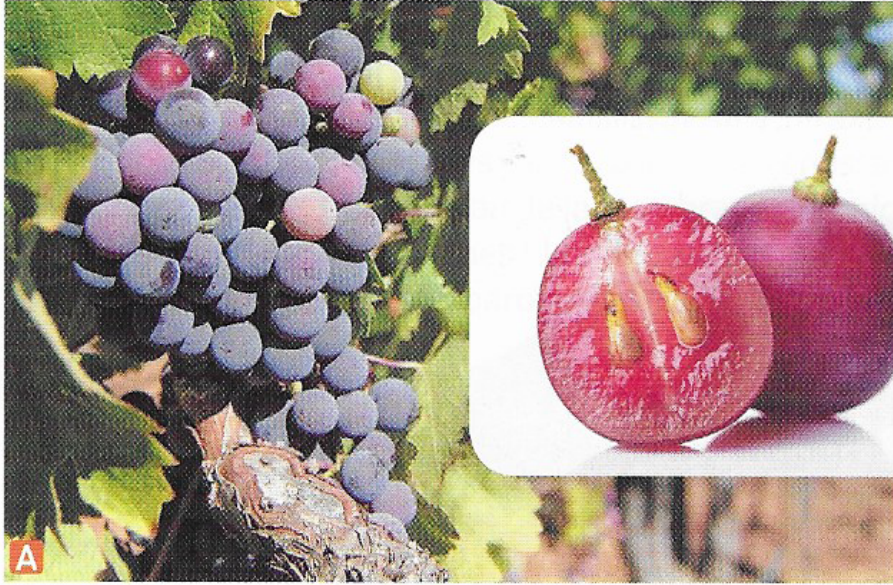


Lignine et port dressé des plantes. La lignine est synthétisée à partir de nombreuses unités dérivées d'un acide aminé, la phénylalanine, elle-même synthétisée à partir de molécules issues des glucides photosynthétiques. Elle imprègne les parois des cellules qui ne grandiront plus et contribue à la rigidification des structures végétales comme les troncs. On parle de ligneux (arbres et arbustes) pour qualifier les plantes pérennes dont les tiges et branches sont particulièrement riches en lignine et de plantes herbacées s'il y a peu de lignine dans les tissus.

7

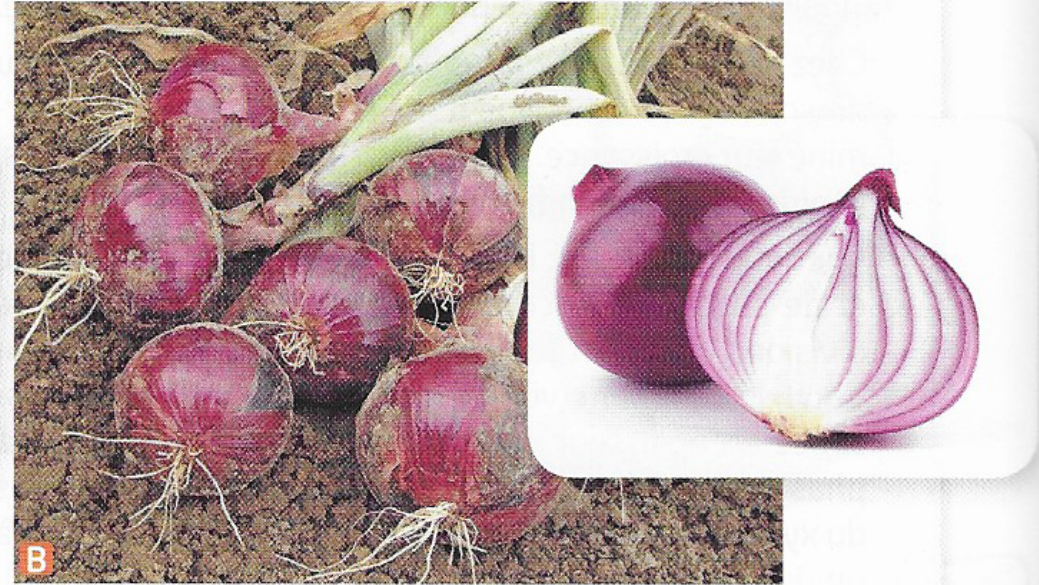
III. Le rôle de la photosynthèse pour la constitution de réserves

Quelques organes de stockage de la matière organique chez les plantes



Les fruits et les graines

Chez les plantes à fleurs, l'embryon issu de la reproduction sexuée est protégé au sein d'une graine capable de résister à des conditions difficiles. La graine contient des réserves permettant à l'embryon d'assurer par lui-même les premières phases de sa croissance, lors de la germination (voir p. 244). La graine est contenue dans un fruit qui permet sa dissémination. Lorsque le fruit est charnu, il contient lui aussi des réserves de matières organiques (A).



Les bulbes

Les bulbes sont des organes de réserve* souterrains formés d'une tige très courte qui porte des racines adventives* et des feuilles épaisses, disposées en tuniques superposées autour d'un bourgeon apical. Les molécules organiques contenues dans les tuniques permettent aux plantes (ex : lys, tulipe, oignon) (B) de survivre pendant l'hiver et de reprendre leur développement au printemps.



