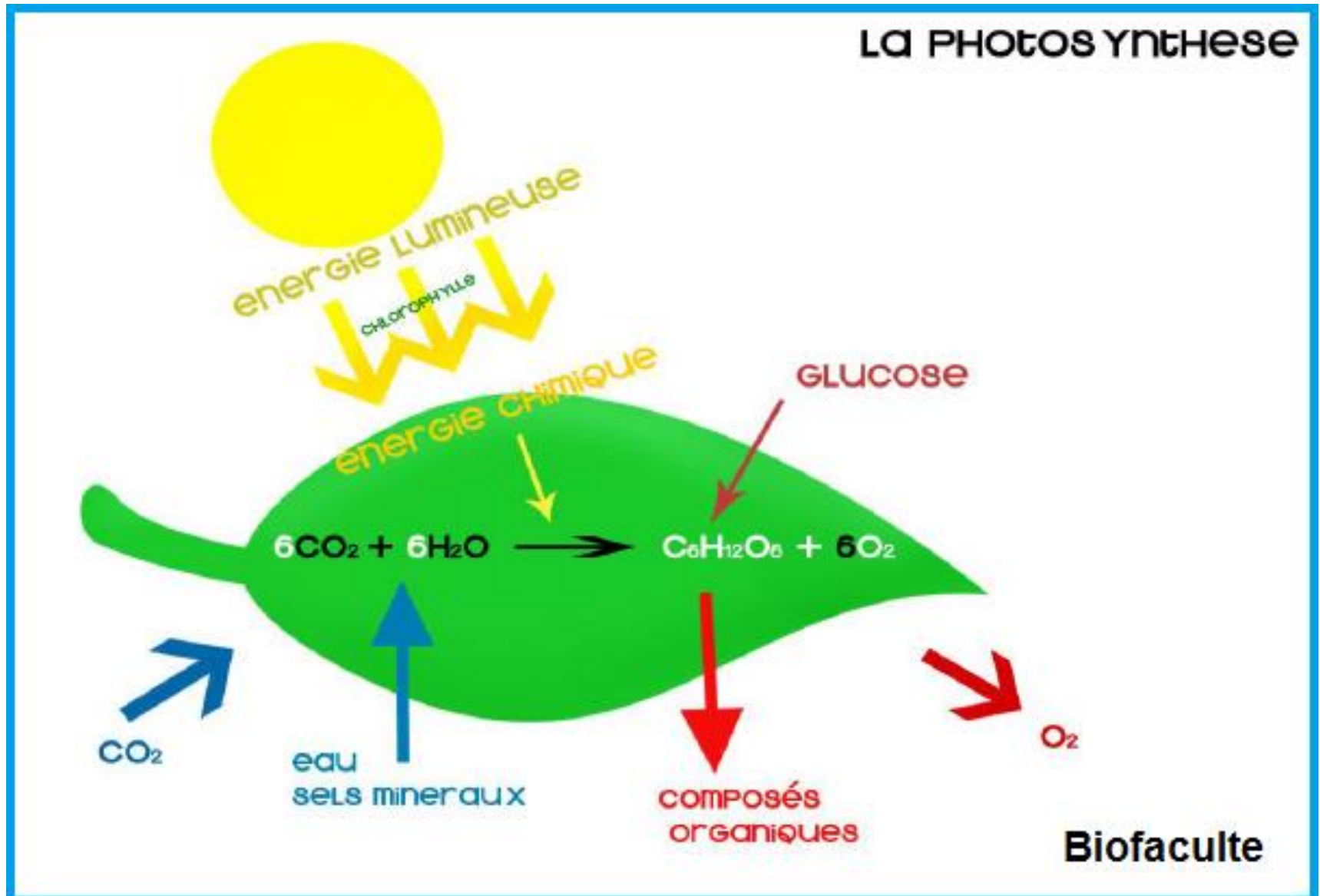




- Chapitre 2 –

**La plante productrice de
matière organique**

Intro : rappel autotrophe/hétérotrophe
La feuille, organe de la PS



Problématique :

Quelles sont les étapes de la photosynthèse ?

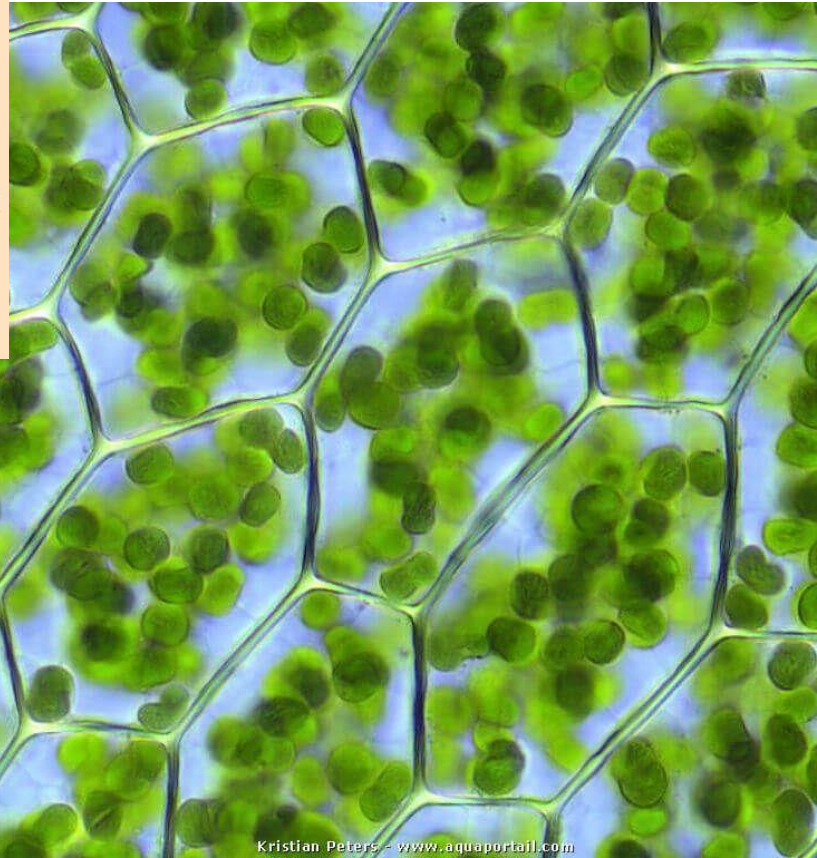
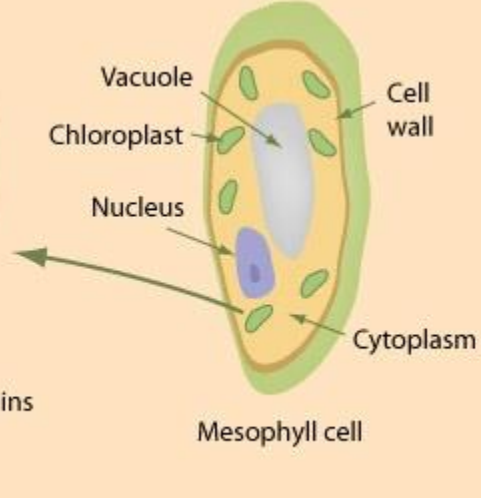
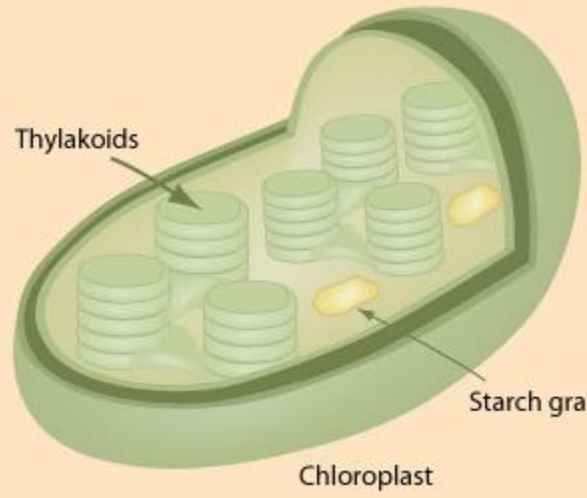
Que deviennent les produits issus de la photosynthèse ?

I- La photosynthèse, une réaction chimique en deux étapes complémentaires

1- Le rôle des pigments dans la photosynthèse

Documents 2 et 3 page 232 : déterminer quels sont les pigments contenus dans une feuille d'épinard

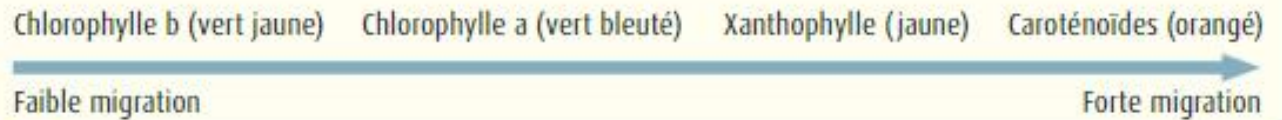
Doc.3 et 4 p.223, l'expérience de Engelman : comparer le spectre d'action de la photosynthèse (doc.3) et le spectre d'absorption des pigments d'une feuille verte. En déduire **les longueurs d'onde les plus efficaces** de la photosynthèse et le **rôle des pigments** dans la photosynthèse.





