

Chapitre 2:

Echanges gazeux chlorophylliens et production de la matière organique

INTRODUCTION:

Les plantes chlorophylliennes sont des plantes autotrophes qui se caractérisent par la capacité de synthétiser leurs substances organiques à partir de substances minérales (eau, les sels minéraux et le CO_2). Cette synthèse nécessite l'énergie lumineuse, c'est pour ça qu'on parle de photosynthèse. La photosynthèse, est accompagnée par des échanges gazeux chlorophylliens avec les milieux extérieurs.

- Comment peut-on mettre en évidence ces échanges gazeux?
- Comment les plantes chlorophylliennes synthétisent-elles les substances organiques? Et quelles sont les structures cellulaires qui interviennent.
- Comment se fait la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique?
- Quelles sont les principales classes de matières organiques qui résultent de la photosynthèse?

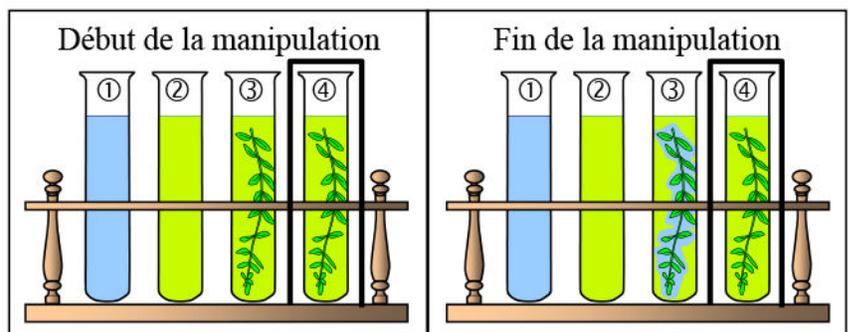
I – Mise en évidence des échanges gazeux chlorophylliens:

① Mise en évidence de l'absorption du CO_2 : (Voir le document 1)

Document 1: Mise en évidence de l'absorption de CO_2 :

Le bleu de bromothymol (BB) est un réactif colorant qui est bleu en absence de CO_2 , jaune verdâtre dans un milieu riche en CO_2 .

La figure ci-contre présente la manipulation de mise en évidence de l'absorption de CO_2 par une plante chlorophyllienne dans un milieu aquatique.



★ Pour mettre en évidence l'absorption du CO_2 par une plante aquatique qui est l'élodée, on prépare 4 tubes à essai, isolés de l'air ambiant et en présence de la lumière:

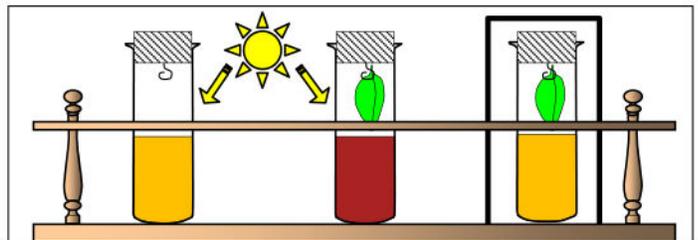
- ✓ Le tube ①, contient le BB + eau.
- ✓ Le tube ②, contient le BB + eau + CO_2 .
- ✓ Le tube ③, contient le BB + eau + CO_2 + l'élodée.
- ✓ Le tube ④, contient le BB + eau + CO_2 + l'élodée, mais en absence de la lumière.

Les figures ci-dessus présentent les résultats de cette manipulation.

★ Pour mettre en évidence l'absorption du CO_2 par une plante dans un milieu aérien on réalise la manipulation présentée par la figure ci-dessous.

Le rouge de crésol est un réactif dont la coloration change suivant la concentration du CO_2 dans le milieu. Il est :

- ✓ Marron clair dans l'air ambiant.
- ✓ Rouge dans un air pauvre en CO_2 .
- ✓ Jaune dans un air riche en CO_2 .



Utilisez les propriétés du bleu de bromothymol et le rouge de crésol pour expliquer les résultats obtenus et déduisez le phénomène biologique mis en évidence.

★ Première manipulation :

✓ Au début de la manipulation :

Le tube ① est bleu à cause de l'absence du CO_2 . Les tubes ②, ③ et ④ sont jaune verdâtre à cause de l'enrichissement du milieu en CO_2 .

✓ A la fin de la manipulation:

- La coloration des tubes ① et ② ne change pas à cause du non changement des conditions de la manipulation.
- Le tube ③ change de coloration. Il y'a apparition de la coloration bleu, qui peut être expliqué par l'appauvrissement du milieu en CO_2 . Ce CO_2 a été absorbé par la plante.
- Le tube ④ ne change pas de coloration, donc pas d'absorption de CO_2 dans ce milieu.

★ Deuxième manipulation :

- ✓ Le tube ⑤ et ⑦ sont de coloration jaune, du fait que le milieu est riche en CO_2 .
- ✓ Le tube ⑥ change de coloration et devient marron clair du fait de l'apparition du CO_2 dans ce milieu. Ce CO_2 est dégagé par la plante chlorophyllienne.

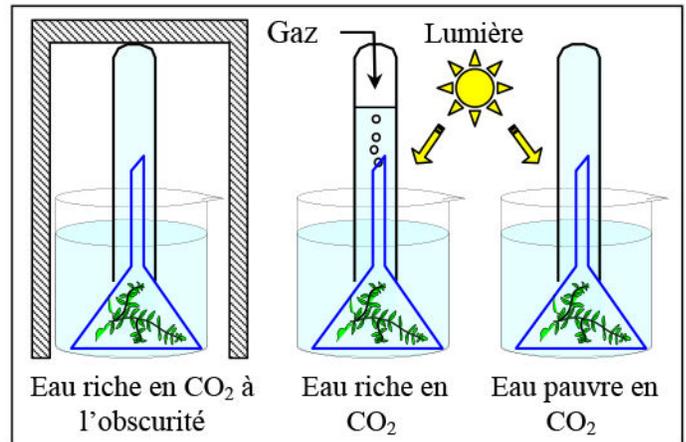
★ Conclusion :

En présence de la lumière, les plantes chlorophyllienne aériennes et aquatiques absorbent du CO_2 .

② **Mise en évidence du dégagement de l'oxygène:** (Voir le document 2)

Document 2: Mise en évidence du dégagement de l'oxygène (O_2):

Des plantes aquatiques (Elodée) sont placées sous un entonnoir recouvert d'un tube à essai. Soit à la lumière, soit à l'obscurité. Au début de l'expérience, les deux tubes utilisés était pleine d'eau. Les figures ci-contre, présentent les résultats observés une heure plus tard. Le gaz recueilli dans le tube à essai ravive une allumette ne présentant plus qu'un point en ignition : c'est le dioxygène (O_2).



Comparez les résultats obtenus à la lumière et à l'obscurité. Que peut-on déduire de ces expériences ?

A partir des résultats de l'expérience, on voit que la plante chlorophyllienne en présence de la lumière et du CO_2 , dégage un gaz qui ravive une allumette. Donc ce gaz est le dioxygène (O_2)

On déduit de ces résultats que la plante chlorophyllienne en présence de la lumière et du CO_2 , rejette le dioxygène (O_2).

③ Conclusion:

En présence de la lumière, les plantes chlorophylliennes absorbent le CO_2 et dégagent l' O_2 . On parle d'échanges gazeux chlorophylliens entre ces plantes et le milieu de vie.

Le processus cellulaire responsable du rejet d' O_2 et l'absorption de CO_2 est la photosynthèse qui est initiée par l'absorption de l'énergie lumineuse.