C

Les rhizomes

Les rhizomes sont des tiges souterraines vivaces*, porteuses de bourgeons et de feuilles très réduites. Chez certaines plantes (comme les iris ou le gingembre) (C), ces tiges contiennent des réserves qui permettent la survie de la plante pendant la mauvaise saison et sa nutrition lorsque les conditions redeviennent favorables.



D

Les tubercules

Les tubercules sont des organes annuels* gorgés de réserves. Il peut s'agir de racines (carotte, dahlia) permettant la survie hivernale. Lorsqu'il s'agit de tiges (comme chez la pomme de terre ou l'igname) (D), les tubercules sont également des organes de multiplication asexuée.

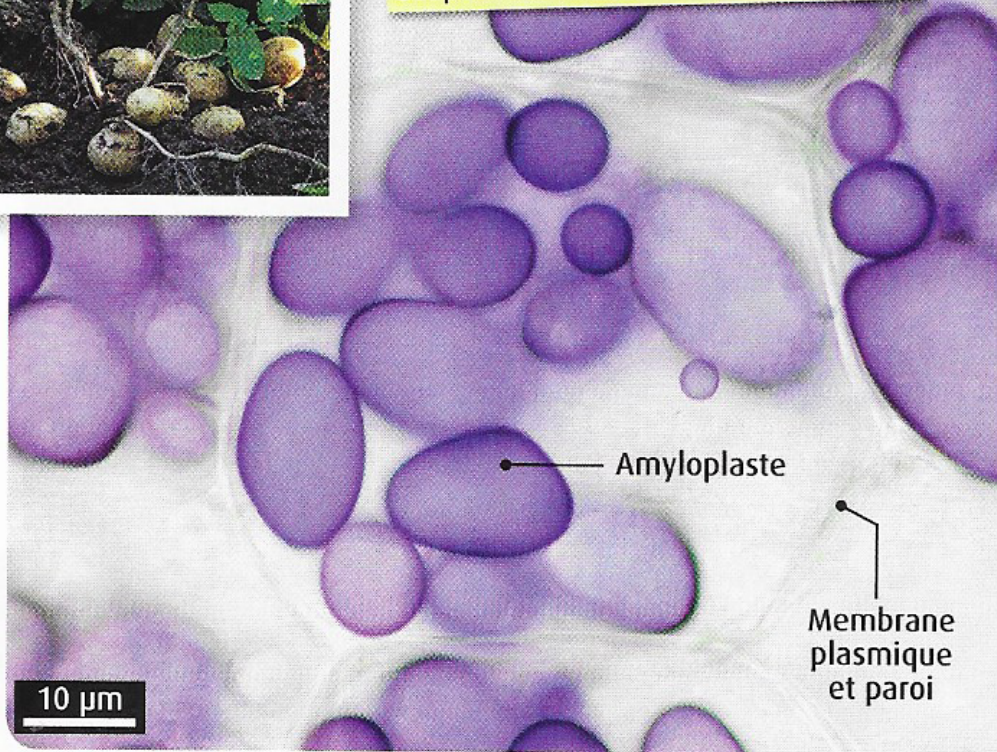
Plante vivace : Se dit d'une plante dont la période de végétation s'étend sur plusieurs années (opposé à *plante annuelle*).

1 **Tubercules de pomme de terre et coupes vues au MO après coloration au lugol.** Le lugol colore l'amidon en violet. S'il n'est pas ramassé, le tubercule peut passer l'hiver dans le sol et garder son pouvoir germinatif.

