

Chapitre 3 : Rôle des pigments chlorophylliens dans la captation de l'énergie lumineuse

الفصل 3: دور الصبغات اليخضورية في التقاط الطاقة الضوئية

Activité 1 : la chlorophylle et sa localisation au sein de la cellule végétale chlorophyllienne

النشاط الأول: اليخضور وموقعه على مستوى النباتات اليخضورية

L'étude de végétaux à feuilles panachées montre qu'ils ne réalisent la synthèse d'amidon qu'au niveau des zones chlorophylliennes. La chlorophylle est un pigment végétal naturel vert indispensable pour la photosynthèse.

- Quels sont les composants de la chlorophylle ?
- Quelle est la location de la chlorophylle au sein de la cellule végétale chlorophyllienne ?

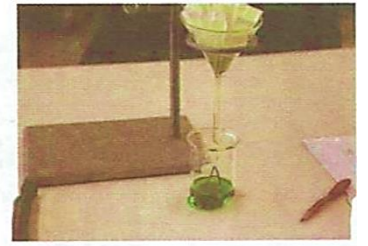
Doc 1 : Extraction de la chlorophylle استخلاص اليخضور

Expérience :

- Dans un mortier, broyer des feuilles bien vertes avec un peu de sable afin d'écraser les cellules (Fig. a).
- Ajouter peu à peu 10 ml d'un solvant organique (alcool à 90° ou acétone).
- Filtrer le contenu du mortier (Fig. b) : on obtient une solution de chlorophylle brute.



▲ Fig : a



▲ Fig : b

1- **Déterminez** le rôle du solvant organique utilisée pour l'extraction de la chlorophylle.

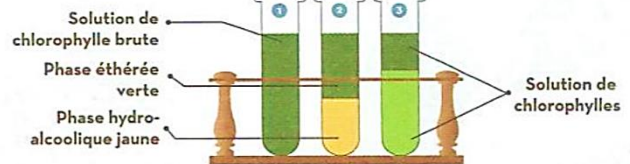
- 1- Le solvant organique est un liquide qui a la propriété de dissoudre, ou de diluer et extraire la chlorophylle sans la modifier chimiquement d'où d'obtention de la chlorophylle brute.

Doc 2 : séparation des pigments chlorophylliens

عزل الصبغات اليخضورية

Expérience 1 : Fractionnement des pigments chlorophylliens par solubilité différentielle

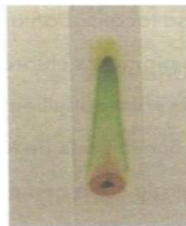
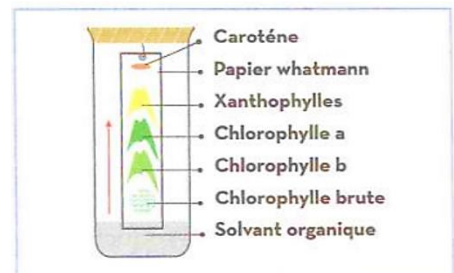
- On prend une solution acétonique de chlorophylle brute (tube à essai n° : 1), à laquelle on ajoute 5 ml d'éther pétrole. On obtient le résultat représenté dans le tube à essai n°2.
- On isole la partie vert foncé du tube 2 et on ajoute du méthanol, on obtient le résultat représenté dans le tube à essai n° : 3.



Expérience 2 : Fractionnement des pigments chlorophylliens par chromatographie.

- Sur une bande de papier à chromatographie (papier Whatmann), déposer environ 2 cm du bas, une goutte de la solution de chlorophylle brute à l'aide d'un agitateur.
- Laisser sécher puis superposer au même endroit jusqu'à 8 gouttes de la même solution. La bande de papier est placée dans une éprouvette fermée contenant 5 ml d'un mélange de solvants organiques (cyclohexane 5%, éther de pétrole 85%, acétone 10%).
- Mettre à l'obscurité pendant 30 à 50 minutes.

Le solvant monte par capillarité dans la bande de papier et entraîne les différents pigments solubles dans les solvants organiques. Ils se séparent progressivement en fonction de leur vitesse de migration.