1 Matériel à disposition et précautions

La chromatographie est une technique de séparation des substances présentes dans un mélange. Elle utilise la migration d'un solvant sur un support solide. Les constituants du mélange sont entraînés plus ou moins loin suivant leurs propriétés physico-chimiques. Les pigments solubles dans le solvant migrent sur le papier de chromatographie et se répartissent de la façon suivante :



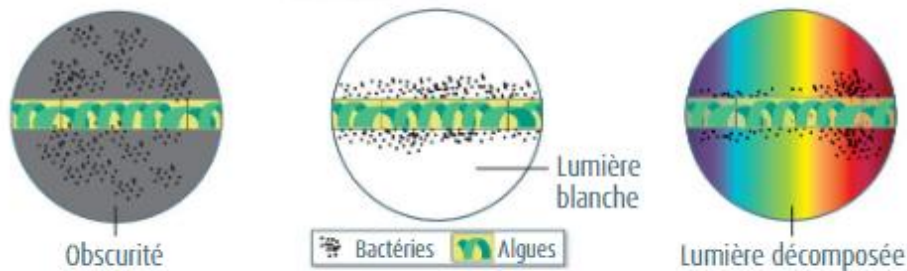
2 Principe de la chromatographie.



3 Séparation par chromatographie des pigments de feuilles d'épinard.

Les feuilles sont broyées avec de l'éthanol, l'extrait est filtré puis déposé sur un papier à chromatographie avant de migrer à l'obscurité. Quatre pigments différents ont été séparés selon leur masse molaire : la chlorophylle b ($907,5 \text{ g.mol}^{-1}$), la chlorophylle a ($893,5 \text{ g.mol}^{-1}$), les xanthophylles (568 et 600 g.mol^{-1}) et le carotène (552 g.mol^{-1}).

Répartition des bactéries



Production de dioxygène

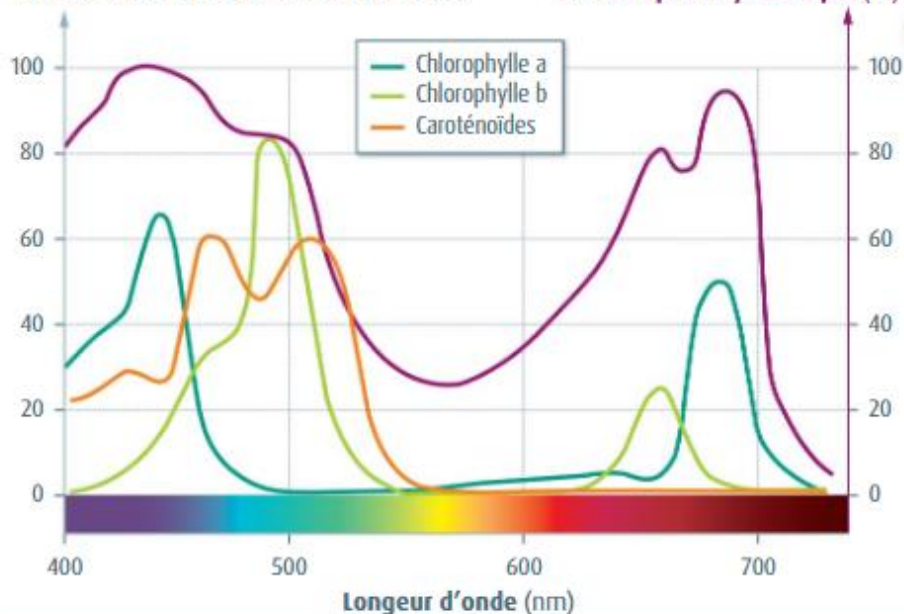


3 L'expérience de Theodor Engelman (1843-1909).

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.

Absorption par les pigments séparés (%)

Activité photosynthétique (%)



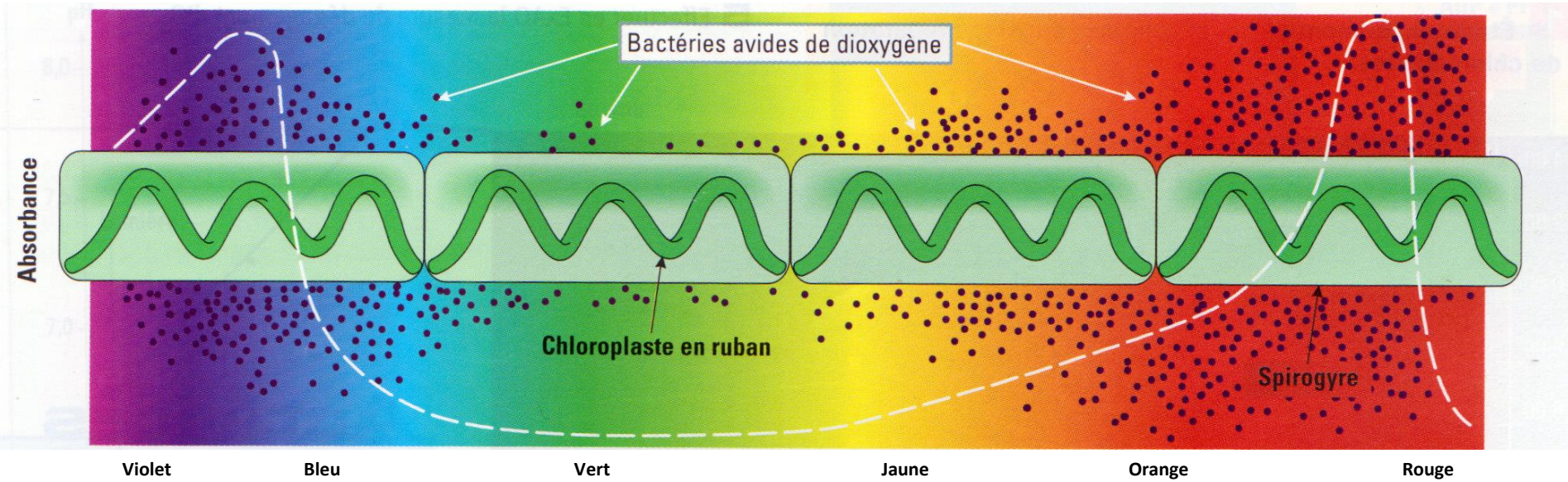
Je manipule

Analyse par chromatographie des pigments chlorophylliens d'une feuille verte.

➔ Voir activité pratique p. 232

4 Spectre d'absorption de différents pigments photosynthétiques.

En 1817, Pierre-Joseph Pelletier (1788-1842) et Joseph Bienaimé Caventou (1795-1877) isolent le pigment vert responsable de la couleur des feuilles. Ils le nomment « chlorophylle ». Au microscope, ils constatent que ce pigment est localisé au niveau de grains appelés chloroplastes. Les chloroplastes contiennent plusieurs pigments photosynthétiques dont on a déterminé bien plus tard le spectre d'absorption.



L'expérience. En 1882, Engelmann place sous microscope un filament de spirogyre, algue verte d'eau douce, avec des bactéries qui sont attirées par des sources de dioxygène dans le milieu. Il place le filament d'algue parallèlement à la largeur du spectre de lumière blanche décomposée qui l'éclaire.

2- Les deux étapes de la PS

Rappeler l'équation bilan de la PS

a- l'utilisation de la lumière et la photolyse de l'eau (phase photochimique)

Doc.5 et 6 p.223 : expérience historique de Ruben et Camen **exercice distribué**

Expliquer l'origine du O₂ dégagé lors de la PS

Montrer que les pigments chlorophylliens permettent une transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique ATP)

7 L'origine du dioxygène émis par la photosynthèse

Extraire des informations, raisonner

QUESTION :

À l'aide des documents, exploitez les résultats de cette expérience pour déterminer l'origine du dioxygène émis lors de la photosynthèse.

En 1941, Ruben et Kamen recherchent l'origine du dioxygène produit lors de la photosynthèse.

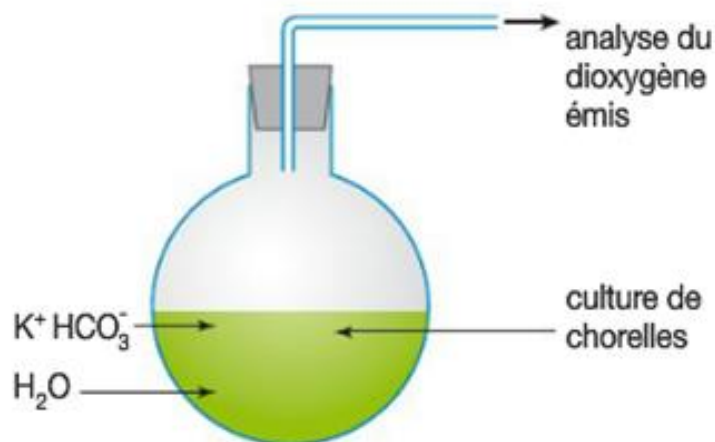
Ils utilisent des chlorelles, algues chlorophylliennes unicellulaires, qu'ils cultivent en présence d'eau et d'ions hydrogénocarbonates (ces ions, HCO_3^- , sont la source de CO_2 pour les plantes aquatiques).