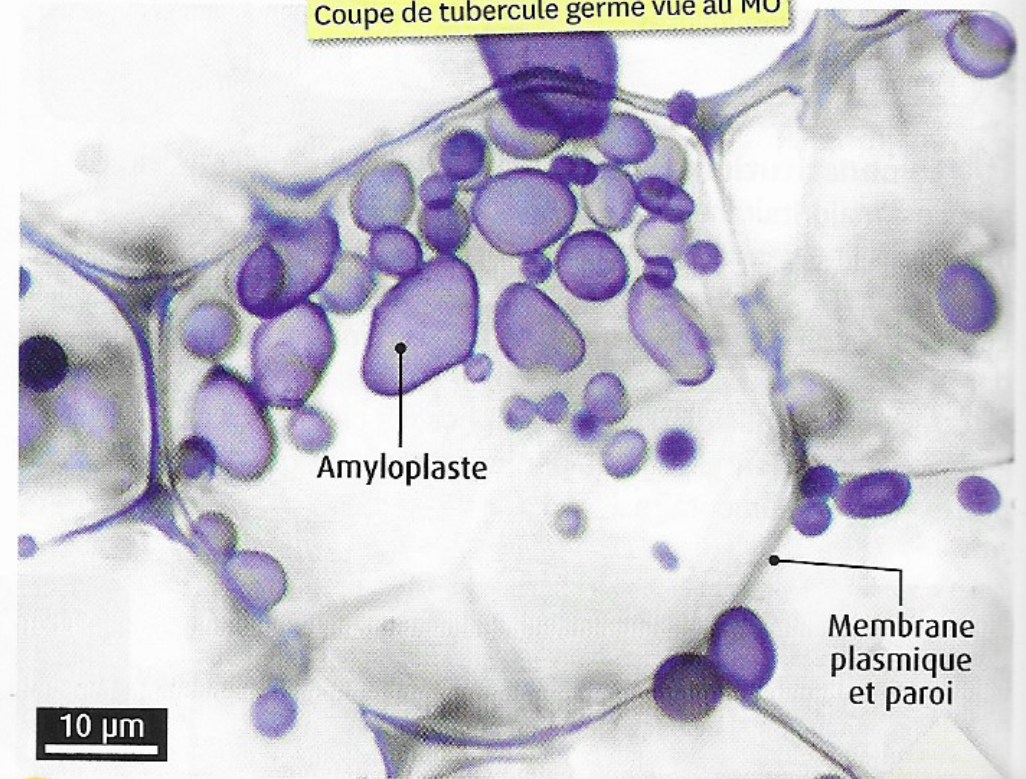
Plant de pommes de terre



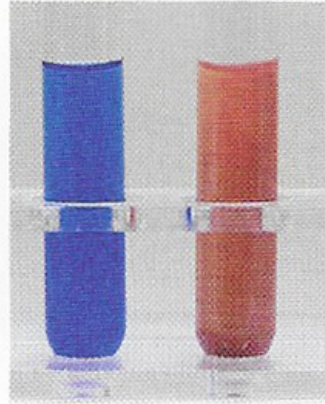
Coupe de tubercule non germé vue au MO



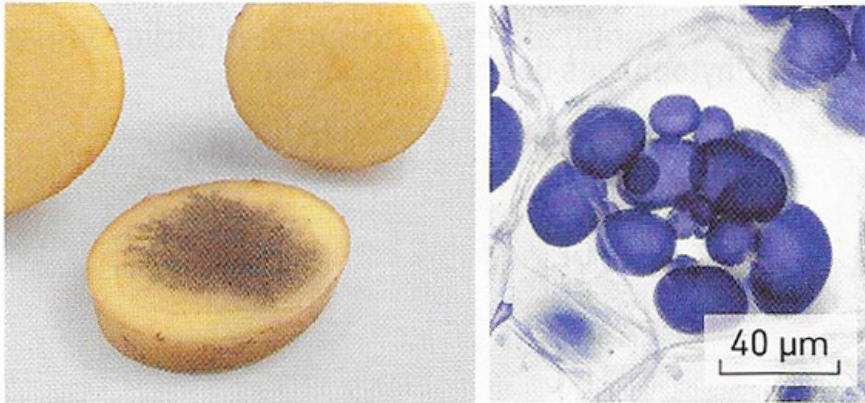
Coupe de tubercule germé vue au MO



Mise en évidence de différentes molécules organiques à l'aide de réactifs colorés



C Test à la liqueur de Fehling sur le tubercule de la betterave.



D Pomme de terre colorée au lugol et amyloplastes dans une cellule de ce tubercule (MO).

Recherche de sucres simples

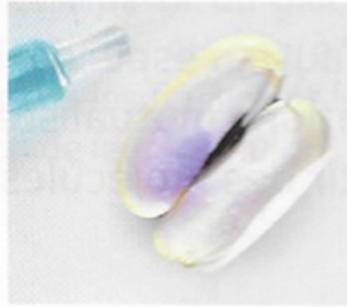
- Broyer et filtrer l'échantillon pour en extraire le jus.
- Verser 2 mL dans un tube à essai contenant 1 mL d'HCl à 1 mol·L⁻¹.
- Chauffer au bain-marie à 60°C quelques minutes.
- Verser le contenu du tube dans une solution de liqueur de Fehling (bleue).

La présence de glucose et de fructose issus de l'hydrolyse du saccharose est mise en évidence par un précipité rouge.

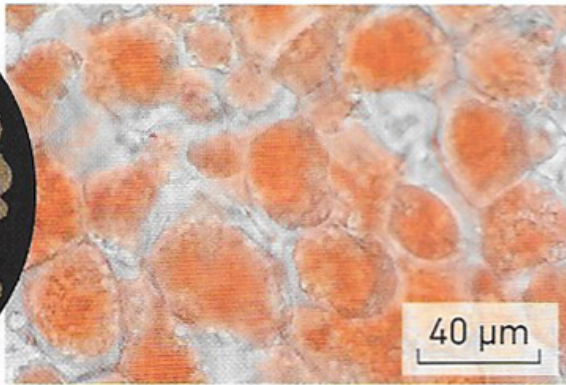
Recherche d'amidon

- Couper très finement l'échantillon (pour une observation au microscope).
- Mettre l'échantillon dans un verre de montre.
- Ajouter quelques gouttes de lugol concentré.
- Monter entre lame et lamelle et observer au microscope.

Le lugol met en évidence la présence d'amidon dans les amyloplastes par une coloration bleue très foncée.



A Test du biuret sur des graines de haricot.



B Coupe de noix colorée au rouge Soudan III (MO).