2- **Résumez** en quelques lignes les résultats de deux techniques de séparation des pigments chlorophylliens

- 2- La séparation des pigments chlorophylliens par solubilité différentielle montre que la chlorophylle brute est un mélange de plusieurs pigments en haut la phase étherée renferme les chlorophylles a et b, en dessous, la solution alcoolique jaune renferme les Xanthophylles et le carotène. L'utilisation d'un mélange de solvants dans la technique de chromatographie permet la séparation des différents pigments qui se distinguent par la distance de migration à travers le papier. Ainsi l'analyse des résultats obtenus, montre que la chlorophylle brute est un mélange de quatre pigments chlorophylliens : **la chlorophylle (a) ; la chlorophylle (b) ; les xanthophylles et le carotène.**

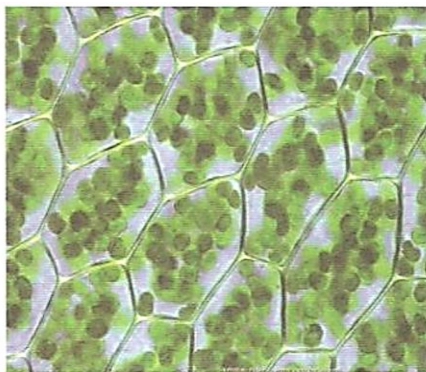
Doc 3 : localisation de la chlorophylle au sein de la cellule végétale : le chloroplaste

تموضع اليخضور على مستوى الخلية النباتية: البلاستيدة الخضراء

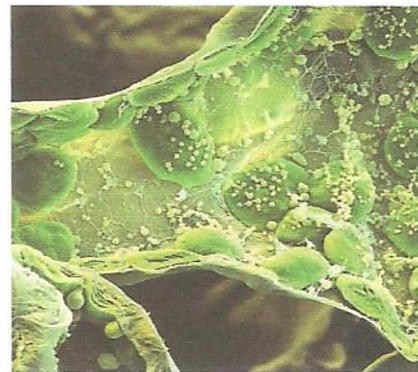
C'est au niveau des tiges et des feuilles, autrement dit des tissus aériens chlorophylliens, que les cellules végétales contiennent les chloroplastes qui sont des organites cytoplasmiques, au sein desquels se déroulent les réactions photosynthétiques.



▲ Fig : a : Feuille de Lierre.



▲ Fig : b : Chloroplastes dans des cellules de Lierre observées au microscope photonique.



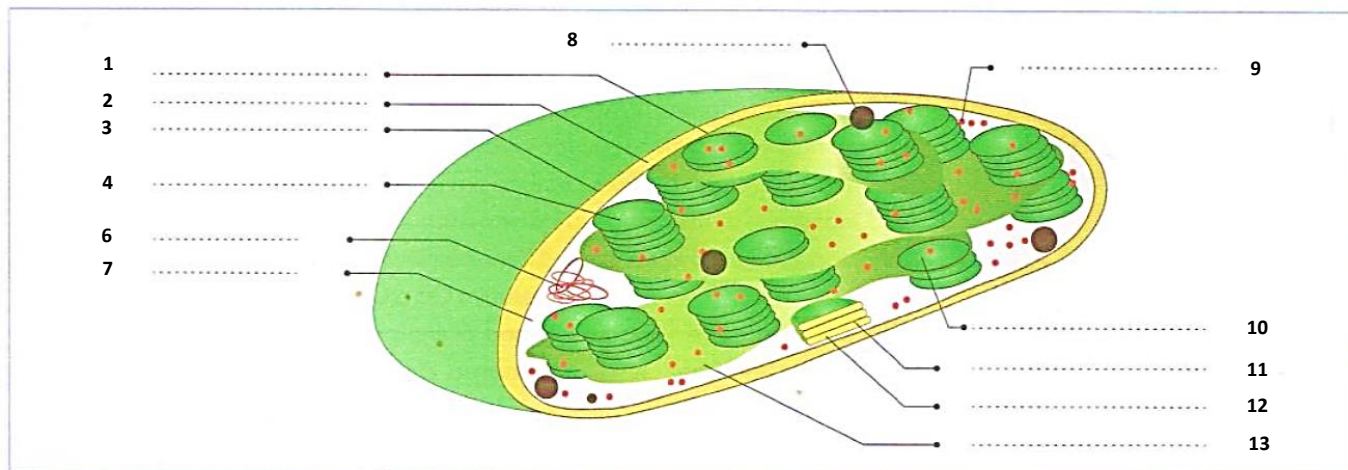
▲ Fig : c : Micrographie des chloroplastes dans le cytoplasme d'une cellule végétale.