Plusieurs essais sont réalisés dans lesquels les chercheurs utilisent de l'eau et des ions hydrogénocarbonates contenant différentes proportions de ^{18}O et ^{16}O .

^{18}O est un isotope naturel de ^{16}O (dans la nature, 99,8 % de O est ^{16}O et 0,2 % est ^{18}O).

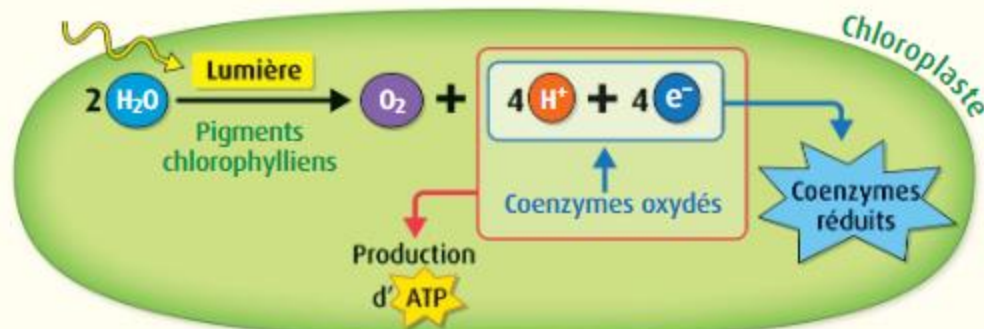
Le dioxygène produit au cours de chaque expérience est recueilli et les chercheurs mesurent la teneur en isotope ^{18}O du dioxygène émis par les chlorelles pendant la photosynthèse.

Le tableau ci-contre rend compte des résultats de ces expériences.



	Teneur en ^{18}O dans...		
	...l'eau de la culture (H_2O)	... les ions hydrogénocarbonates (HCO_3^-)	...le dioxygène produit (O_2)
Expérience 1	0,85 %	0,40 %	0,85 %
Expérience 2	0,20 %	0,57 %	0,20 %

L'expérience de Ruben et Kamen a permis de montrer que les plantes chlorophylliennes effectuent à la lumière une transformation chimique appelée photolyse de l'eau. Cette transformation se produit dans les chloroplastes grâce à l'énergie lumineuse captée par les pigments photosynthétiques. Elle est modélisée par l'équation schématisée ci-dessous :



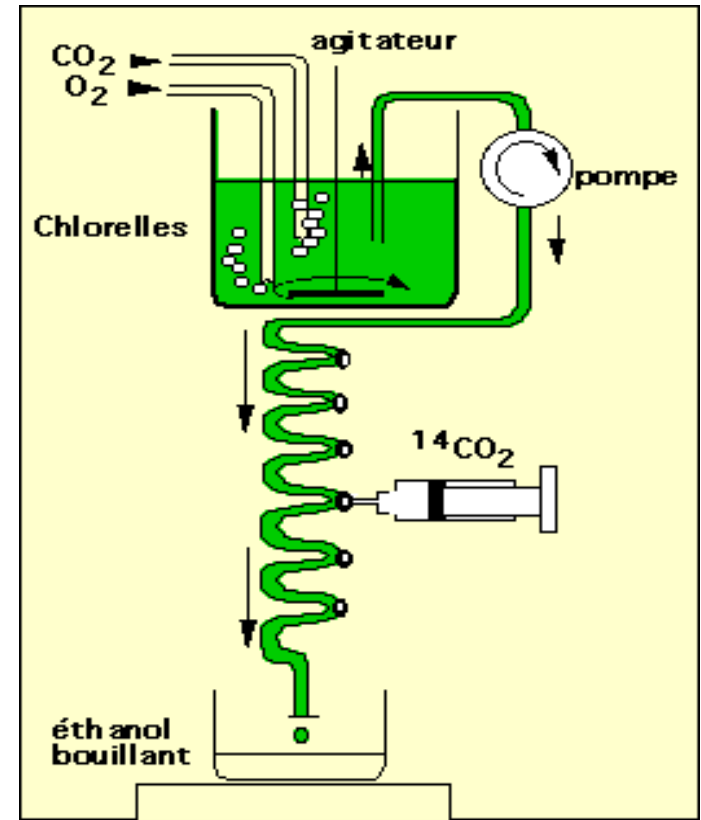
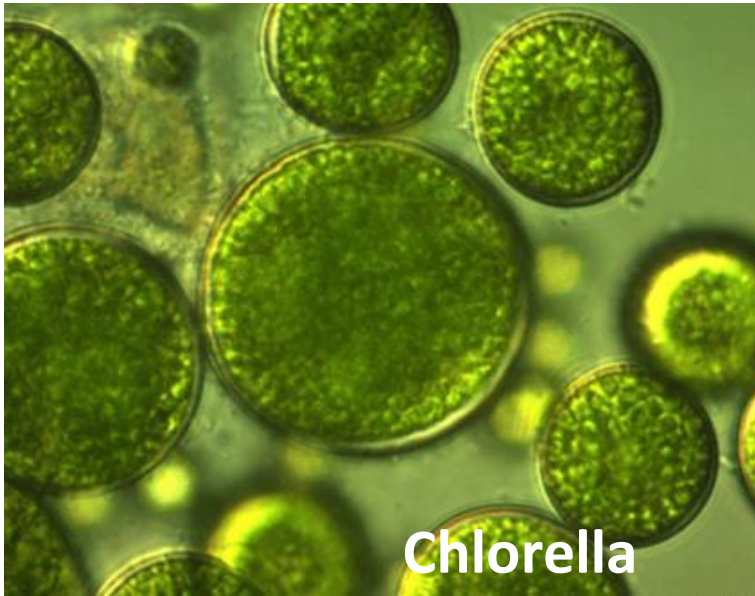
Il s'agit d'une réaction d'oxydation car l'eau y perd des électrons. Ces derniers sont captés par des molécules appelées coenzymes, qui passent de l'état oxydé à l'état réduit. Au cours de ce même processus de l'ATP est produit. Les coenzymes réduits et l'ATP, produits grâce à la lumière et aux électrons fournis par l'eau, sont une source d'énergie chimique utilisable par la cellule chlorophyllienne.

6 La photolyse de l'eau.

b- la synthèse de MO à partir du CO₂ (phase chimique)

Doc.2 p.224 : schéma du dispositif
de l'expérience

historique de Calvin et Benson



Doc. 3 et 4 page 225: répondre aux questions 2 à 4 du
livre.

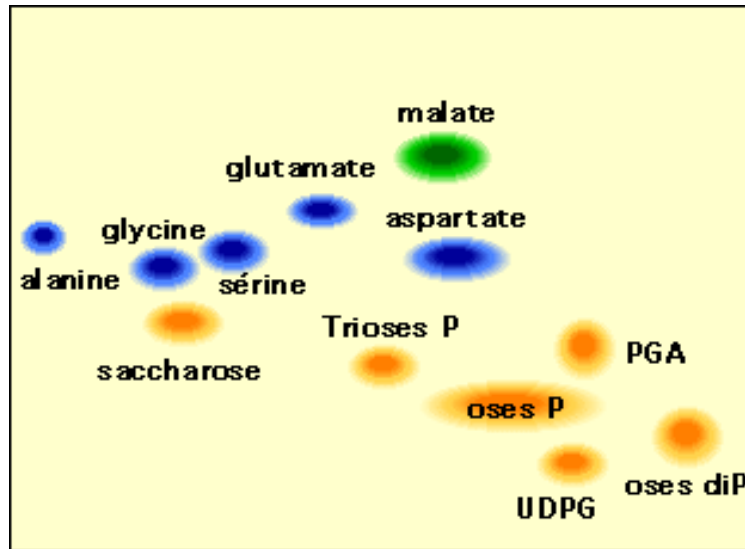
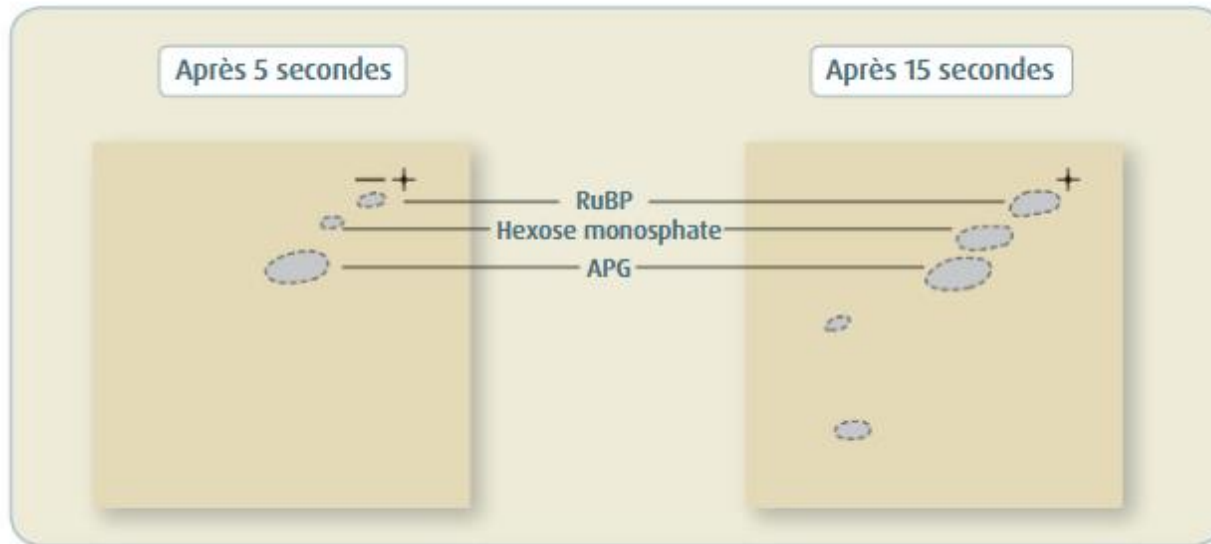