Recherche des protéines (test du biuret)

- Recouvrir l'échantillon d'une solution de sulfate de cuivre.
- Verser quelques gouttes d'hydroxyde de sodium (NaOH) à $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

La couleur bleu-violet met en évidence la présence de protéines.

Recherche des lipides

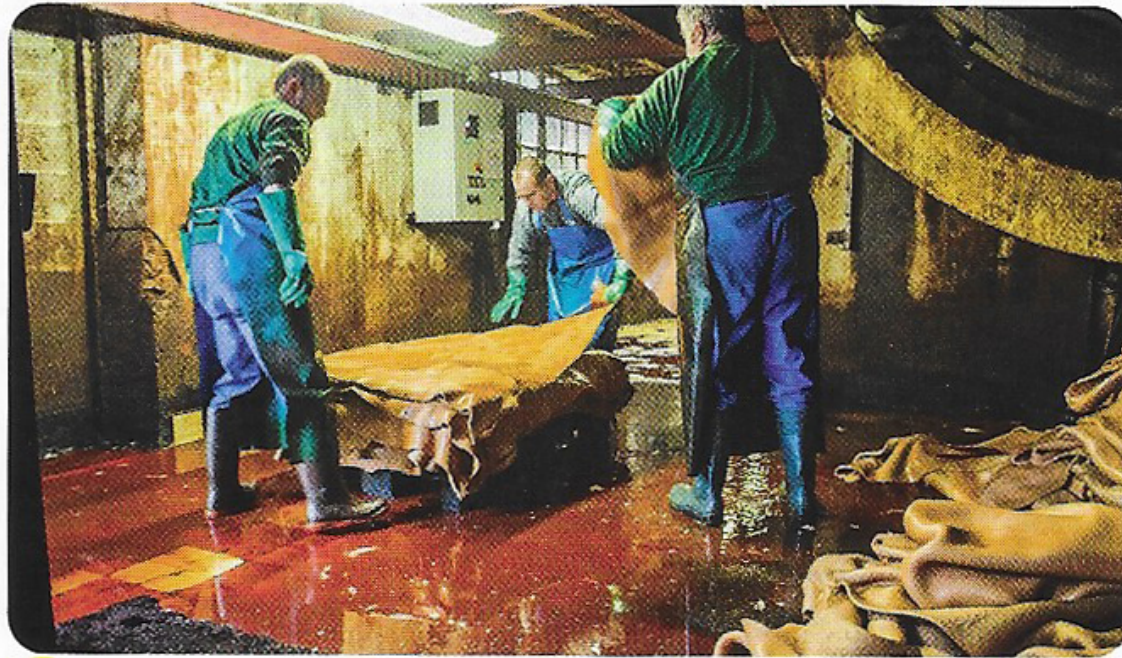
- Couper très finement l'échantillon (pour une observation au microscope).
- Mettre l'échantillon dans un verre de montre.
- Ajouter quelques gouttes de rouge Soudan III.
- Monter entre lame et lamelle et observer au microscope.

Le rouge Soudan III met en évidence les lipides par une coloration rouge.