On appelle intensité photosynthétique (IP), la quantité de CO₂ absorbée ou la quantité d'O₂ dégagée en fonction du temps et de la masse de la matière végétale responsable.

$$IP = P(O_2 \text{ ou } CO_2) / \text{min} / \text{kg (ou } /m^2)$$

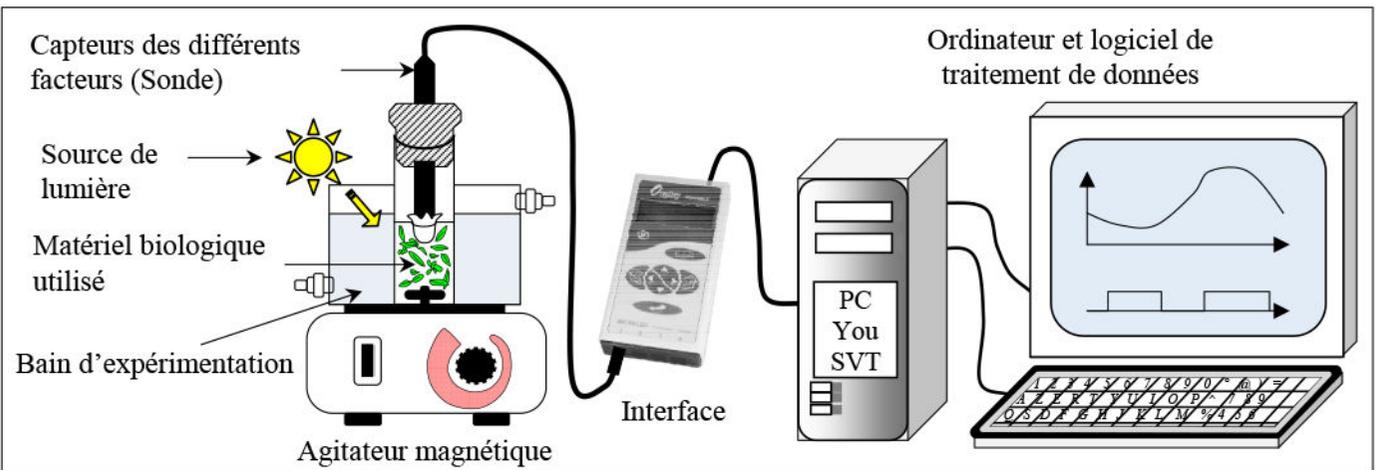
Pour obtenir les échanges gazeux réels (bruts) liés à la photosynthèse, il faut prendre en compte les échanges respiratoires.

II – Les facteurs agissant sur les échanges gazeux chlorophylliens:

① Expérience assisté par ordinateur (ExAO): (Voir le document 3)

Document 3: Expérience assisté par ordinateur (ExAO):

L'Expérimentation assistée par ordinateur (ExAO) est un environnement d'apprentissage constitué principalement d'un ordinateur associé à une interface d'acquisition, d'un logiciel spécialisé et de capteurs (figure ci-dessous).



Le matériel ExAO permet de mesurer en temps réel des variations de divers paramètres sur des individus, des cellules ou des organites cellulaires.

Lors d'une expérience, les capteurs mesurent la variation des grandeurs physiques. Le signal est envoyé à l'interface d'acquisition qui convertit le signal pour le transmettre à l'ordinateur. Un logiciel traite le signal et affiche les mesures à l'écran notamment sous forme de graphiques.

En exploitant les données de ce document, donnez les principaux avantages de l'ExAO.

L'incorporation de l'ordinateur dans une chaîne de mesure apporte de nombreux avantages. C'est un outil qui apporte une grande motivation et permet la réalisation de documents concrets.

L'acquisition des données peut être automatisée, les résultats des mesures peuvent être sauvegardés aisément et traités par divers outils logiciels. De plus, la présentation des résultats sous forme graphique est considérablement simplifiée ce qui en facilite l'analyse et l'exploitation pédagogique.

② Influence de quelques facteurs : (Voir le document 4)

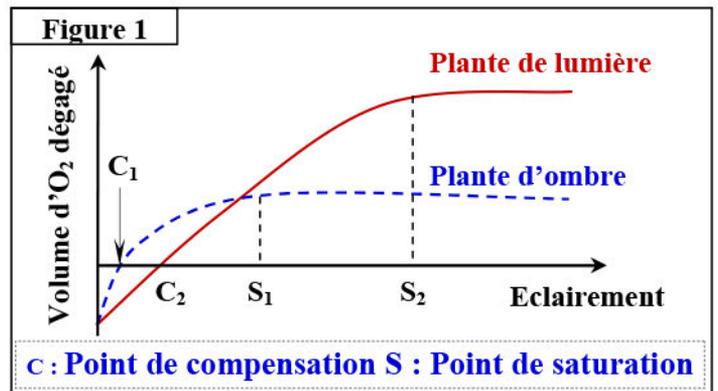
Document 4: Influence de quelques facteurs sur les échanges chlorophylliens:

Les échanges chlorophylliens sont influencés par plusieurs facteurs de l'environnement. Pour étudier ces influences, on mesure soit le dégagement du dioxygène (O₂) soit la consommation du gaz carbonique (CO₂). Ces mesures sont réalisées par le matériel ExAO, doté d'une sonde oxymétrique qui détecte la teneur en O₂ dans le milieu.

Document 4: (Suite):

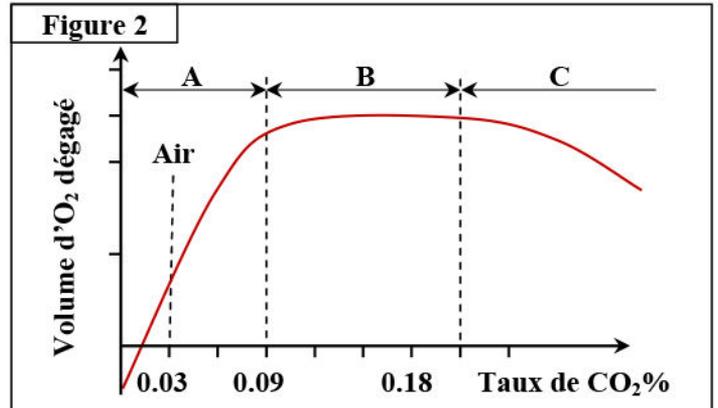
- **Expérience 1** : Influence de l'intensité de l'éclairement :

En gardant la température et la concentration en CO_2 constantes, on fait varier l'intensité de l'éclairement en déplaçant la source de lumière puis on mesure le volume d' O_2 dégagé pour chaque intensité de l'éclairement. Les résultats obtenus sont présentés par la figure 1.



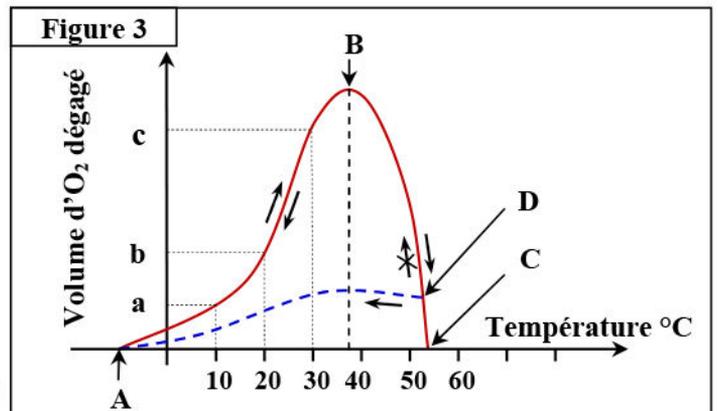
- **Expérience 2** : Influence de la concentration de CO_2 :

En gardant la température et l'intensité de l'éclairement constantes, on ajoute successivement des solutions d'hydrogencarbonate de potassium (KHCO_3) de concentrations croissantes (KHCO_3 libère le CO_2 sous forme dissoute). On mesure le volume d' O_2 dégagé pour chaque concentration en CO_2 . Les résultats obtenus sont présentés par la figure 2.



- **Expérience 3** : Influence de la température :

En gardant la concentration en CO_2 et l'intensité de l'éclairement constantes, on augmente progressivement la température du milieu. On mesure le volume d' O_2 dégagé pour chaque température. Les résultats obtenus sont présentés par la figure 3.