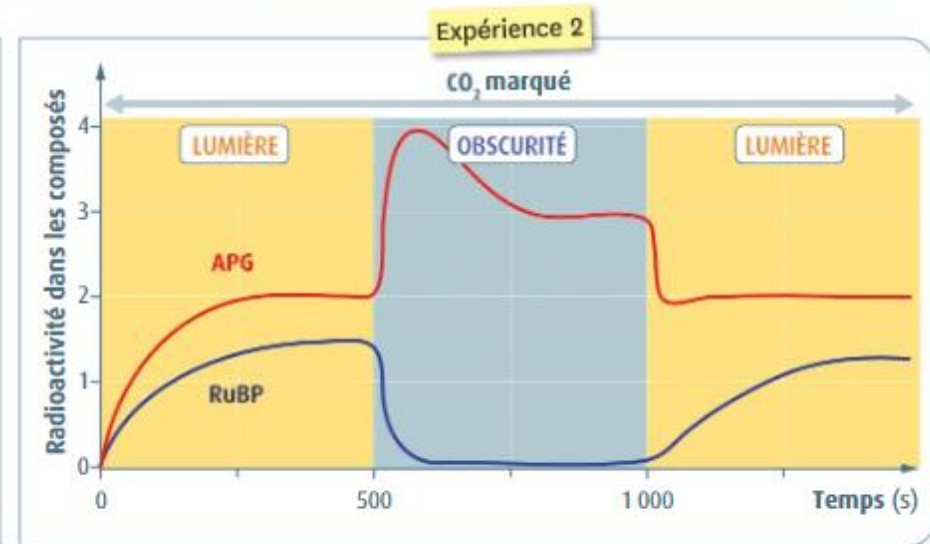
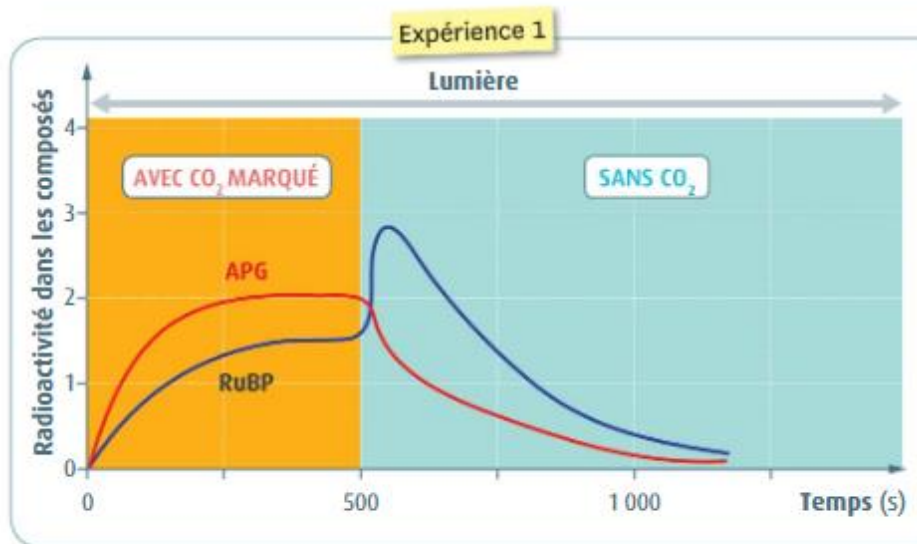
Schéma des résultats de la chromatographie 2D

- En bleu, des acides aminés
- En vert, des acides organiques

En orange, des sucres



3 Résultats des expériences de Calvin et Benson. L'analyse des algues tuées 5 secondes ou 15 secondes après le début de la photosynthèse est réalisée par une chromatographie (qui sépare et permet d'identifier les molécules présentes dans les algues) suivie d'une autoradiographie (qui permet de visualiser les molécules radioactives). Les hexoses sont des sucres (glucides) à six carbones, les trioses des sucres à trois carbones. Beaucoup de ces molécules sont associées à un ou plusieurs phosphates. RuBP : ribulose diphosphate ; APG : acide phosphoglycérique.



4 Étude des conditions de production des molécules carbonées par photosynthèse. On mesure la quantité d'APG et de RuBP produits (par une mesure de la radioactivité) dans différentes conditions.

OU ??

Déterminez l'origine du C organique incorporé dans toutes les molécules organiques et montrez que les éléments minéraux sont nécessaires à la production de matière organique.

Document 1 : L'incorporation du carbone dans la matière organique

En 1950, les scientifiques américains Benson et Calvin étudient la synthèse de molécules organiques par les chlorelles, des algues unicellulaires. Pour cela ils placent une suspension de chlorelles à la lumière et pour suivre la synthèse de nouvelles molécules, ils fournissent à ces algues du dioxyde de carbone dont l'élément chimique C est marqué. Ce marquage permet de suivre le devenir de cet élément chimique quelle que soit la molécule dans laquelle il est incorporé.

	Glucides simples	Glucides complexes	Protides	Lipides
Début de l'expérience	-	-	-	-
Quelques secondes plus tard	+	-	+	-
Quelques minutes plus tard	++	++	++	+

Document 2 : Etude des besoins en éléments minéraux

Pour étudier les besoins en éléments minéraux des plantes, on réalise des cultures avec différentes solutions nutritives. La production de matières organiques dont les lipides et protides est précisée ci-dessous.

Solution nutritive	Solution témoin avec du potassium, du phosphore et de l'azote	Même solution sans potassium (K)	Solution témoin sans phosphore (P)	Solution témoin sans azote (N)
Production de matières organiques	Production normale	Production faible voire absente	Production faible voire absente	Production faible voire absente