IV. Photosynthèse et interactions avec les autres espèces

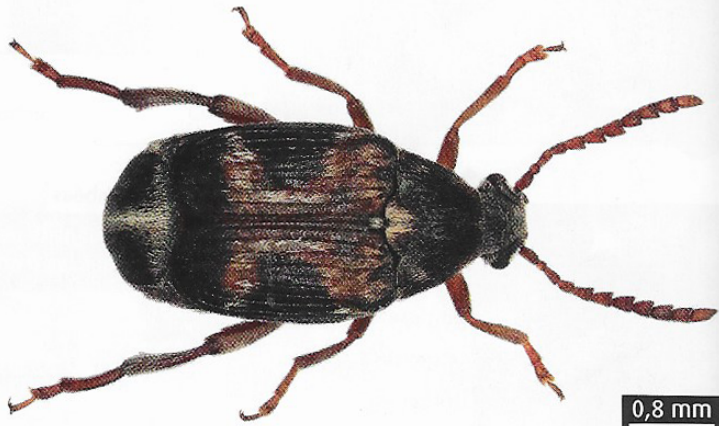
Exemple des tanins

Les tanins



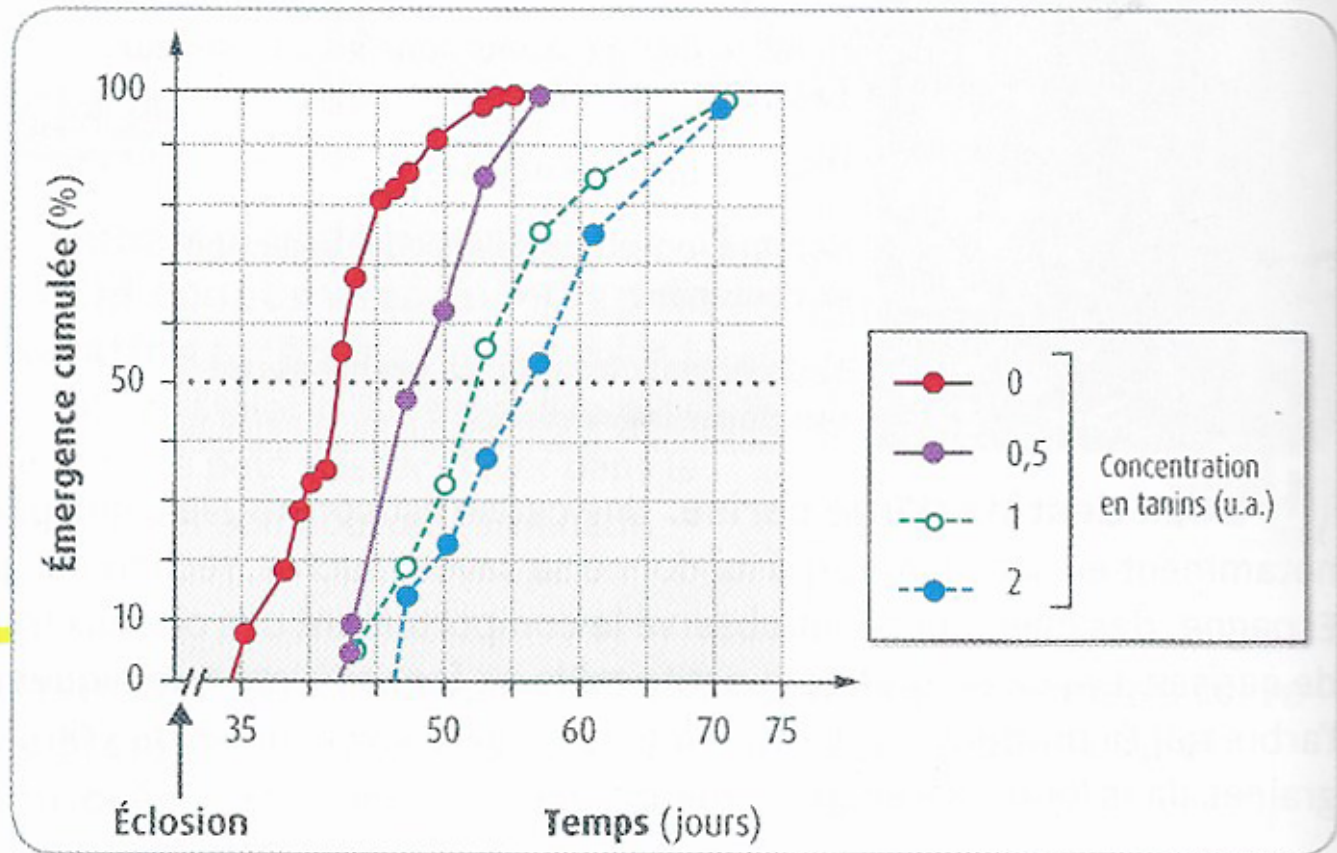
1 **Dans une tannerie.** Il s'agit d'un atelier où les peaux d'animaux sont traitées en vue de fabriquer du cuir. On applique aux peaux une poudre d'écorce (le tan) qui les protège et les rend imputrescibles grâce à l'action de substances végétales nommées tanins. Dans la plante vivante, ces derniers se déposent dans les parois des cellules et peuvent constituer jusqu'à 40 % du poids sec de l'écorce. Ils sont antibactériens, antifongiques et protègent donc la plante des attaques extérieures.

Les tanins

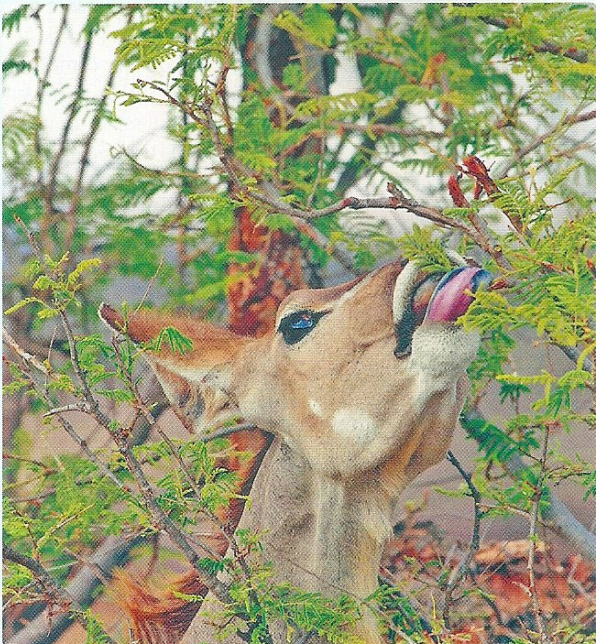


2 La bruche du haricot (*Callosobruchus maculatus*) est un insecte s'attaquant à de nombreuses plantes alimentaires : haricot, fève, pois, etc.