Analysez les résultats de mesures obtenus pour chacun des facteurs étudiés et déterminez comment agissent sur le phénomène étudié.

Sur une plante chlorophyllienne, les échanges gazeux sont influencés par les facteurs de l'environnement : la lumière (source d'énergie), le CO_2 (source de carbone) et la température (qui affecte l'ensemble des réactions biochimiques).

a) Influence de l'intensité de l'éclairement : (Expérience 1)

Les points de compensation lumineux (C_1 et C_2) représentent la valeur de l'éclairement pour laquelle la photosynthèse nette est nulle : la production de dioxygène par photosynthèse compense sa consommation par respiration de plante.

L'éclairement saturant ou optimal (S_1 et S_2) : c'est l'éclairement pour lequel la courbe atteint un plateau. Au-delà de cette valeur, la capacité d'absorption des photons dépasse la capacité de leur utilisation. Les échanges gazeux présentent une intensité maximale.

A un éclairement très faible moins que la valeur (C_1 ou C_2), il n'y a pas de dégagement de dioxygène, la plante consomme l' O_2 par respiration. Au-delà de cette valeur, le volume de dioxygène rejeté

augmente avec l'augmentation de l'éclairement, et atteint une valeur maximale à un faible éclairement (S_1) pour la plante d'ombre et à fort éclairement (S_2) pour la plante du soleil; cela constitue une adaptation des plantes au milieu de vie. Au-delà des valeurs (S_1 ou S_2), le rejet de dioxygène reste presque constant malgré l'élévation de l'intensité de l'éclairement, les plantes atteignent leurs capacités maximales de photosynthèse.

b) Influence de la concentration de CO_2 : (Expérience 2)

Les plantes aériennes assimilent le CO_2 atmosphérique (0,03 % de CO_2) tandis que les plantes aquatiques absorbent soit le CO_2 dissous, soit les ions bicarbonate HCO_3^- .

La courbe présente une première partie pseudo linéaire (A) pour laquelle le Taux d' O_2 dégagé par la plante augmente avec l'augmentation du taux de CO_2 dans le milieu, et une seconde partie qui correspond à un plateau pour lequel le dégagement d' O_2 est maximal. Dans ces conditions l'intensité de la photosynthèse est maximum.

Le taux de CO_2 dans l'air est de l'ordre de 0.03%. Si ce taux dépasse une valeur de 2%, il devient toxique (C).

c) Influence de la température : (Expérience 3)

Le dégagement d' O_2 début au point (A) à $-10^\circ C$. Elle augmente avec l'augmentation de la température et atteint son maximum (B) à $37^\circ C$. C'est la température optimale pour la photosynthèse.

Quand la température dépasse $37^\circ C$, Le dégagement d' O_2 diminue et s'annule au-delà de $50^\circ C$.

Si on diminue progressivement la température à partir du point D, on constate que le volume de dioxygène dégagé diminue sans atteindre la valeur B enregistré dans la température optimale. Donc lorsque la température dépasse la valeur de $50^\circ C$, le dégagement d' O_2 devient irréversible.

③ Conclusion :

Les échanges gazeux chlorophylliens sont affectés de manière différente par les facteurs de l'environnement et le phénomène global obéit à la loi dite des « facteurs limitant » que l'on peut énoncer de la façon suivante:

Lorsqu'un processus est contrôlé par plusieurs facteurs agissant indépendamment, son intensité est limitée par le facteur qui présente la valeur minimum. Le facteur est alors limitant et la vitesse du processus est proportionnelle à la valeur de ce facteur.

III – Les structures responsables des échanges chlorophylliens :

① Mise en évidence de l'existence des stomates : (Voir le document 5)

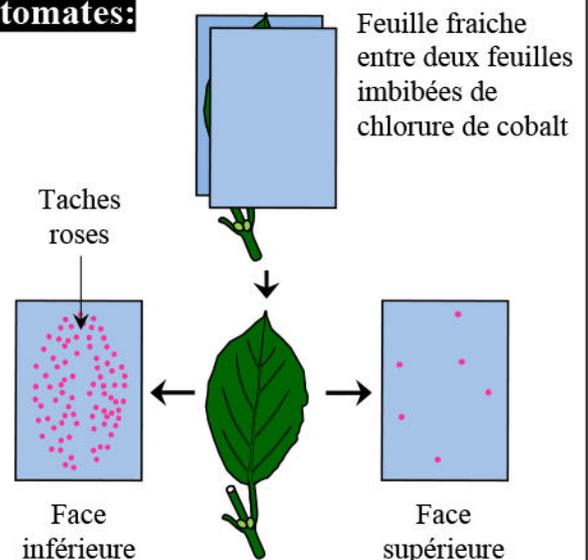
Document 5: Mise en évidence de l'existence des stomates:

Pour mettre en évidence les structures de la feuille responsables des échanges gazeux chlorophylliens, on réalise la manipulation suivante :

Certains sels métalliques peuvent changer de couleur selon qu'ils sont anhydres (secs) ou hydratés (humides). Par exemple le chlorure de cobalt est rose en présence d'eau et bleu lorsqu'il est sec.

Une feuille fraîchement coupée est fixée entre deux papiers imbibés de solution de chlorure de cobalt déshydratés (couleur bleu). Le résultat est observé une demi-heure après (Figure ci-contre).

Analysez les résultats de ce document et proposez une explication.



L'apparition de taches roses sur le papier imbibé de chlorure de cobalt peut être expliquée par le dégagement de l'eau sous forme de vapeur à travers des pores au niveau de la feuille. Ces pores sont des structures épidermiques appelés stomates.

Donc les échanges gazeux chlorophylliens se font au niveau des stomates.

Le nombre de taches est beaucoup plus important sur la face inférieure que la face supérieure. Donc la face inférieure de la feuille qui est responsables de ces échanges.

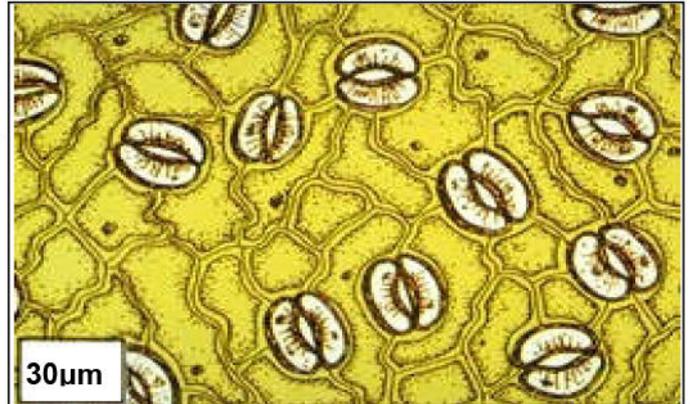
② Observation microscopique des stomates: (Voir le document 6)

Document 6: Observation microscopique des stomates:

Pour observer des stomates :

- ★ On prend des feuilles fraîches d'une plantes chlorophyllienne.
- ★ On prélève un fragment d'épiderme (2 à 3 mm de côté) à l'aide des pinces au niveau de la face inférieure.
- ★ On place le fragment dans une goutte d'eau entre lame et lamelle puis on l'observe sur un microscope optique.

Les résultats de cette observation sont présentés par la figure ci-contre



- 1) Décrire la structure observée.

Le tableau suivant donne le nombre de stomates chez différentes espèces :

Espèce	Blé	Maïs	Choux	Pommier	Chêne	Peuplier
Face inférieure	14	68	230	300	346	115
Face supérieure	33	52	140	00	00	20

- 2) Comparez la distribution des stomates sur les deux faces foliaires chez ces espèces.

- 1) La feuille est constituée d'un épiderme supérieur et inférieur (recouverts d'une cuticule imperméable) qui entourent le parenchyme chlorophyllien. Cet épiderme porte des ouvertures appelées stomates.