II- L'utilisation des produits de la photosynthèse

1- Les produits de la PS et la croissance de la plante

Bilan TP2 groupe A



Séquoia géant

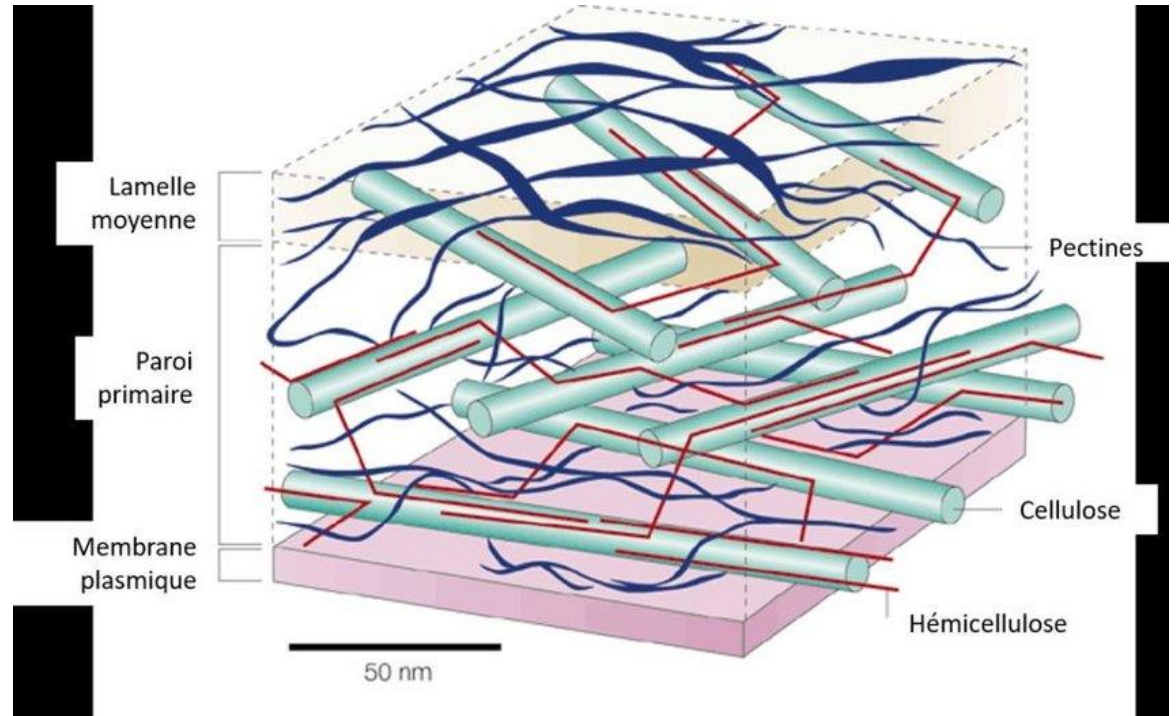
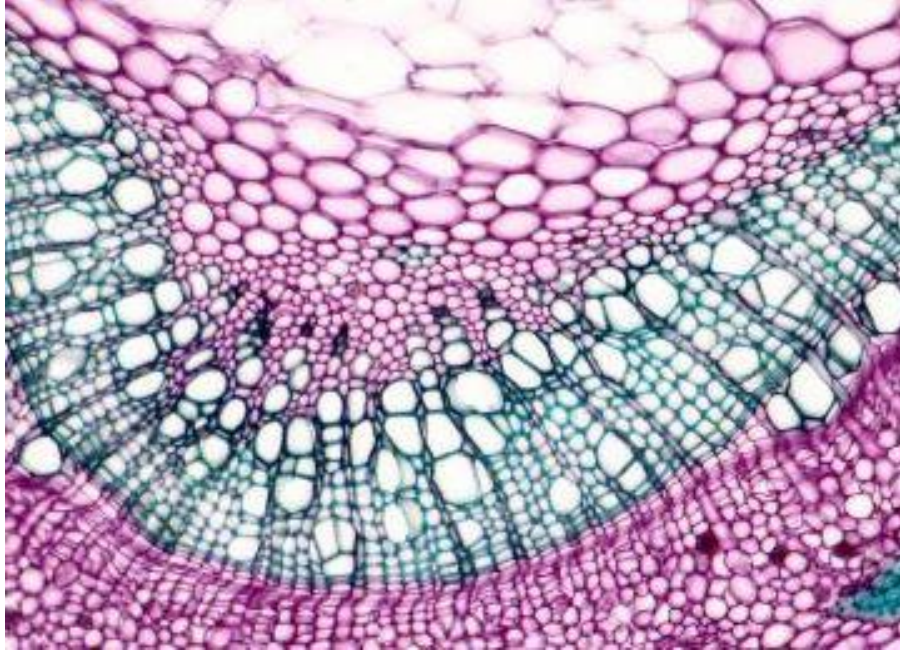
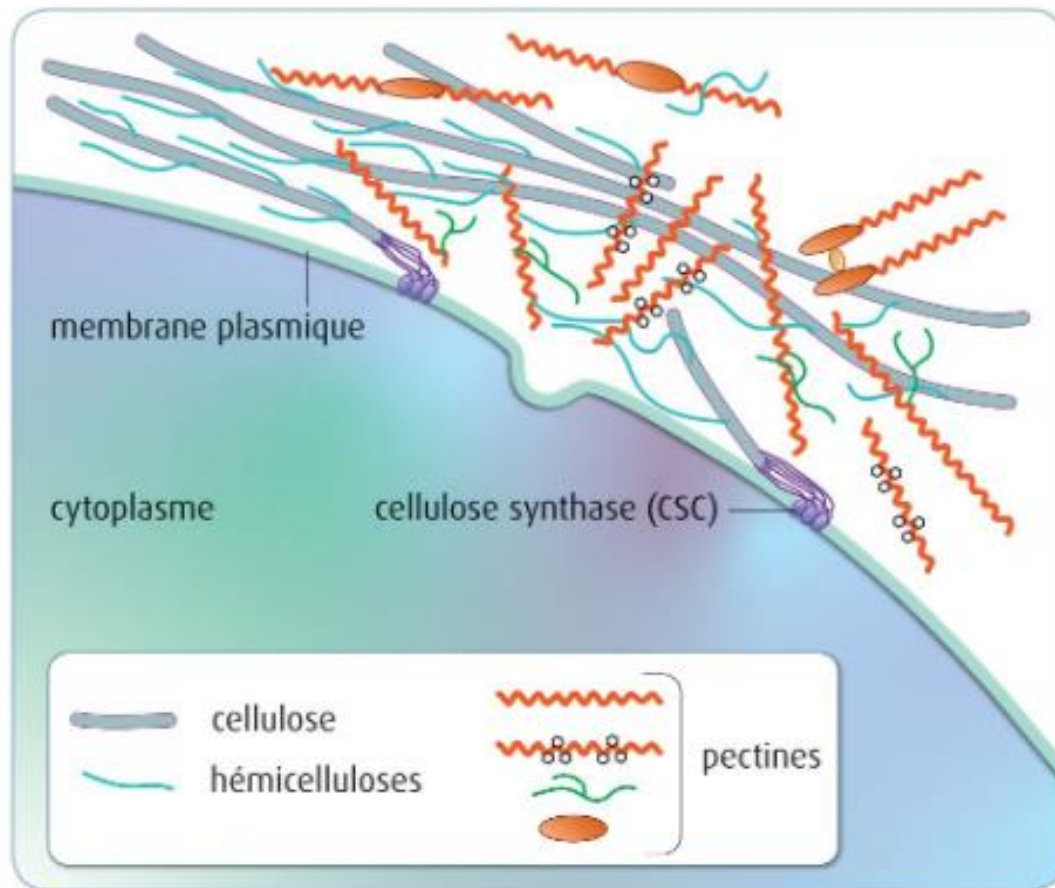


Schéma de la paroi des cellules végétales

Résultats du TP2 - coloration de la cellulose des cellules végétales au carmino-vert



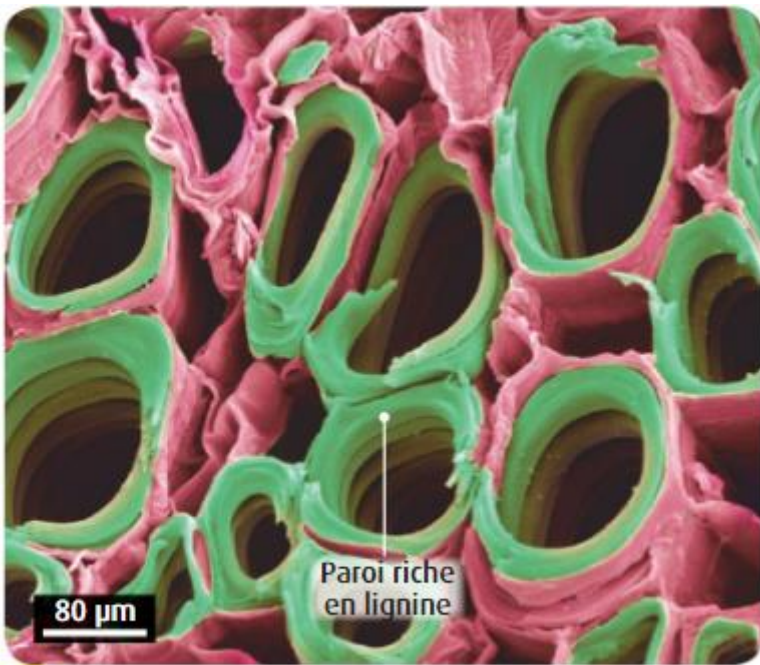


4 La constitution d'une paroi cellulaire végétale. Une paroi est majoritairement constituée de cellulose. Ce sont des molécules linéaires ramifiées par des molécules plus courtes : les hémicelluloses (également constituées de dérivés de glucides). L'ensemble constitue une armature externe mince et robuste 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.

La **cellulose** est une molécule fibreuse produite dans les zones d'élongation des organes, elle s'accumule progressivement dans la paroi cellulaire et assure la croissance et le port dressé du végétal.

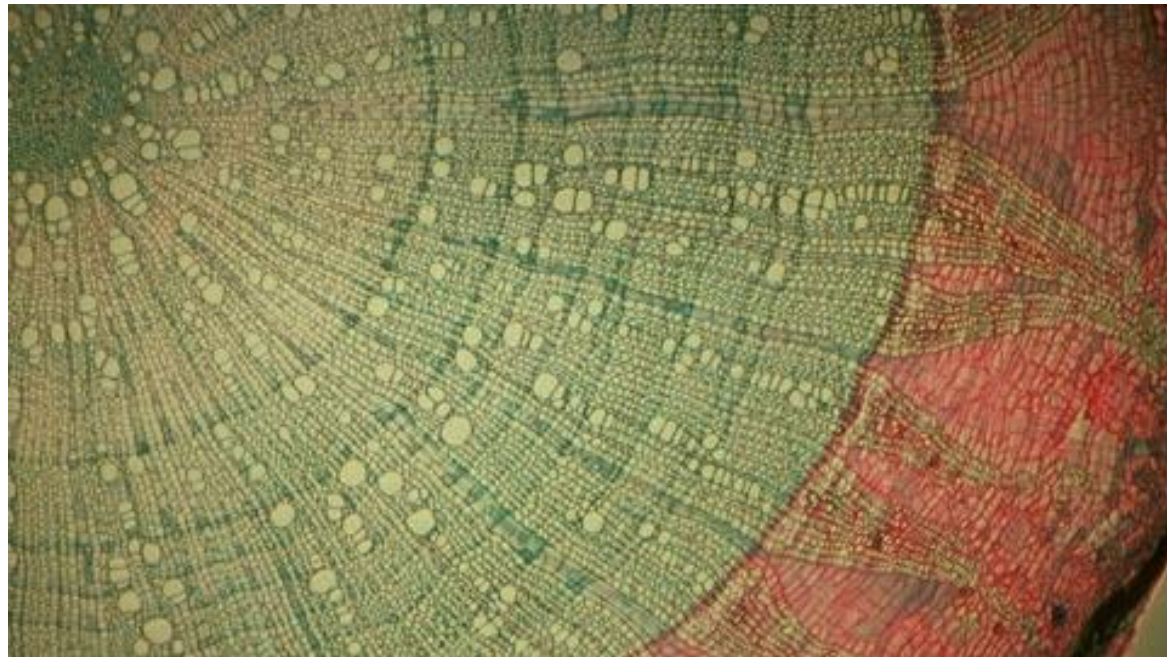
Page 227 doc.4 : repérer les autres glucides de la paroi des cellules végétales.