La taille de chloroplaste est de l'ordre du micromètre (μm). Ils prennent souvent la forme de disque aplatis de 2 à 10 μm de diamètre pour une épaisseur d'environ 1 μm .



▲ Fig : d : Chloroplaste vu au microscope électronique.

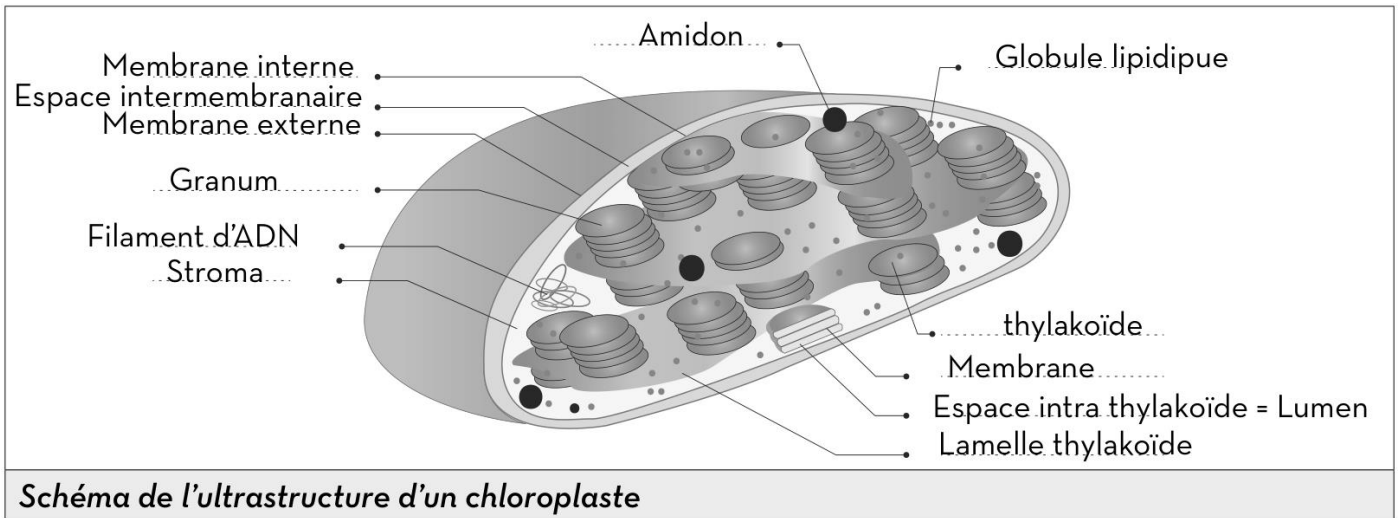
En microscopie électronique, cet organite apparaît composé de deux membranes séparées par un espace intermembranaire. Il contient un réseau de lamelles constitué de sacs aplatis nommés thylakoïdes qui baignent dans le stroma (liquide intra-chloroplastique). Chaque thylakoïde est composé d'un lumen (cavité) entouré d'une membrane qui contient de la chlorophylle et des caroténoïdes. Un empilement de thylakoïdes se nomme granum. D'autre part, le stroma contient quelques réserves sous forme d'amidon avec des ribosomes et des filaments d'ADN.



▲ Fig : e : Schéma de l'ultrastructure d'un chloroplaste.