Les stomates sont situés sur l'épiderme inférieur, ils sont constitués de deux cellules: les cellules de garde qui délimitent un pore appelé ostiole.

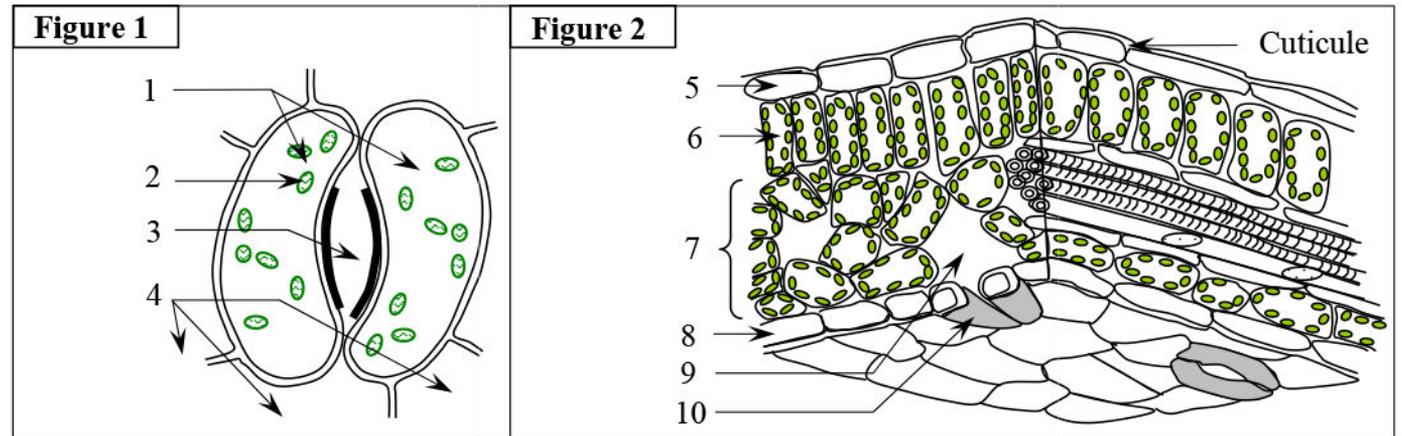
- 2) La densité des stomates est souvent très différente sur la face supérieure et la face inférieure des feuilles, avec, chez de nombreuses plantes, une absence totale de stomates sur la face supérieure. Mais le cas inverse existe aussi, comme chez les les nénuphars (aquatique), où seule la face supérieure de la feuille est au contact de l'air ambiant. De même, la densité des stomates peut être équivalente sur les deux côtés, par exemple pour des feuilles verticales.

La densité est également très différente selon les espèces : importante chez les plantes de milieu humide, beaucoup plus faible chez les plantes adaptées à un climat aride, voire totalement absente pour les feuilles immergées.

③ Structure des stomates: (Voir le document 7)

Document 7: Structure des stomates:

La figure 1 représente le schéma d'un stomate réalisé à partir d'une observation microscopique. La figure 2 représente un schéma d'interprétation d'une coupe transversale de la feuille.



Annotez ces schémas puis dégager de ces observations quelques caractéristiques des stomates.

★ Annotation des schémas :

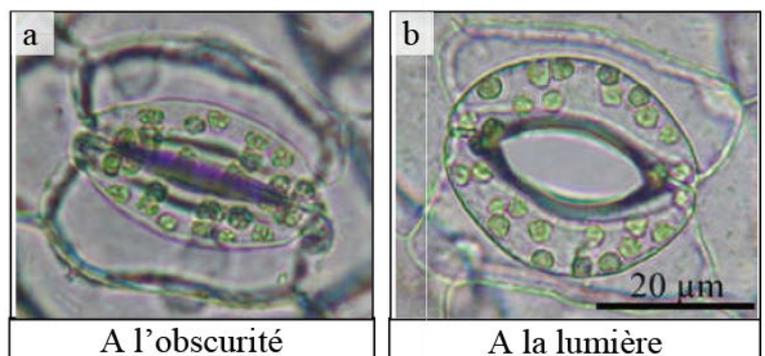
- ✓ Schéma de la figure 1 : 1 = cellules stomatiques ; 2 = Chloroplaste ; 3 = Ostiole ; 4 = Cellules de l'épiderme.
- ✓ Schéma de la figure 2 : 5 = Epiderme supérieur ; 6 = Parenchyme palissadique ; 7 = parenchyme lacuneux ; 8 = Epiderme inférieur ; 9 = Chambre sous-stomatique ; 10 = Stomate.

★ Les stomates sont des structures constituées de deux cellules différenciées de l'épiderme, en forme de haricot (réniforme), appelées cellules de garde. Celles-ci délimitent une ouverture appelée ostiole, permettent à l'air extérieur de passer la barrière de l'épiderme et d'entrer directement en contact avec les cellules parenchymateuses. En effet, on trouve le plus généralement, sous un stomate, un espace ouvert appelé chambre sous-stomatique.

④ Rôle des stomates dans les échanges gazeux: (Voir le document 8)

Document 8: Rôle des stomates dans les échanges gazeux:

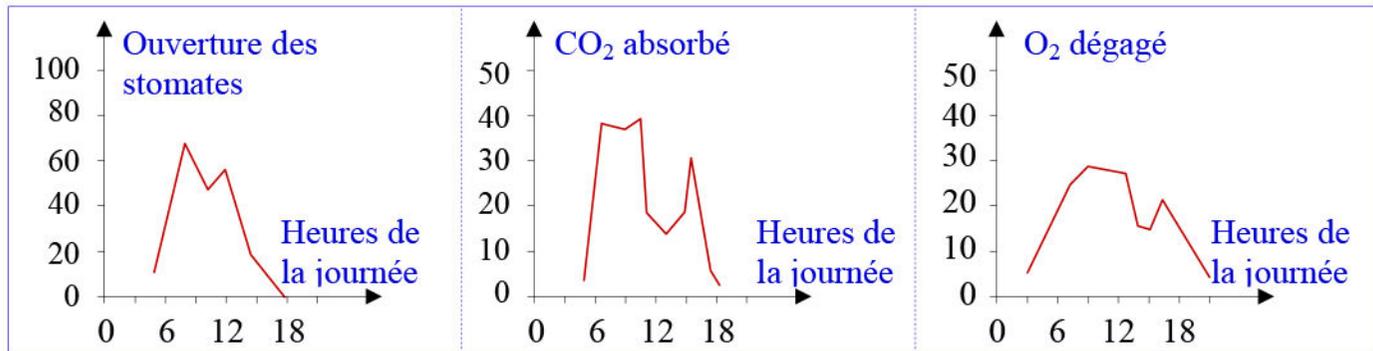
★ Pour mettre en évidence l'effet de l'éclairement sur l'état et la forme des stomates, on met une feuille de Géranium dans l'obscurité et on expose une autre à la lumière. Après avoir enlevé l'épiderme de la face inférieure, on met ce dernier sous microscope et on observe. Le résultat est représenté dans la figure ci-contre :



1) Comparez les deux états des stomates et proposez une explication de la différence observée.

★ On mesure l'ouverture des ostioles stomatiques et les échanges gazeux chlorophylliens pendant une journée d'été. Les résultats de cette expérience sont présentés par les graphes ci-dessous :

Document 8: (Suite):



1) Que peut-on déduire de l'analyse de ces graphes ?

- 1) L'ouverture et la fermeture de l'ostiole se fait en fonction des conditions du milieu comme la luminosité. En général, à l'obscurité, les ostioles sont fermés, il n'y a donc pas de transpiration. Par contre à la lumière, les ostioles sont ouvertes, donc il y'a transpiration.
- 2) On constate un parallélisme entre l'ouverture des stomates et l'évolution des échanges gazeux au cours des heures de la journée pour atteindre le maximum d'ouverture et d'échanges gazeux entre 10 h et midi.
Entre midi et 14 h l'ouverture des stomates diminue ainsi que les échanges gazeux pour réduire la transpiration.
Le soir l'ouverture des stomates diminue et les stomates se ferment ainsi que les échanges gazeux s'affaiblissent progressivement.