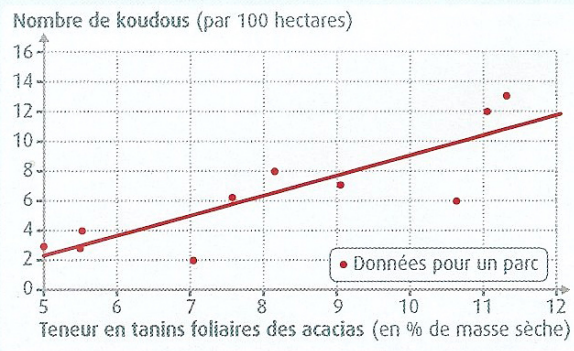
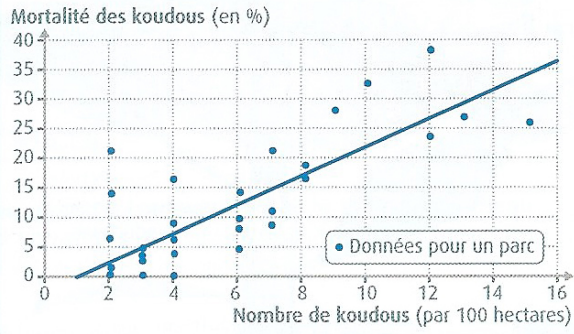
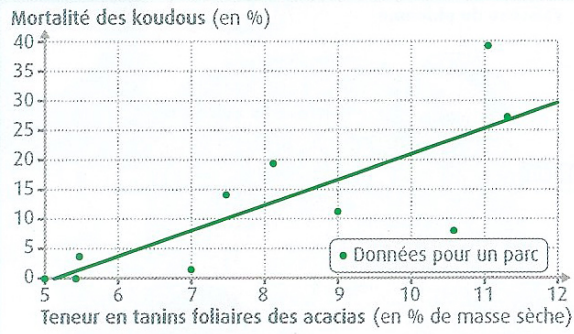
3 Émergence des femelles de bruche du haricot à partir de différents substrats nutritifs renfermant des tanins condensés du tégument des fèves. L'émergence correspond au moment où les adultes quittent leur stade larvaire.



Tanins et populations de Koudous en Afrique du Sud



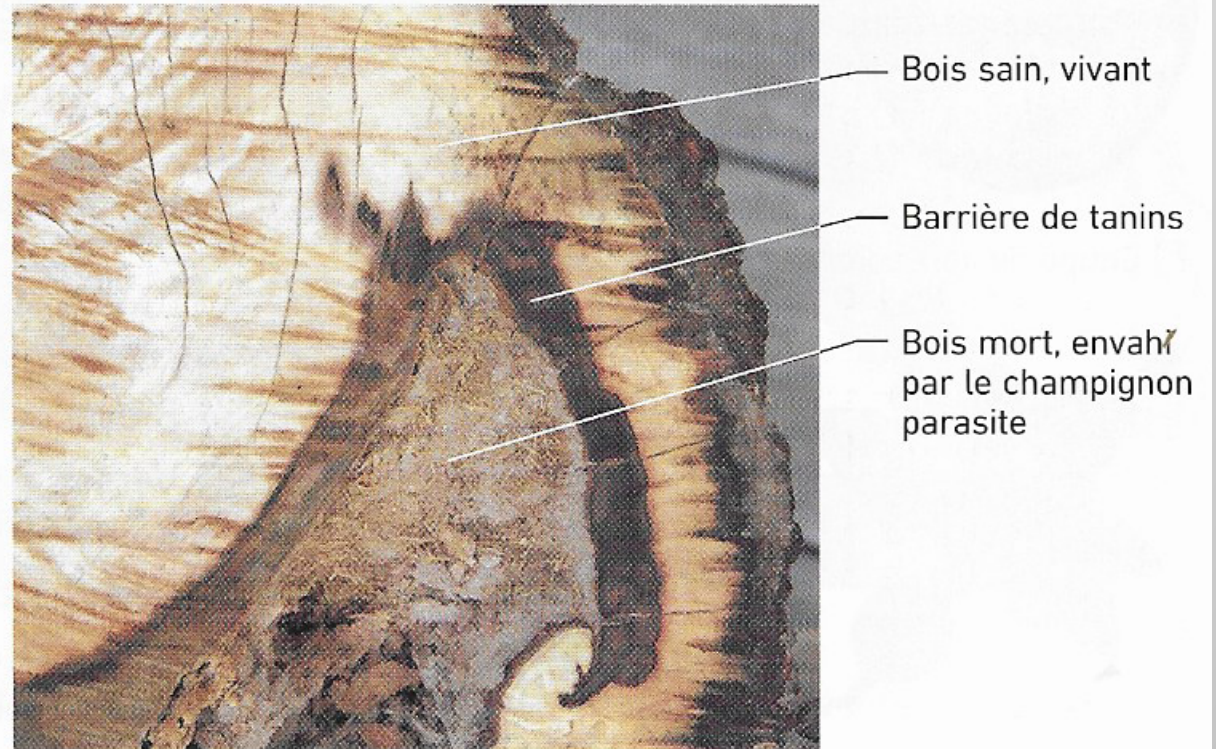
1 L'étude d'un exemple : les acacias et les antilopes en Afrique du Sud. Au début des années 80, les propriétaires sud-africains constatent une forte mortalité dans les populations de koudous (une grande antilope) vivant dans leurs parcs fermés (près de 2000 cadavres recensés). Dans ces vastes enclos, les koudous se nourrissent essentiellement d'acacias, les mêmes arbres étant consommés à tour de rôle par différents koudous. Les feuilles des acacias renferment des tanins. Lorsqu'un acacia est brouté par un herbivore, on observe que la concentration en tanins dans ses feuilles augmente rapidement (+ 94 % après 15 min, + 256 % après 60 min) et que l'arbre émet de fortes quantités d'éthylène. Ce gaz volatil déclenche, chez les acacias voisins, une augmentation de la production de tanins.