- 2- a) **Exploitez** le document pour annoter le schéma de la structure du chloroplaste représenté dans la (Fig. a)
 b) **Déterminez** la location des pigments chlorophylliens au niveau du chloroplaste

2- a) Les chloroplastes se situent dans le cytoplasme des cellules photosynthétiques (stomatiques). Le chloroplaste est un organe composé de deux membranes, séparées par un espace interthylakoïdale. Il renferme un réseau de lamelles constitué de sacs aplatis nommés thylakoïdes qui baignent dans le stroma. Chaque thylakoïde est composé d'une cavité appelée Lumen entourée d'une membrane riche en chlorophylle et de caroténoïdes. Les thylakoïdes se liaient entre eux pour former des granums. Le stroma renferme aussi quelques réserves sous forme d'amidon avec des ribosomes et des filaments d'ADN



b) Les pigments chlorophylliens sont localisés au niveau de la membrane des thylakoïdes.

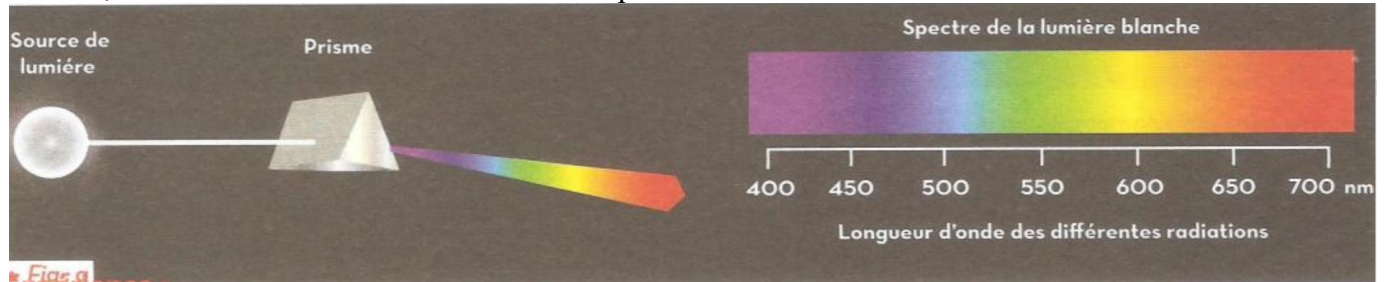
Activité 2 : les propriétés des pigments chlorophylliens

La production de la matière organique (photosynthèse) qui s'effectue au niveau des feuilles, nécessite la présence de la lumière et de la chlorophylle, ou plus précisément des pigments chlorophylliens.

- Existe-t-il un lien entre les radiations lumineuses absorbées et l'efficacité photosynthétique des pigments chlorophylliens

Doc 1 : le spectre d'absorption de la chlorophylle brute الكشف عن طيف امتصاص اليخضور الخام

La lumière blanche émise par le soleil ou par une lampe, peut être décomposée en ses différentes radiations grâce à un prisme intercalé sur le trajet du faisceau lumineux, on obtient alors une tache large et colorée, aux couleurs de l'arc en ciel : c'est le spectre de la lumière blanche.

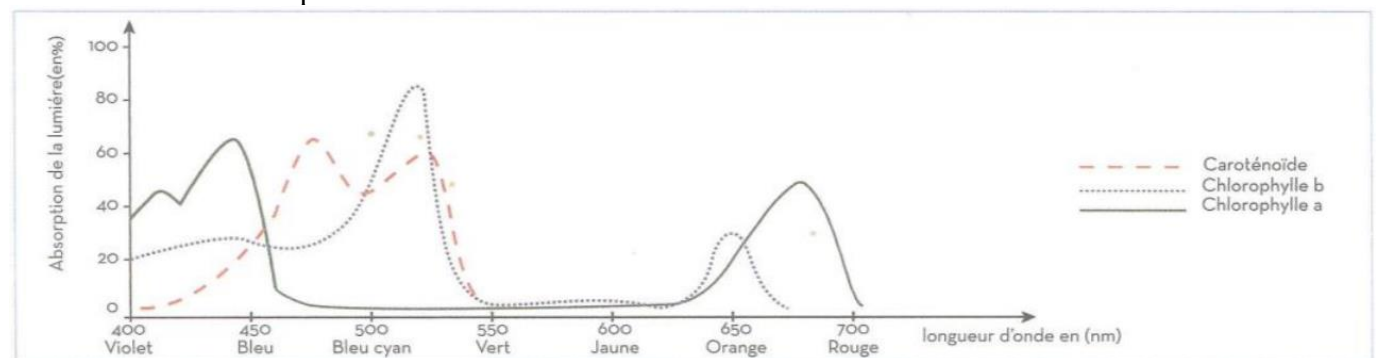


Expérience :