Conclusion:

L'ouverture des stomates varie selon la luminosité et influe sur les échanges gazeux, les stomates sont les responsables des échanges gazeux.

L'ouverture des stomates permet l'absorption du CO₂ et le dégagement de dioxygène.

Les stomates sont le lieu où se fait la transpiration, phénomène au cours duquel la plante chlorophyllienne perd de l'eau.

La perte d'eau par les stomates provoque un appel d'eau vers les feuilles. C'est l'aspiration foliaire qui permet la montée de la sève brute: on dit que les stomates jouent le rôle de pompes ou de ventouses, ce sont les moteurs de la circulation de la sève brute.

⑤ Les facteurs qui influencent l'ouverture stomatique: (Voir le document 9)

Document 9: Les facteurs qui influencent l'ouverture stomatique:

Plusieurs facteurs extrinsèques agissent sur l'ouverture des stomates et influent sur les échanges gazeux, surtout la transpiration:

- ✓ L'état du sol: Tout ce qui conduit à réduire l'absorption racinaire (diminution de l'humidité du sol, sa teneur en ion, diminution de sa température...) aboutit à un déficit hydrique et, par conséquent, à la fermeture des stomates.
- ✓ Vent et agitation de l'air: Le vent favorise la transpiration en renouvelant l'air au contact des tissus. Ainsi, ils ne peuvent pas s'humidifier; les stomates restent ouverts; la perte d'eau est plus importante. L'air sec exerce une forte succion sur l'eau.
- ✓ La figure 1 présente l'influence de la température sur l'ouverture des stomates.
- ✓ La figure 2 présente l'ouverture des stomates selon l'heure de la journée et les conditions climatiques.

Document 9: (Suite):

Figure 1

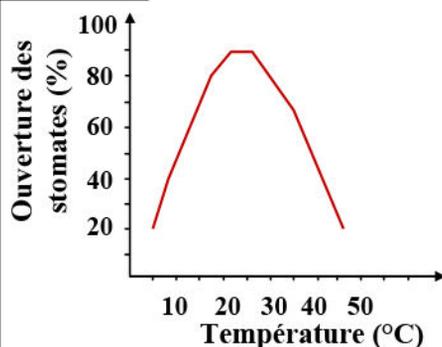
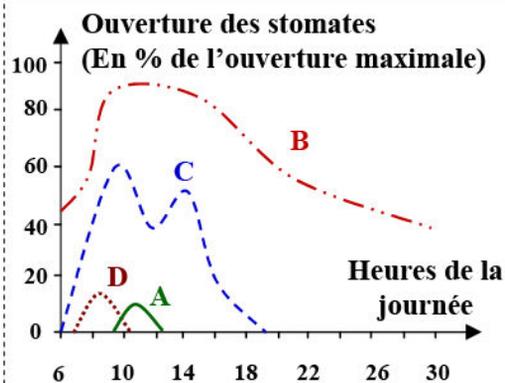


Figure 2

- A : Journée d'automne froide et pluvieuse
- - B : Journée d'été chaude et pluvieuse
- - C : Journée d'été chaude et sèche
- ... D : Journée d'été très sèche



A partir de l'analyse des données de ce document, déduisez les facteurs agissant sur l'ouverture des stomates.

L'ouverture et la fermeture des stomates sont liés à plusieurs facteurs qui agissent de façon combinée, à savoir l'état du sol, de l'air ambiant, l'humidité, l'éclairement et la température.

★ Température : (Figure 1)

La température : La température agit également sur l'évaporation de l'eau cellulaire. En effet, son augmentation entraîne de la même manière une augmentation de l'ouverture des stomates et donc de la transpiration. De plus, lorsque la température dépasse un certain seuil (environ 30°C), elle provoque la fermeture des stomates et donc une diminution de la transpiration.

★ Périodicité annuelle et journalière : (Figure 2)

Dans les mêmes conditions de lumière et de température, les stomates sont plus ouverts si la température et l'humidité de l'atmosphère sont élevées (B), tandis que le pourcentage d'ouverture des stomates diminue si l'atmosphère est chaude et sèche (C). Nous en concluons que la plante en cas de sécheresse ferme les stomates afin de ne pas perdre une grande quantité d'eau pendant le processus de transpiration.

La comparaison des courbes A et D montre que l'ouverture des stomates est brève dans certaines circonstances :

- ✓ Dans les premières heures de la matinée pendant les jours d'été très secs (D), c'est-à-dire lorsque la température et l'humidité sont appropriées.
- ✓ Au milieu de la journée pendant les jours d'automne froids et pluvieux (A), c'est-à-dire lorsque l'intensité de la lumière et de la température sont appropriées.

⑥ Mécanisme d'ouverture et de fermeture des stomates: (Voir le document 10)

Document 10: Mécanisme d'ouverture et de fermeture des stomates:

Pour mettre en évidence l'action de la lumière sur l'ouverture des stomates ; on considère les données suivantes :

★ On mesure la pression osmotique des cellules stomatiques et des cellules avoisinantes, avant et après éclairage, et on obtient les résultats du tableau 1:

Tableau 1	Avant éclairage	Après éclairage
pression osmotique des cellules stomatiques	12 barres	18 barres
pression osmotique des cellules avoisinantes	15 barres	12 barres

1) Que peut-on conclure de l'analyse de ces résultats ?

Document 10: (Suite):

★ Pour comprendre le phénomène observé ci-dessus, on a déterminé la concentration des ions K^+ dans le milieu intracellulaire des cellules stomatiques et dans le milieu intracellulaire des cellules avoisinantes avant et après éclairage, et on a obtenu les résultats du tableau 2:

Tableau 2	Taux de K^+ dans le milieu intracellulaire	
	Avant éclairage	Après éclairage
Cellules stomatiques	+++	++++
Cellules avoisinantes	+++	+

2) Que peut-on conclure de l'analyse de ces résultats ?

L'acide abscissique est une hormone végétale qui inhibe l'activité des protéines intégrées dans la membrane cytoplasmique de la cellule, le traitement des cellules stomatiques par cette hormone provoque la répartition isotonique des ions K^+ entre les cellules stomatiques et les cellules avoisinantes malgré l'éclairage. On constate le même résultat si les cellules stomatiques sont traitées par une substance qui inhibe l'hydrolyse de l'ATP source de l'énergie utilisée par la cellule.

3) Que peut-on conclure ?

1) Avant l'éclairage les cellules stomatiques sont hypotoniques alors que les cellules avoisinantes sont hypertoniques

Après éclairages la tension s'inverse, les cellules stomatiques deviennent hypertoniques alors que les cellules avoisinantes deviennent hypotoniques.

L'éclairage augmente la pression osmotique des cellules stomatiques

2) Avant éclairage la répartition des ions K^+ est isotonique dans le milieu intracellulaire des cellules stomatiques et des cellules avoisinantes. Après éclairage la concentration des ions K^+ augmente dans les cellules stomatiques et diminue dans les cellules avoisinantes.

La lumière provoque donc le passage des ions K^+ des cellules avoisinantes vers les cellules stomatiques.