Page 227 doc.6 : expliquer le rôle de la lignine dans le port du Séquoia.



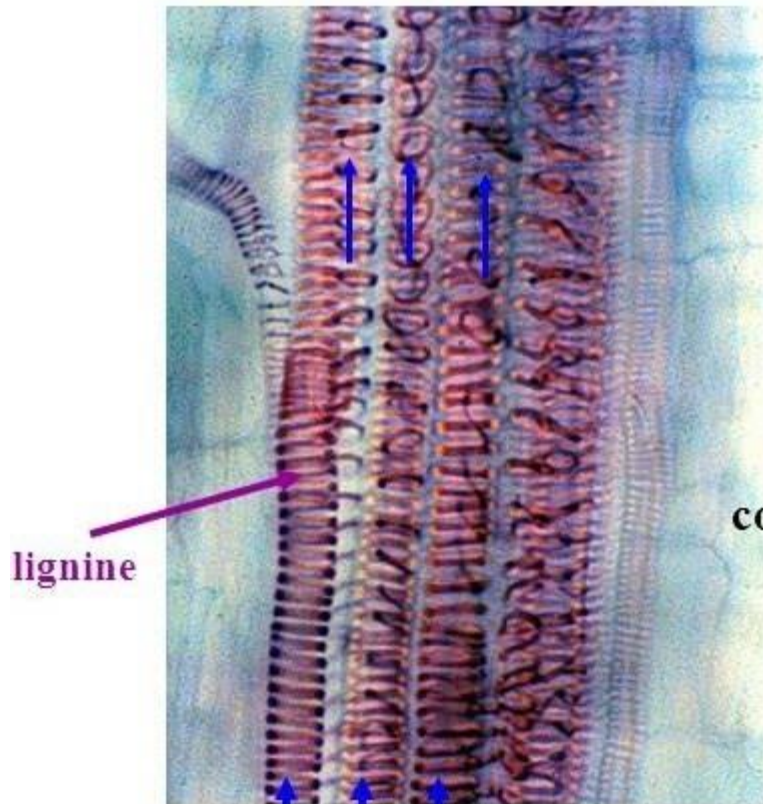
6 Observation au MEB de vaisseaux du xylème.

Structure d'un tronc d'arbre



Bois ou Xylème

- * cellules mortes, en files
- * parois imprégnées de lignine

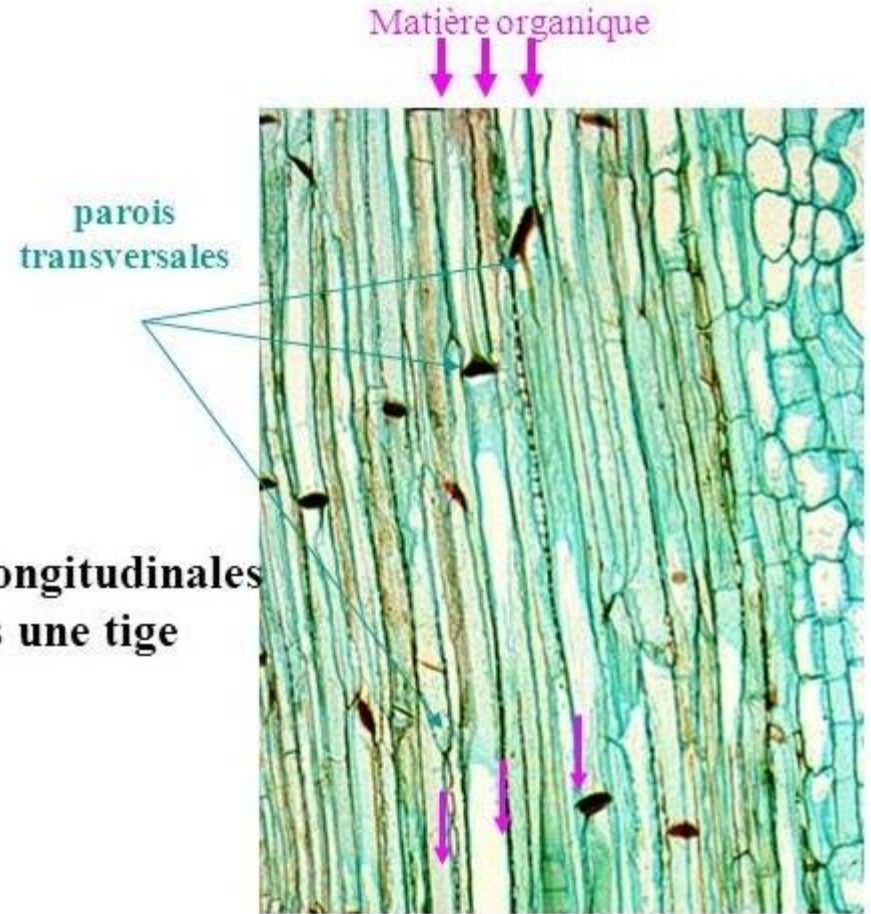


lignine

Eau + sels minéraux

Liber ou Phloème

- * cellules vivantes, en files
- * parois transversales perforées



Matière organique

parois
transversales

coupes longitudinales
dans une tige

La paroi de certaines cellules s'enrichit en **lignine** et devient très rigide comme pour les arbres. Elle permet une croissance importante en hauteur et assure le port dressé de ces organismes.

Travail en groupe avec présentation orale de la réponse (*saisie d'information, raisonnement*) :

Déterminer le produit issu de la photosynthèse, son effet sur la plante et sur les organismes avec lesquels il est en interaction à partir d'un exemple.

Montrer avec le doc **3 p229** que le stockage de la MO par les plantes contribue également à leur dissémination.

Montrer avec le doc **4 p229** que le stockage de la MO par les plantes contribue également à leur dissémination.

Expliquer avec les docs **6 et 7 p 231** le rôle des anthocyanes dans la pollinisation de la fleur de Fuchsia

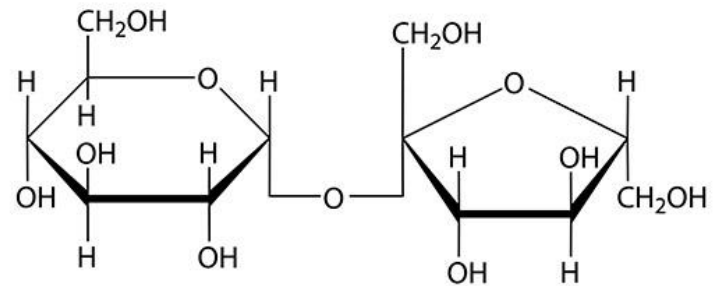
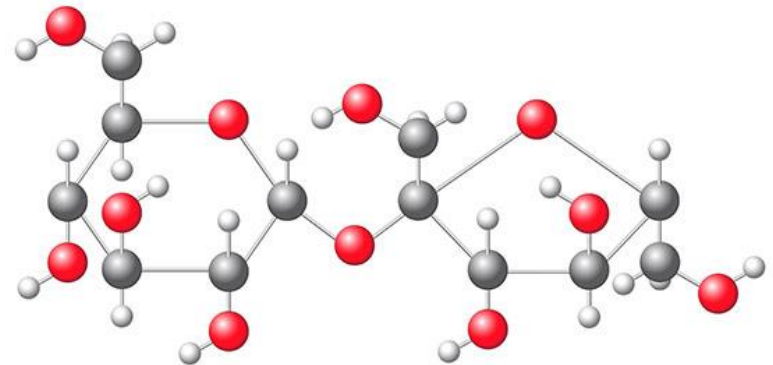
2- Les produits de la PS et la constitution de réserves

Bilan TP2 groupe B



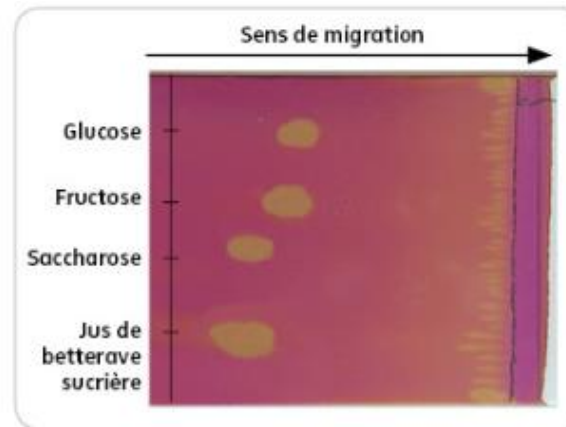
Betteraves sucrières

Sucrose (saccharose)