On prépare le même montage expérimental de la (Fig. a), puis on place une cuve remplie d'une solution de la chlorophylle brute, entre la source d'absorption de la chlorophylle brute (Fig. b)



Le spectre d'absorption est déterminé par la quantité de lumière absorbée par un composé en fonction de la longueur d'onde des radiations lumineuses. Il peut être obtenu à l'aide d'un spectromètre à main ou d'un spectrophotomètre, sur le mélange de pigments (chlorophylle brute) ou après séparation (Fig. c), les bandes sombres correspondent aux radiations absorbées



1- a) **Comparez** le spectre d'absorption de la chlorophylle brute au spectre de la lumière blanche (Fig. a et b)

- b) **Dégagez** les radiations lumineuses les plus absorbées par la chlorophylle

c) **Décrivez** les spectres d'absorption des différents pigments chlorophylliens (Fig. c) et **expliquez** la couleur verte des chloroplastes

- 1- a) La lumière blanche est un ensemble de radiations lumineuses, une fois décomposée à l'aide d'un prisme, montre la présence d'un spectre de radiations visibles qui s'étendent du rouge au bleu

(longueurs d'onde comprises entre 400 nm et 700 nm). Ce spectre est prolongé du côté du rouge par l'infra-rouge et du côté du bleu par l'ultra-violet. (Invisibles)

Le spectre d'absorption de la chlorophylle brute (Fig. b) montre qu'elle absorbe principalement la lumière bleue et rouge, tandis qu'elle réfléchit ou transmet la lumière verte.

b) La solution de la chlorophylle brute intercalée sur le trajet du faisceau lumineux, montre l'apparition de bandes sombres à la place des radiations bleues et rouges donc, ces radiations ont été absorbées par la chlorophylle d'où le nom de spectre d'absorption. L'analyse du spectre de la chlorophylle brute qui présente le taux d'absorption de la chlorophylle des radiations lumineuses dont les longueurs d'onde se situent entre 425 nm et 480 nm (bleu et violet) et entre 640 nm et 680 nm (rouge). Les radiations lumineuses absorbées par la chlorophylle brute sont le bleu et le rouge.

c) La courbe montre que la chlorophylle (a) possède deux pics d'absorption, l'un dans la zone du bleu, l'autre dans la zone du rouge. Le spectre de la chlorophylle (a) est un peu différent de celui de la chlorophylle (b). Le carotène quant à lui, possède un seul pic d'absorption dans la zone du bleu.