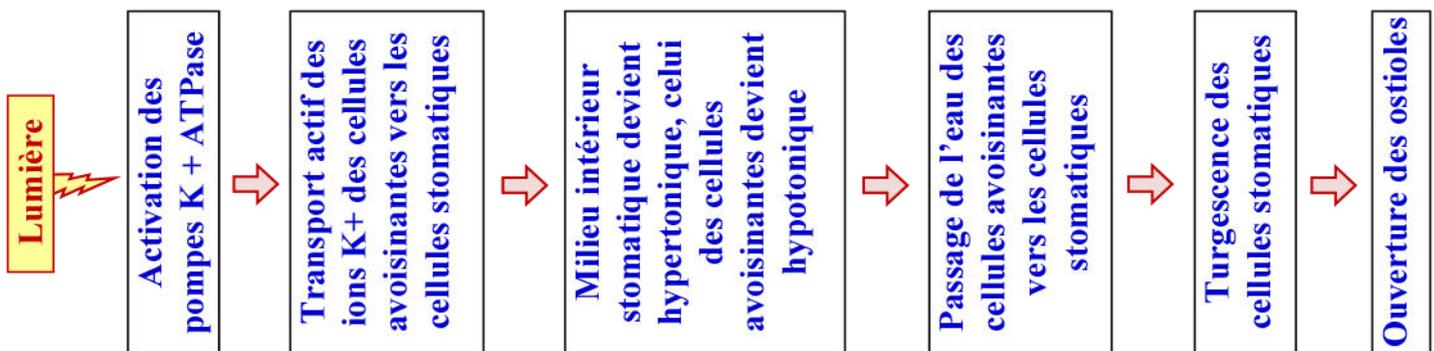
3) Le passage des ions K^+ des cellules avoisinantes vers les cellules stomatiques à l'éclairage est due à des protéines intégrées dans les membranes plasmiques des cellules.

Le transport des ions K^+ des cellules avoisinantes vers les cellules stomatiques est un transport actif qui nécessite l'énergie.

Conclusion:

Les stomates s'ouvrent ou se ferment selon les forces osmotiques qui correspondent aux variations de la concentration de potassium intracellulaire. La turgescence des cellules stomatiques entraîne une déformation qui va ouvrir l'ostiole, alors que la plasmolyse de ces cellules va entraîner la fermeture de l'ostiole.

Schéma suivant résume le mécanisme de l'ouverture des stomates après éclairage :



IV – Production de la matière organique par les plantes chlorophylliennes:

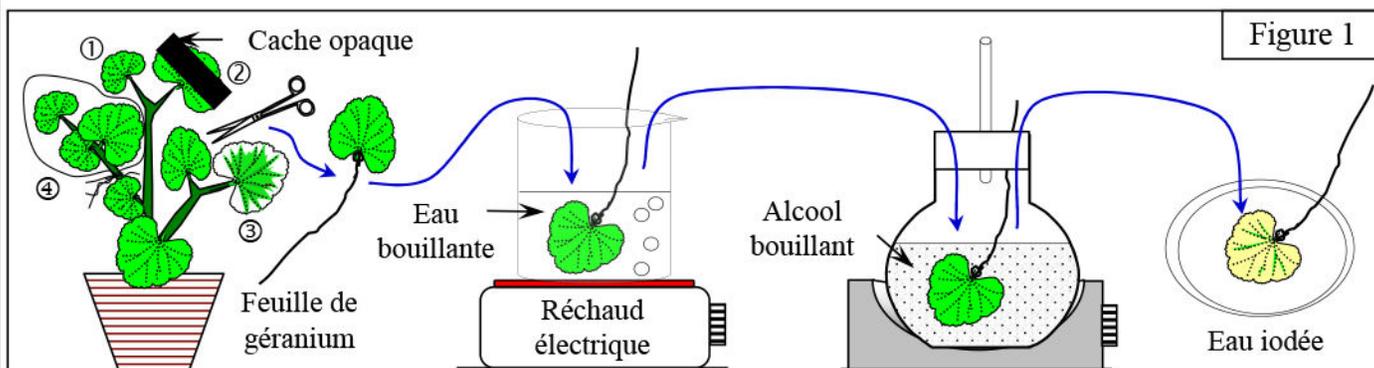
① Les conditions nécessaires à la synthèse de l'amidon: (Voir le document 11)

Document 11: Les conditions nécessaires à la synthèse de l'amidon:

Pour déterminer les conditions nécessaires à la synthèse de l'amidon (Matière organique) chez une plante chlorophyllienne comme le géranium ou le pélargonium, on met une plante à l'obscurité pendant 48 heures puis on prépare 4 feuilles selon les conditions bien déterminées et on expose la plante à la lumière pendant plusieurs heures:

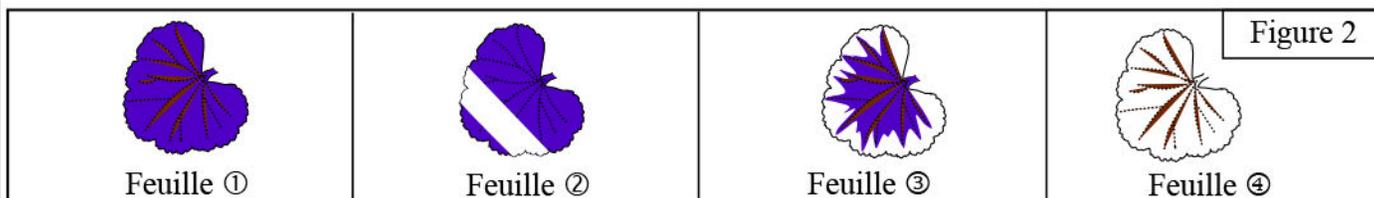
- ✓ La feuille ① : exposée d'une façon normale à la lumière (témoin).
- ✓ La feuille ② : est recouverte partiellement avec un cache opaque.
- ✓ La feuille ③ : est une feuille panachée présentant des zones dépourvues de chlorophylle, est exposée d'une façon normale à la lumière.
- ✓ La feuille ④ : mise dans un sac transparent sans dioxyde de carbone.

On prélève les quatre feuilles qui vont subir les traitements présentés par la figure 1 :



- On trempe la feuille dans l'eau bouillante pour la tuer.
- On la plonge dans l'alcool bouillant pour la décolorer (la feuille perd sa couleur verte).
- On rince à l'eau froide puis on plonge la feuille dans l'eau iodée (Colorant qui colore spécifiquement l'amidon en bleu-foncé).

Les résultats du traitement des feuilles sont présentés par la figure 2 :



Réalisez les expériences décrites dans ce document puis déduisez les conditions nécessaires à la synthèse de l'amidon par les plantes chlorophylliennes.

Les plantes chlorophylliennes jouent le rôle de producteur dans toutes les chaînes alimentaires, elles sont capables de produire la matière organique de nature variée surtout l'amidon qu'on va mettre en évidence.

Analyse des résultats:

- ✓ La feuille ①, éclairée totalement, prend en entier la coloration bleu violet après traitement à l'eau iodée.
- ✓ La feuille ②, éclairée partiellement, la couleur bleu violet apparaît uniquement dans les zones éclairées après traitement à l'eau iodée.
- ✓ La feuille ③, panachée, seules les régions vertes sont colorées en bleu-noir, après traitement à l'eau iodée.

- ✓ La feuille ④, isolée du dioxyde de carbone par un sac transparent, reste jaune après traitement à l'eau iodée.

Conclusion:

Les plantes chlorophylliennes produisent des substances organiques comme l'amidon (Polymère de glucose) au niveau des feuilles. Cette synthèse ne s'effectue qu'à des conditions bien déterminées, qui sont, en plus de l'eau et des sels minéraux, la présence de la chlorophylle, la lumière et du CO_2 . Le phénomène permettant de transformer l'énergie lumineuse en composés organiques est la photosynthèse.

② Nature chimique de la matière organique produite:

Les molécules organiques ou biomolécules sont spécifiques de la matière vivante. Elles appartiennent à trois grandes familles : les glucides, les lipides, les protéines, les vitamines et les acides nucléiques. Ces molécules contiennent des atomes de carbone associés à des atomes d'hydrogène, d'oxygène et, pour les protéines, des atomes d'azote.

a) Les glucides :

Les glucides sont des corps ternaires, composés essentiellement de trois éléments : le carbone (C), l'hydrogène (H), et l'oxygène (O).