Les analyses ont montré que les tanins inhibent les enzymes digestives des animaux.

Tanins, interaction antagoniste entre plantes et phytophages

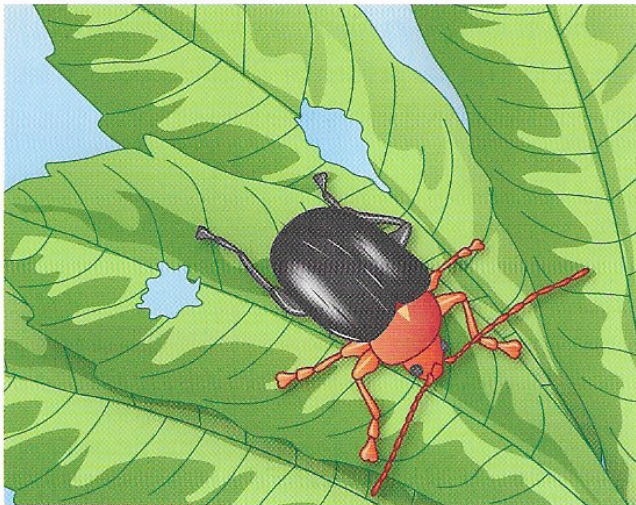
Les plantes ne sont pas sans défense contre les phytophages*, qu'il s'agisse de champignons parasites (A), de vertébrés ou d'insectes herbivores (B). Elles fabriquent en effet diverses molécules toxiques, dont les tanins. Il s'agit de molécules organiques de type polyphénols (au moins deux groupes phénol* dans leur formule). Les tanins ont la particularité de provoquer la précipitation des protéines. Ainsi, ils rendent inopérantes les enzymes digestives des phytophages qui arrêtent donc de se nourrir de la plante.



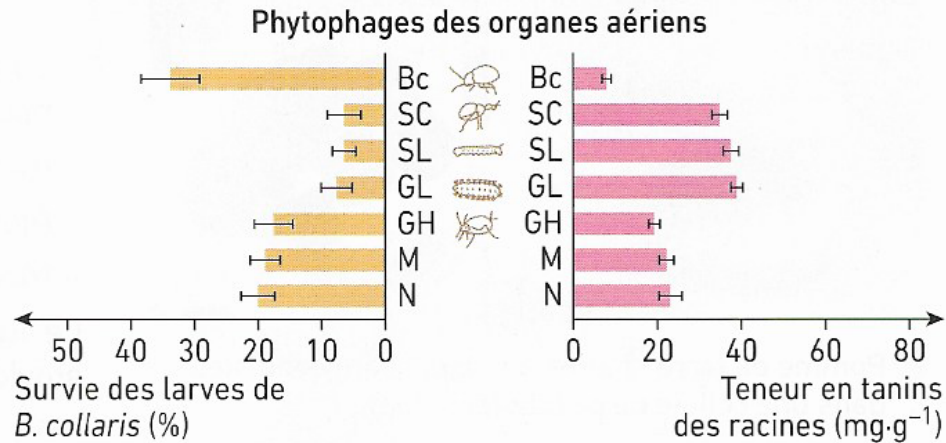
A Attaqué par un champignon, cet arbre a réagi en fabriquant des tanins permettant de limiter la progression du parasite.

Tanins et insectes phytophages

W. Huang et ses collaborateurs ont mené en 2014 une étude qui a permis de décrire les interactions antagonistes* entre l'arbre à suif, présent en Chine et au Japon, et les insectes phytophages qui s'en nourrissent. Ils se sont particulièrement intéressés à *Bikasha collaris* (B), un petit coléoptère qui se nourrit des feuilles de cet arbre, et dont les larves se développent au niveau du système racinaire.

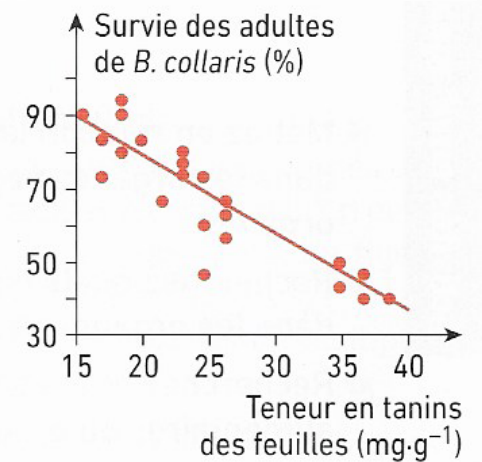
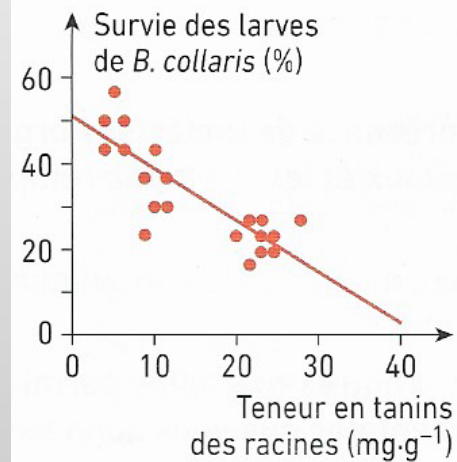


B Le coléoptère *Bikasha collaris* sur une feuille d'arbre à suif.