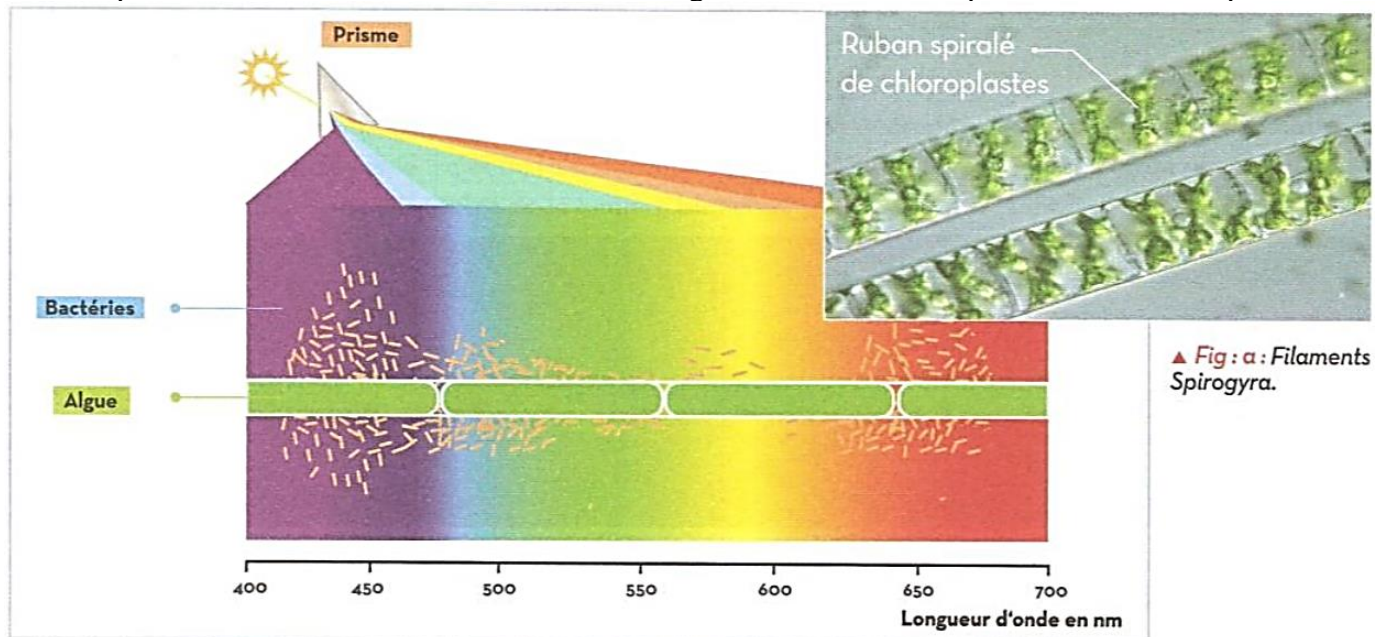
Les pigments chlorophylliens absorbent les différentes radiations qui constituent le spectre visible avec de degrés différents. Bien que chaque pigment possède son propre spectre d'absorption, on constate généralement que l'absorption est élevée dans le domaine du bleu et du rouge, La couleur verte des chloroplastes est due à la présence de la chlorophylle, elle absorbe principalement la lumière bleue et rouge du spectre visible, réfléchissant ou transmettant la lumière verte, ce qui donne aux plantes leur couleur caractéristique.

Doc 2 : Relation entre les radiations lumineuses absorbées et l'intensité photosynthétique

العلاقة بين الإشعاعات الضوئية الممتصة وشدة التركيب الضوئي

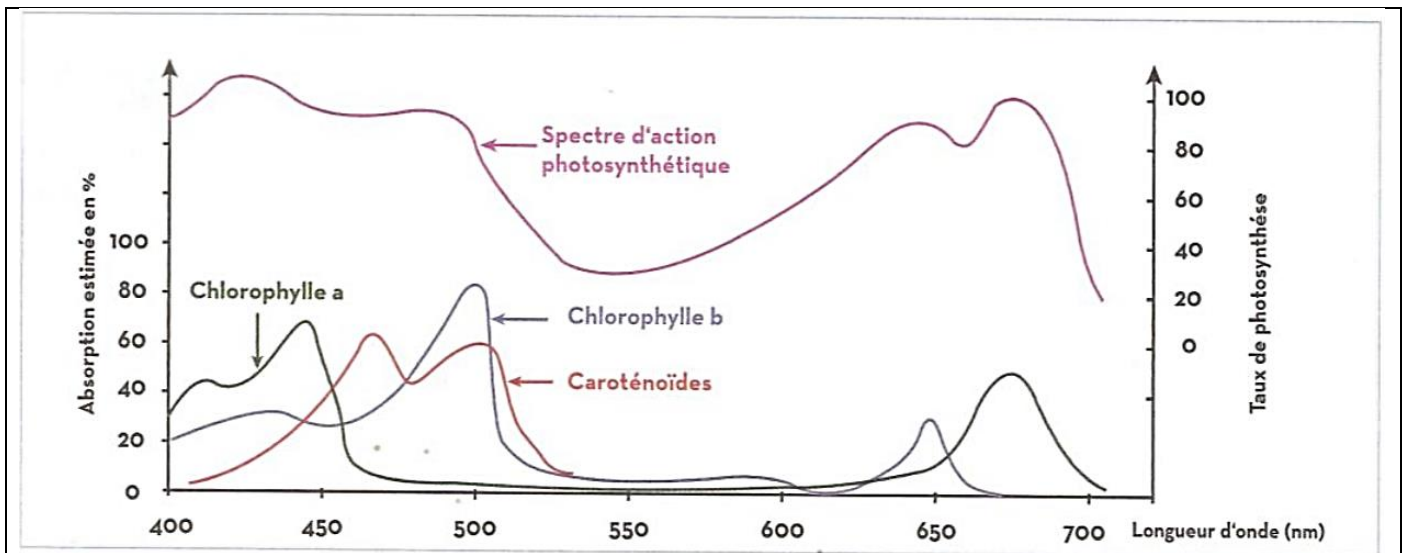
→ **Expérience d'Engelmann** : exposition d'une algue filamenteuse à différentes longueurs d'onde.