★ Les oses :

Les oses appelés aussi monosaccharides, sont les unités de base qui constituent tous les glucides. Leur formule globale est $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$ avec $3 \leq n \leq 7$. (Voir le document 12)

Document 12 : La nature chimique des glucides : Les Oses.				
Les Oses (monosaccharides) : Formule chimique globale ($\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$)				
Exemple	Glucose $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Galactose $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Fructose $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	Ribose $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$
Formule chimique développée cyclique				
Formule chimique développée Linéaire	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">Glucose</div> $\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{OH} & \text{H} & & \\ & & & & & & \\ \text{HO} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & \text{H} \\ & & & & & & \\ & \text{OH} & \text{OH} & \text{H} & \text{OH} & \text{O} & \end{array}$	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">Fructose</div> $\begin{array}{ccccccc} & \text{H} & \text{H} & \text{OH} & & & \\ & & & & & & \\ \text{HO} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & -\text{C} & \text{H} \\ & & & & & & \\ & \text{OH} & \text{OH} & \text{H} & \text{O} & \text{OH} & \end{array}$		

n	3	4	5	6	7
Formule de l'ose	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	$\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_7$
Nom de l'ose	Triose	Tétrade	Pentose	Hexose	Heptose

- ✓ Pour la mise en évidence de l'existence du glucose dans une solution, on utilise la liqueur de Fehling qui donne un précipité rouge brique en chauffant.

★ **Les osides :**

Les osides sont des glucides formés, par la combinaison soit de deux molécules d'oses et on parle de diholosides ou diholosides, soit de plusieurs molécules d'oses et on parle de polyholosides ou polysaccharides.

⇒ **Les diholosides :** (Voir le document 13)

Document 13: La nature chimique des glucides : Les Diholosides:		
Les diholosides (Disaccharides) : Formule chimique globale $(C_{2n}(H_2O)_{2n-1})$		
Exemples	Saccharose $(C_{12}H_{22}O_{11})$	Maltose $(C_{12}H_{22}O_{11})$
Formule chimique développée cyclique	<p style="text-align: center;">Glucose Fructose</p>	<p style="text-align: center;">Glucose Glucose</p>

Les diholosides sont des glucides résultant de la condensation de deux molécules d'oses unies par une liaison osidique.

⇒ **Les polyholosides :** (Voir le document 14)

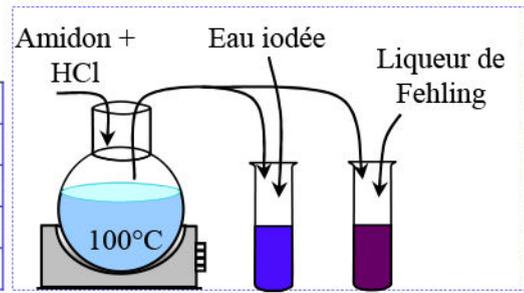
Document 14: La nature chimique des glucides : Les Polyholosides:	
Les polyholosides (Polysaccharides) : Formule chimique globale $(C_6H_{10}O_5)_n$	
Exemple 1	Amidon $(C_6H_{10}O_5)_n$
Formule chimique développée cyclique	
Exemple 2	Cellulose $(C_6H_{10}O_5)_n$
Formule chimique développée cyclique	

Document 14: (Suite):

Hydrolyse de l'amidon dans un milieu acide :

L'hydrolyse de l'amidon se fait en plusieurs étapes. On prépare le montage décrit dans le schéma ci-dessous. On effectue un prélèvement de 5mL dans le ballon toutes les 5 min et on teste à l'eau iodée et à la liqueur de Fehling. On obtient les résultats suivants :

	Eau iodée	Liquor. F	Composé
5 min	Bleu violet	Bleu	Amidon
10 min	Violet	Bleu	Dextrines
15 min	Rouge	Rouge brique	Maltose
20 min	Jaune	Rouge brique	Glucose



Les polyholosides sont des polymères constitués de plusieurs oses liés entre eux par des liaisons osidiques. Les plus répandus du règne végétal sont la cellulose et l'amidon, tous deux polymères du glucose.

L'amidon n'est pas un sucre réducteur, mais son hydrolyse conduit à la formation d'un sucre réducteur qui est le glucose :



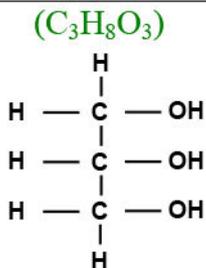
b) Les lipides : (Voir le document 15)

Document 15: La nature chimique des lipides:

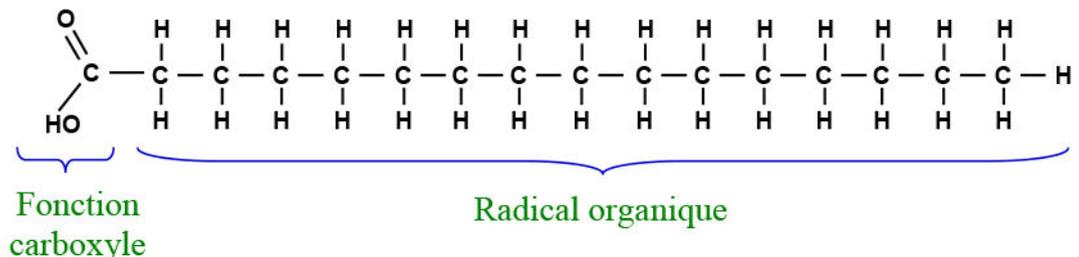
- ★ Les lipides sont des composés ternaires formés de carbone, d'oxygène et d'hydrogène (Lipides simples). Certains contiennent également du phosphore et l'azote (Lipides complexes).
- ★ Les lipides sont insolubles dans l'eau, mais sont solubles dans des solvants organiques comme l'alcool et l'éther.
- ★ L'hydrolyse des lipides libère des acides gras et des alcools. Ils sont donc formés de l'association de ces deux composés.
- ★ L'alcool est une molécule organique possédant une fonction hydroxyle (OH). On le désigne par la formule $\text{R}_1\text{-OH}$ où R_1 représente le radical organique.
- ★ L'acide gras est un hydrocarbure possédant la fonction carboxyle -COOH . Chaque acide gras est désigné par la formule $\text{R}_2\text{-COOH}$ où R_2 représente le radical organique.

Les lipides : La structure chimique

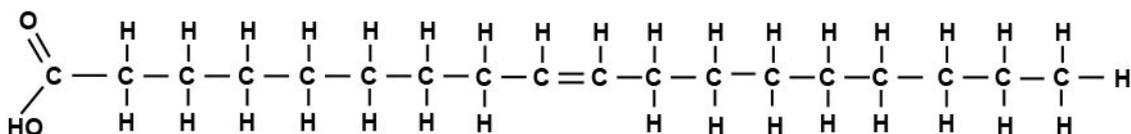
Le glycérol



Acide palmitique (C₁₆H₃₂O₂)

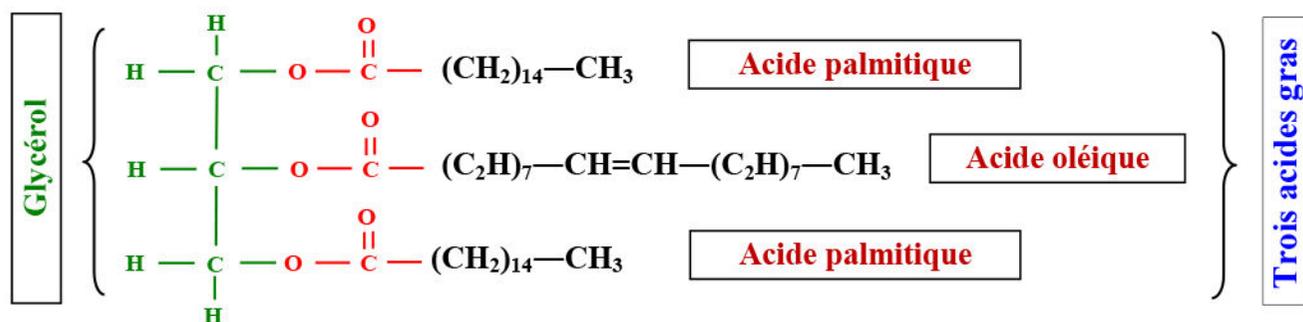


Acide oléique (C₁₈H₃₄O₂) = acide gras insaturé



Document 15 : (Suite):

L'huile d'olive = Triglycéride



Mise en évidence des lipides

- ★ Test du papier : En frottant énergiquement la substance à tester sur une feuille de papier, l'apparition d'une tache translucide atteste la présence de lipides.
- ★ Coloration au Rouge Soudan : Mettre la substance à tester en solution dans un verre de montre. Ajouter quelques gouttes de rouge Soudan. Monter éventuellement entre lame et lamelle pour une observation au microscope. Le rouge Soudan met en évidence les lipides par une coloration rouge.