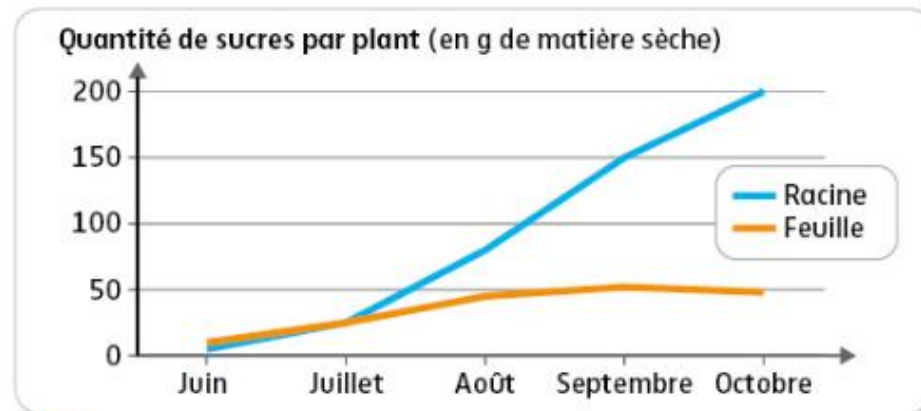




4 Photographie d'une betterave sucrière sortie du sol un an après sa germination. La betterave sucrière possède des renflements correspondant à des réserves de molécules. Cette plante bisannuelle germe et se développe la première année, passe ensuite l'hiver sans partie aérienne avant de développer un appareil caulinaire (parties aériennes) au moyen des réserves accumulées.



5 Photographie d'un résultat de chromatographie de saccharose, glucose, fructose et jus de betterave sucrière.



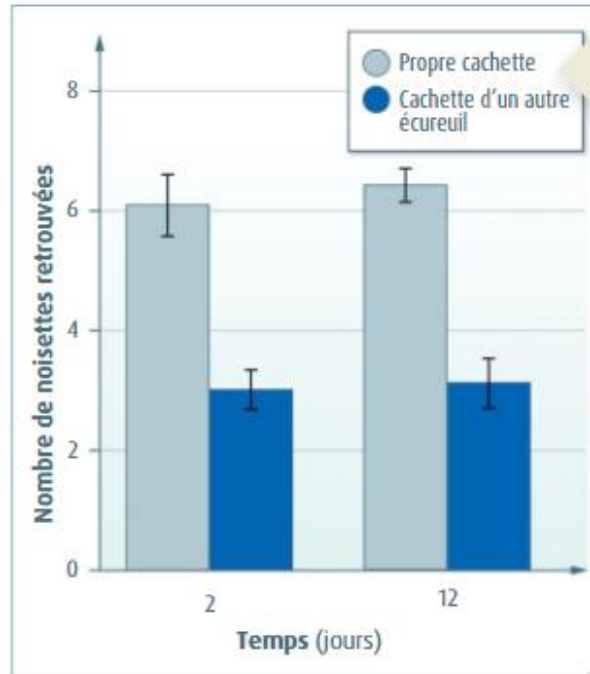
6 Évolution de la quantité de sucre dans la feuille et la racine de betterave au cours du temps.

Résultats du TP2 – extraction du sucre de betterave

Vidéo Au cœur d'une sucrerie

https://www.youtube.com/watch?v=luTOrfCydG4&ab_channel=LeSucre

Doc. 3 et 4 p.229 : Montrer que le stockage de la MO par les plantes contribue également à leur dissémination.



Je manipule

Détermination expérimentale de la nature chimique des réserves de la noix et du pois-chiche.
→ Voir activité p. 233

3 Noisette dans la bouche d'un

écureuil. Elle renferme des graines riches en réserves lipidiques qui seront mobilisées lors de la germination et de la croissance des plantules. Le comportement de cache des écureuils permet de disséminer les noisettes pour disposer de réserves lors de la mauvaise saison. Des chercheurs ont laissé des écureuils cacher 10 noisettes dans un environnement naturel délimité. Après 2 puis 12 jours, ils ont compté le nombre de noisettes retrouvées par les écureuils.



Analyse des cerises tombées

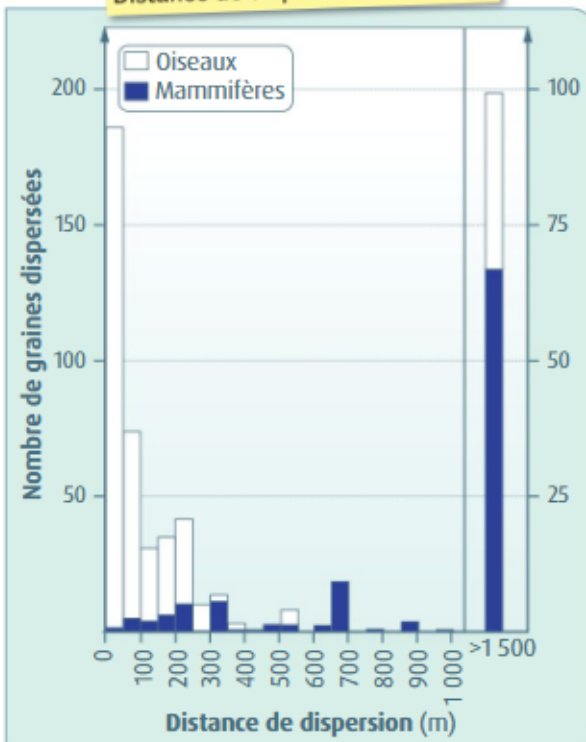
Caractéristiques des cerises tombées	Quantité de cerises retrouvée sous les 8 arbres de l'étude (%)
Entières mais piquées	72
A moitié mangées	17
Intactes	11
Nombre total de cerises tombées : 1241	

Analyse des excréments



	Hérisson	Renard et blaireau
Nombre total de déjections	5	34
Nombre de déjections contenant des noyaux de cerise	3	27
Nombre total de noyaux	54	1012
Nombre moyen de noyaux par déjection en contenant	18,0	37,7
% de noyaux intacts (la graine garde son pouvoir germinatif)	100	100

Distance de dispersion des noyaux



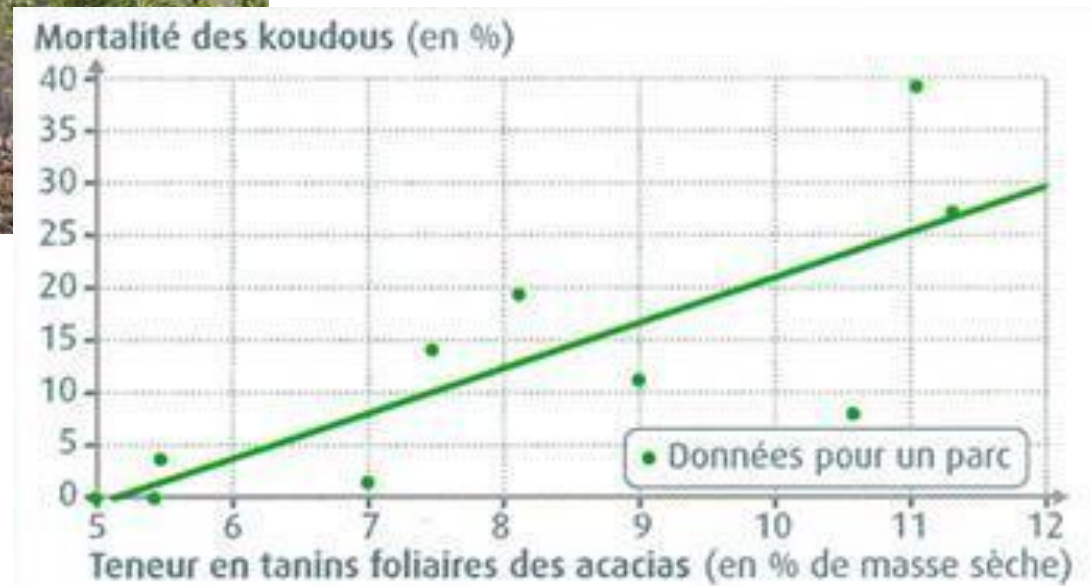
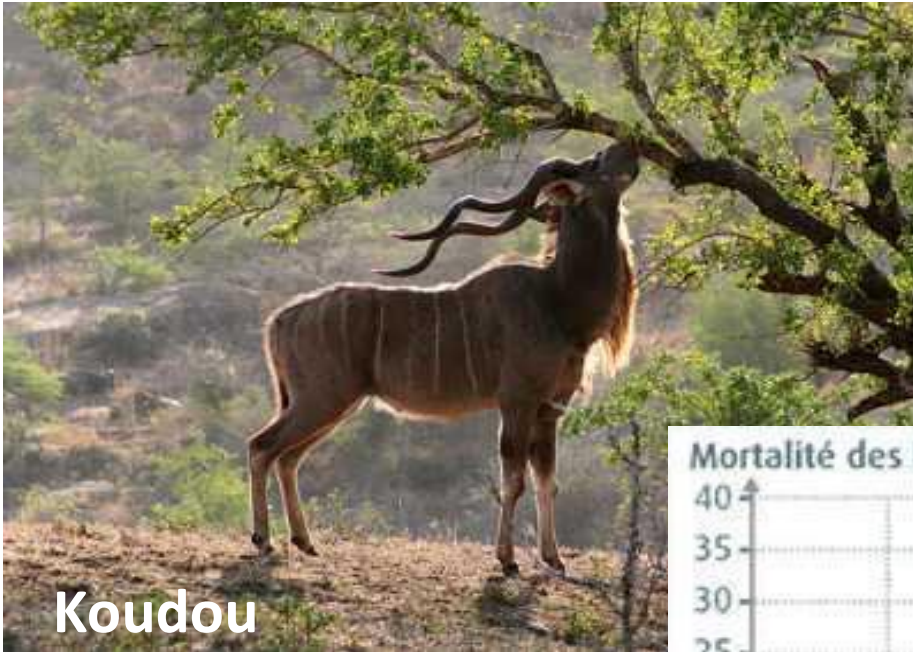
4 Deux destins d'une cerise. Une cerise est constituée d'une partie charnue, la pulpe et d'un noyau. À maturité, la pulpe s'enrichit notamment en saccharose qui lui donne sa saveur sucrée, recherchée par de nombreux animaux. La graine est enfermée au cœur du noyau. En Espagne, des chercheurs ont observé le comportement des oiseaux frugivores et analysé les excréments de petits mammifères se nourrissant de cerises. Les oiseaux de trop petite taille ne font souvent que piquer dans la pulpe du fruit pour se nourrir et le font tomber au sol, sous l'arbre qui l'a produit. Certains petits mammifères incapables de grimper aux arbres se nourrissent de fruits tombés au sol et disséminent les graines dans leurs excréments (voir p. 252).