C Mesure de la survie des larves au niveau des racines et de la concentration en tanins dans les racines de l'arbre à suif soumis à l'action de différents phytophages (SC, SL, GL ou GH) ; M : lésions mécaniques ; N : témoin.

D Pourcentage de survie des larves ou des adultes de *B. collaris* en fonction de la concentration en tanins dans les organes qu'ils consomment (racines ou feuilles).

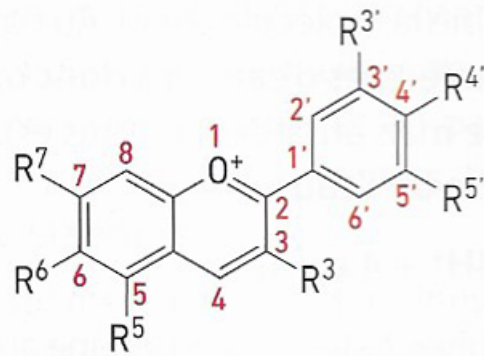


Exemple des anthocyanes

Les anthocyanes (comme les tanins) appartiennent à la famille des flavonoïdes. Elles résultent de transformations complexes à partir du glucose, reposant sur des enzymes spécifiques. Ce sont des pigments bleus, rouges ou pourpres présents dans beaucoup de fleurs et de fruits (A), mais aussi parfois dans les feuilles et les racines. Elles prennent différentes couleurs en fonction de leur formule (B) mais aussi de paramètres comme le pH.



A Fruits et fleurs riches en anthocyanes.



B Formule générale des anthocyanes. Selon la nature des radicaux, on distingue six types de pigments, de couleurs différentes.

Les radicaux R peuvent être des hydroxyles (-OH) ou des méthoxyles (-OCH₃). R³ est en général un sucre (glucose par exemple).

Anthocyanes : attraction d'insectes par 2 variétés de pétunias

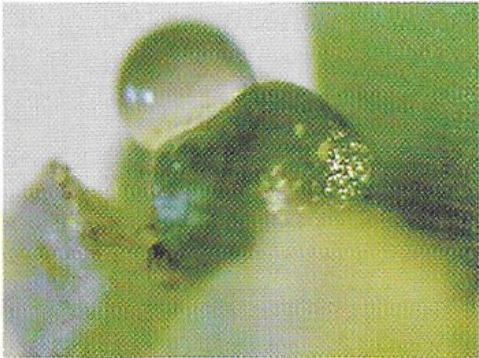
Afin d'étudier les interactions mutualistes* entre plantes et insectes pollinisateurs, des observations et mesures ont été menées sur deux variétés de pétunias :



WP117 possède un allèle responsable d'une faible production d'anthocyanes.



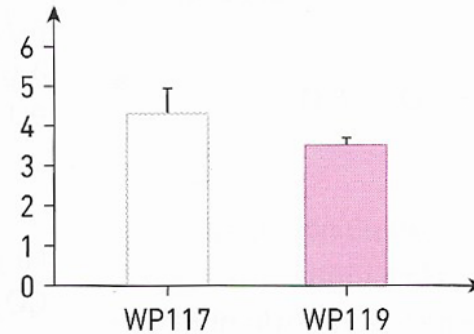
WP119 possède un allèle responsable d'une production importante d'anthocyanes.



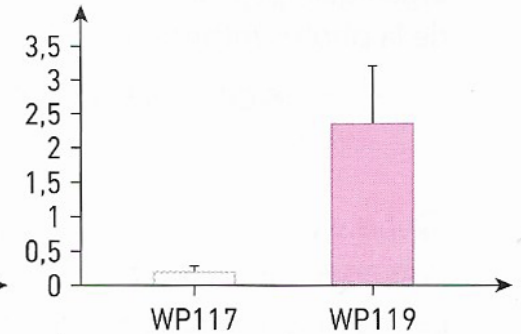
E Gouttelette de nectar (jus sucré produit par la fleur, et dont se nourrissent les insectes).



F Les abeilles domestiques ou sauvages sont des hyménoptères.



C Volume de nectar présent dans une fleur (en µL).



D Nombre de visites d'hyménoptères* (par fleur et par heure).

Hyménoptères : Insecte à métamorphose complète qui, comme les abeilles, guêpes, fourmis, possède quatre ailes membraneuses, des mandibules pour broyer, les autres pièces buccales pour lécher et aspirer les liquides.