Les lipides sont des substances qui résultent de la réaction entre un acide gras et un alcool (réaction d'estérification) avec production d'une molécule d'eau.



Les glycérides sont les lipides les plus communs. Ils résultent de l'estérification du glycérol par une, deux ou trois molécules d'acides gras.

L'huile d'olive est un triglycéride formé de l'estérification du glycérol, de deux molécules d'acide palmitique et d'une molécule d'acide oléique.

On peut classer les lipides en :

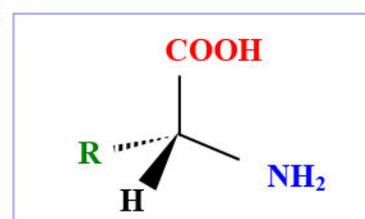
- ★ Lipides simples : Esters d'acides gras et de divers alcools. Ils sont répartis en deux catégories : les glycérides (l'alcool est le glycérol), et les stérides (l'alcool est le stérol).
- ★ Lipides complexes : La molécule contient, en plus de l'acide gras et de l'alcool, des groupements non lipidiques. Exemple les phospholipides qui possèdent une fonction phosphate à leur extrémité.

c) **Les protides :** (Voir le document 16)

Document 16: La nature chimique des protides:

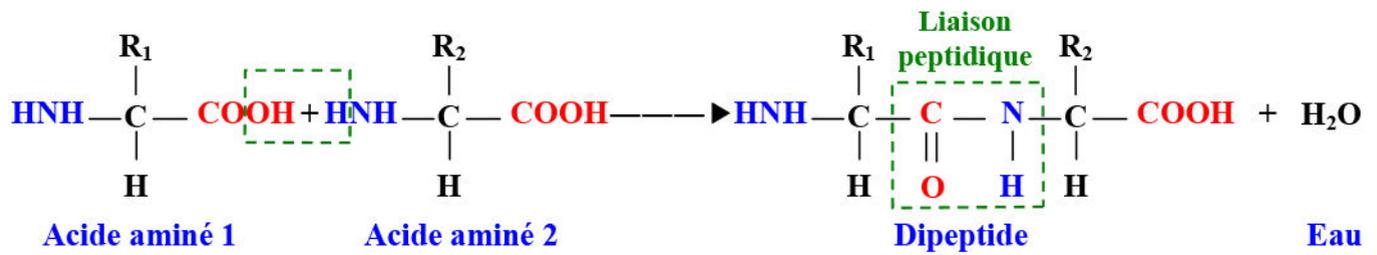
- ★ L'hydrolyse des protides donne des acides aminés : unités de base qui constituent tous les protides.
- ★ Un acide aminé possède quatre groupements portés sur le même carbone : un groupement carboxyle ($-\text{COOH}$), un groupement amine ($-\text{NH}_2$), un atome d'hydrogène (H) et un radical (R).
- ★ Les acides aminés diffèrent entre eux par le radical (R). Leur nombre dans la nature se limite à 20 acides aminés.

Si $\text{R} = \text{H}$: la glycine, si $\text{R} = -\text{CH}_3$: l'alanine, si $\text{R} = \text{CH}_2\text{OH}$: la sérine.

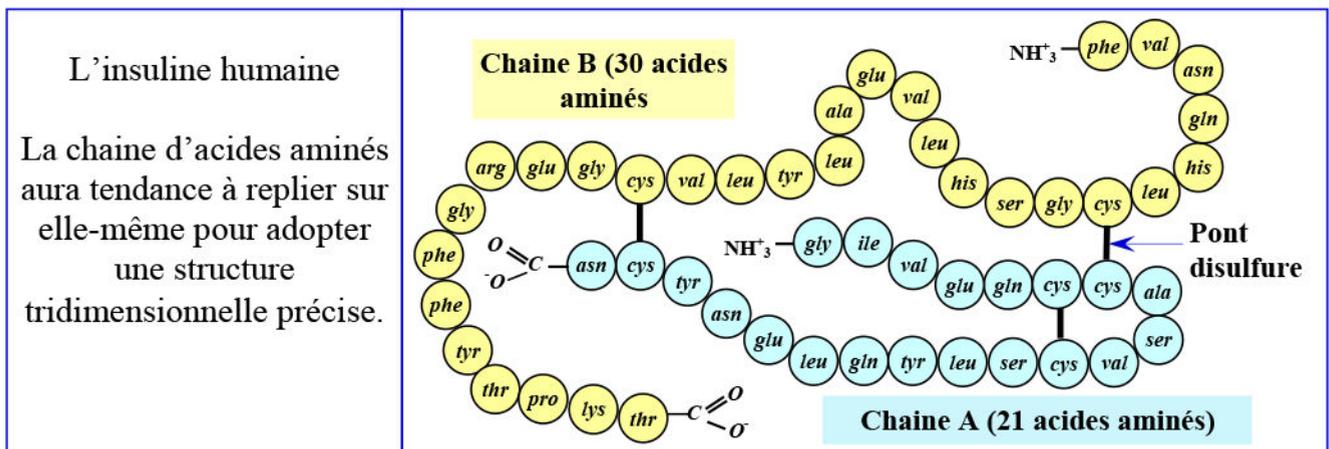


Document 16: (Suite):

- ★ Les acides aminés peuvent se lier les uns aux autres par une liaison peptidique. C'est une liaison covalente qui s'établit entre la fonction carboxyle, portée par un acide aminé, et la fonction amine, portée par l'acide aminé suivant dans la chaîne peptidique. La formation d'une peptidique s'accompagne de la libération d'une molécule d'eau.



- ★ L'enchainement de plusieurs acides aminés, liés par des liaisons peptidiques, forme un polypeptide.
- ★ Généralement on parle de polypeptide lorsque le nombre d'acides aminés ne dépasse pas 100. Au delà de 100 acides aminés, on parle de protéine.
- ★ Exemple de protéine : l'insuline humaine (Figure ci-dessous)



- ★ La structure primaire d'une protéine, est la séquence d'acides aminés du début à la fin de la molécule. Autrement dit, la structure primaire identifie le nombre exact des acides aminés, leurs natures, et leur enchainement.
- ★ La structure secondaire et tertiaire d'une protéine, sont le résultat du repliement spontané de la chaîne polypeptidique pour donner une structure à trois dimensions.
- ★ La structure quaternaire résulte généralement de l'agencement de plusieurs chaînes polypeptidiques, pour donner à la protéine sa structure finale, qui lui permet d'accomplir sa fonction biologique.
- ★ Les protéines se divisent en deux groupes : les protéines simples (Holoprotéines) composées uniquement d'acides aminés et les protéines complexes (Hétéroprotéines) composées d'acides aminés et des corps non protidiques.

Les protides sont des corps quaternaires car ils contiennent toujours quatre éléments chimiques : C, H, O et l'azote N. Certains protides contiennent également le soufre (S) et le phosphore (P).

Un protide est une molécule composée d'un assemblage complexe d'acides aminés. Elle est dite polypeptide si elle contient un nombre inférieur à 100 acides aminés, et protéine si ce nombre est supérieur à 100.