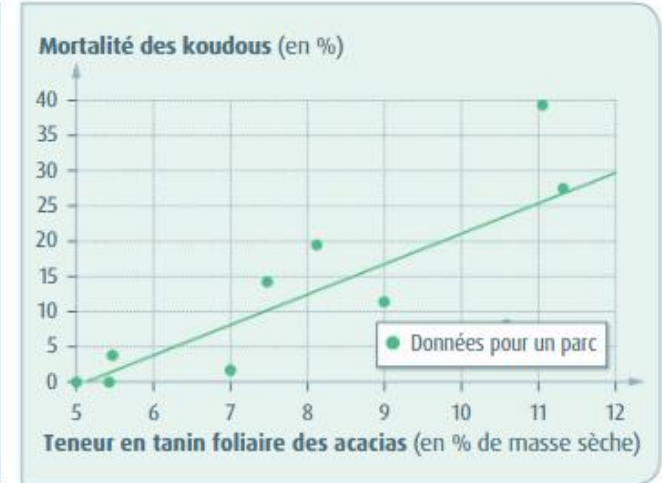
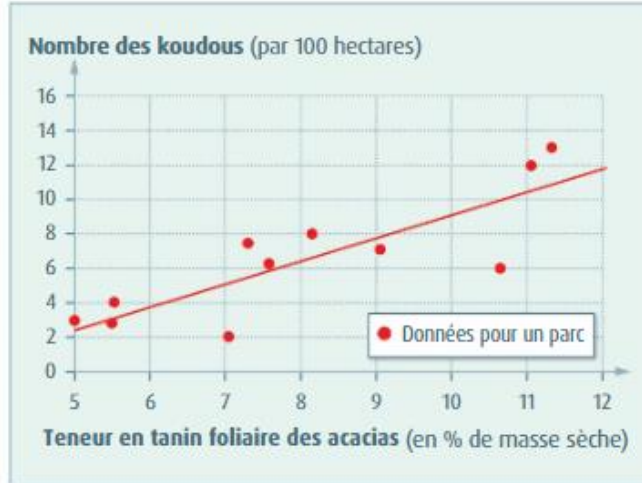
Certaines plantes stockent des molécules organiques diverses dans des **organes de réserves** (bulbes, rhizomes, tubercules) qui leur permettent de résister aux conditions défavorables (hiver, haute altitude), ou d'assurer leur reproduction asexuée (voir chapitre 3 thème 2A).

Les graines et certains fruits contiennent aussi des réserves qui contribuent au succès de la dissémination de l'espèce.

3- Les produits de la PS et les interactions avec les autres espèces

Bilan TP2 groupe C





4 Population de koudous et tanins des feuilles d'acacia en Afrique du Sud. Entre 1981 et 1986, dans la province du Transvaal, la sécheresse hivernale s'accompagne d'une mortalité anormale des grands koudous dans de nombreux ranchs. Leur autopsie révèle qu'ils ne sont morts ni de maladie, ni de parasites, ni de faim ou de soif prolongées. Le zoologiste Wouter van Hoven en vient à suspecter un rôle des tanins présents dans les feuilles d'acacia dont ils se nourrissent. Les analyses réalisées, outre les courbes ci-dessus, ont montré que les tanins inhibent les enzymes du foie. Plus généralement, des analyses récentes confirment l'inhibition des enzymes digestives des animaux.

Résultats du TP2 – effet des tanins sur l'amylase

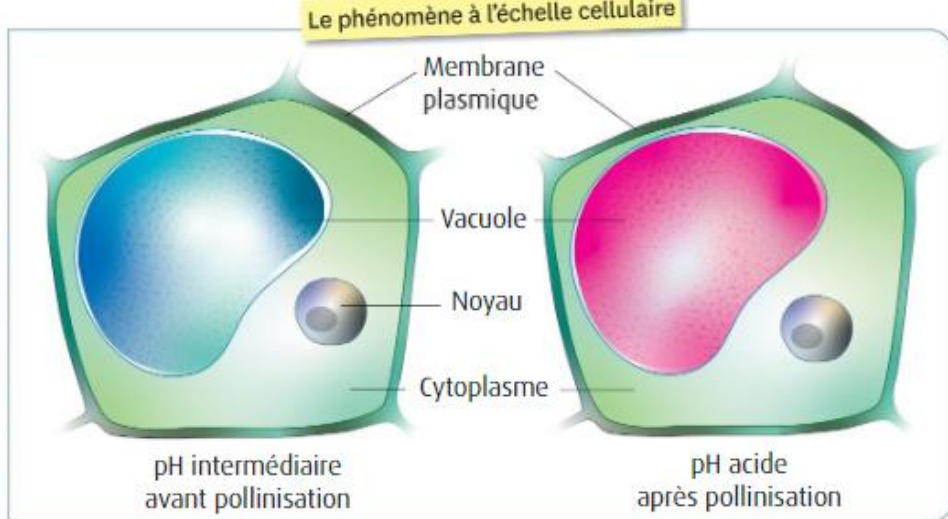


5 L'action des tanins en présence d'enzyme salivaire d'un phytophage.

Nathan édition 2020

Les tanins sont des molécules qui rendent la plante répulsive voire toxique et permettent ainsi de limiter la prédation (broutage, attaque des phytophages). On parle alors **d'interactions compétitives** entre la plante et ses prédateurs.

Doc. 6 et 7 p.231: Expliquer le rôle des anthocyanes dans la pollinisation de la fleur de Fuchsia



6 Fleurs de fuchsia (*Fuchsia excorticata*) de deux couleurs. Chez de nombreuses espèces de plantes, les fleurs changent de couleur après avoir été pollinisées. Chez ce fuchsia de Nouvelle-Zélande elles passent du vert-bleu au rouge lors de la pollinisation. Les couleurs des fleurs peuvent être dues à différents types de pigments. C'est le cas des anthocyanes contenus dans les vacuoles, dont la couleur peut changer en fonction du pH de cette vacuole.



Pollinisateur	Nombre de fleurs visitées de <i>Fuchsia excorticata</i>		Pourcentage moyen de fleurs rouges sur les arbres
	vert-bleu	rouges	
Méliphage carillonneur (<i>Anthornis melanura</i>) - Oiseau	160	6	37,5%
Zosterops à dos gris (<i>Zosterops lateralis</i>) - Oiseau	148	0	43,8%
Bourçons (différentes espèces) - Insectes	104	20	56%

7 Quantité de nectar et visite par différents pollinisateurs des fleurs de *Fuchsia excorticata*. Le nectar est un liquide sucré (saccharose) produit par les plantes au niveau des fleurs. Les chercheurs ont mesuré la quantité quotidienne de nectar produite par fleur et comptabilisé le nombre de fleurs visitées chaque jour par des pollinisateurs selon leur couleur.

Couleur de la fleur	Production quotidienne de nectar (µL)
Vert-bleu	8,32 ± 0,51
Rouge	0,08 ± 0,07



3 Les anthocyanes contenues dans les pétales des fleurs réfléchissent les rayonnements ultraviolets visibles par les insectes. Ils sont en partie responsables de la couleur des fleurs ou des fruits. À gauche, la vision de la fleur de populage en lumière naturelle. À droite, la vision de la même fleur avec un filtre ultraviolet, comme l'observerait un insecte. En attirant les pollinisateurs, la fleur favorise la dispersion du pollen et la fécondation entre individus différents. Ce pollen peut aussi servir de nourriture pour les insectes.

Des **interactions mutualistes** avec d'autres êtres vivants existent aussi. Les couleurs vives de certaines fleurs contenant des anthocyanes attirent les insectes pollinisateurs, qui s'y nourrissent et participent à la pollinisation (voir chapitre 3 Thème 2A)