L'algue *Spirogyra*, riche en chloroplastes rubanés, est placée dans une goutte d'eau dans laquelle on a ajouté une solution de bactéries avides de l'oxygène (chimiotactisme positif pour l'oxygène). Elle est éclairée par la lumière solaire dont les différentes longueurs d'onde sont séparées à l'aide d'un prisme



▲ Fig : b : Résultat de l'expérience d'Engelmann.

D'autre part, on peut déterminer l'intensité de la photosynthèse (dégagement d'O₂) pour chaque longueur d'onde. On établit ainsi le spectre d'action photosynthétique d'un végétal, c'est-à-dire les longueurs d'onde qui lui permettent de réaliser les réactions photosynthétiques.



▲ Fig : c : L'efficacité photosynthétique des différents pigments chlorophylliens.

- 2- a) **Décrivez** le résultat de l'expérience d'Engelmann, et **proposez** une explication
 b) **Etablissez** sous forme un tableau une comparaison entre le spectre d'action et le spectre d'absorption

Caractéristique	Spectre d'absorption	Spectre d'action
Définition		
Information fournie		
Méthode de mesure		
Application		
Relation		

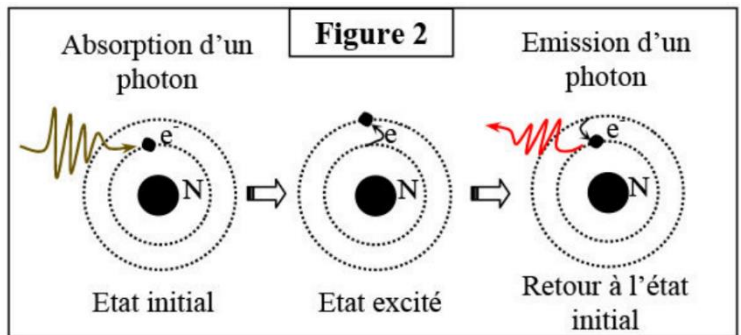
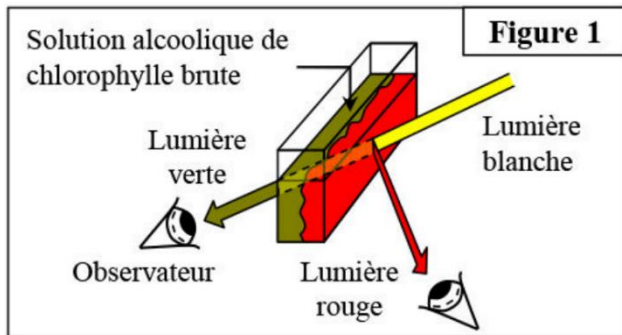
- 2- a) On remarque que la répartition des bactéries n'est pas homogène le long de la spirogyre. Les bactéries se regroupent autour des cellules qui reçoivent des rayonnements rouge et bleu et sont absentes autour des cellules qui reçoivent le jaune et le vert donc les bactéries se rassemblent autour des rayons rouges et bleu (violet) où la quantité d'oxygène libérée par la spirogyre est importante au cours de la photosynthèse. On parle de spectre d'action.

b)

Caractéristique	Spectre d'absorption	Spectre d'action
Définition	Représente la quantité de lumière absorbée par une substance, en fonction de la longueur d'onde.	Représente l'efficacité d'une lumière monochromatique à produire une réponse physiologique spécifique.
Information fournie	Indique quelles longueurs d'onde lumineuses sont captées par les pigments photosynthétiques.	Indique quelles longueurs d'onde lumineuses sont les plus efficaces pour déclencher une réponse physiologique donnée.
Méthode de mesure	Mesure de la quantité de lumière absorbée à chaque longueur d'onde.	Mesure d'une réponse physiologique (ex : production d'oxygène) à chaque longueur d'onde.
Application	Étude des pigments photosynthétiques et de leur capacité à absorber la lumière.	Compréhension des mécanismes des processus physiologiques végétaux, comme la photosynthèse.
Relation	Le spectre d'action est généralement superposé au spectre d'absorption, mais il peut y avoir des différences.	

Doc 3 : rôle des pigments chlorophylliens dans la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique

- Lorsqu'on projette la lumière blanche sur une solution de chlorophylle brute, elle apparaît rouge du côté de projection de la lumière, et verte du côté opposé au côté de projection de la lumière (Figure 1) : la chlorophylle émet des radiations rouges, on parle de fluorescence.
- La chlorophylle est composée de pigments photosynthétiques qui peuvent être excités par les radiations lumineuses (Figure 2). L'arrivée d'un photon fait passer un électron délocalisé d'un état fondamental (non excité) à un état excité. La chlorophylle, une fois excitée, retourne à son état fondamental, plus stable thermodynamiquement. Ceci peut se faire de plusieurs manières, et en particulier en émettant de la lumière (c'est la fluorescence constatée dans une solution de chlorophylle brute) ou en perdant un électron.

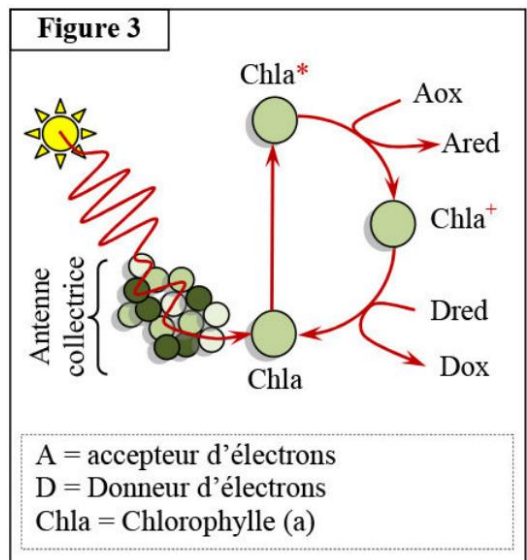


Les pigments chlorophylliens s'organisent en groupes appelés photosystèmes qui sont de deux types : PS_I et PS_{II} (Figure 3). Chaque photosystème est constitué d'un centre réactionnel formé d'un dimère de chlorophylle (a), en plus d'une antenne collectrice formée d'un mélange de pigments chlorophylliens différents. La chlorophylle (a), centre réactionnel, en absorbant l'énergie passe à un état excité puis s'oxyde en cédant des électrons à un accepteur d'électrons.

La chlorophylle (a), oxydée, doit récupérer des électrons pour restaurer son état initial et continuer à fonctionner ; ces électrons lui sont fournis par un donneur d'électrons réduit.

En exploitant les données de ce document :

- 3- a) **Expliquez** le phénomène de fluorescence de la chlorophylle brute
- b) **Commentez** la figure 3 et montrer le rôle de la chlorophylle a dans la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique.



- 3- a) Lorsqu'une molécule de chlorophylle brute capte des photons, il y a excitation de certains atomes, ceci a pour effet de les amener à un état excité qui est instable et très rapidement il y a retour à l'état initial avec restitution intégrale de l'énergie emmagasinée, sous forme de lumière rouge : c'est la fluorescence.
- b) L'énergie lumineuse captée par les pigments caroténoïdes et la chlorophylle (b) situés au niveau de la membrane du thylacoïde et qui forment une antenne réceptrice, transmise à la chlorophylle (a) qui passe à l'état excité et s'oxyde en cédant des e⁻ à un accepteur d'électrons et les récupérer par un donneur d'électrons, d'où retour de la chlorophylle à son état initial. Les électrons cédés par la chlorophylle a sont portés par une chaîne de transporteurs d'électrons, ce qui alimente des réactions d'oxydo-réduction et libèrent de l'énergie chimique.