

ÉNERGIE ET CELLULE VIVANTE

Un herbicide : la tentoxine

Comme tout organisme, une plante chlorophyllienne subit des agressions extérieures au cours de sa vie, par exemple par des champignons. Certains d'entre eux produisent une molécule appelée tentoxine qui induit une chlorose. On constate aussi la mort assez rapide de la plante. La tentoxine est d'ailleurs utilisée comme herbicide pour l'élimination des plantes adventices communément appelées « mauvaises herbes ».

A partir d'une exploitation judicieuse des documents et à l'aide des connaissances :

- **expliquer les conséquences de la chlorose des feuilles des plantes traitées avec la tentoxine**
- **et justifier l'utilisation de la tentoxine en tant qu'herbicide.**

Document 1 Actions de la tentoxine

La tentoxine est un tétrapeptide cyclique naturel produit par le champignon phytopathogène *Alternaria alternata*. Il induit sélectivement la chlorose dans plusieurs plantes en germination. La chlorose se caractérise par un changement de couleur des feuilles : celles-ci deviennent oranges puis jaunes.

Document 2 Quelques notions de physique : la couleur des objets

La couleur d'un objet dépend de la lumière qui l'éclaire et de la nature chimique de sa surface qui détermine les radiations lumineuses qu'il absorbe et celles qu'il diffuse.

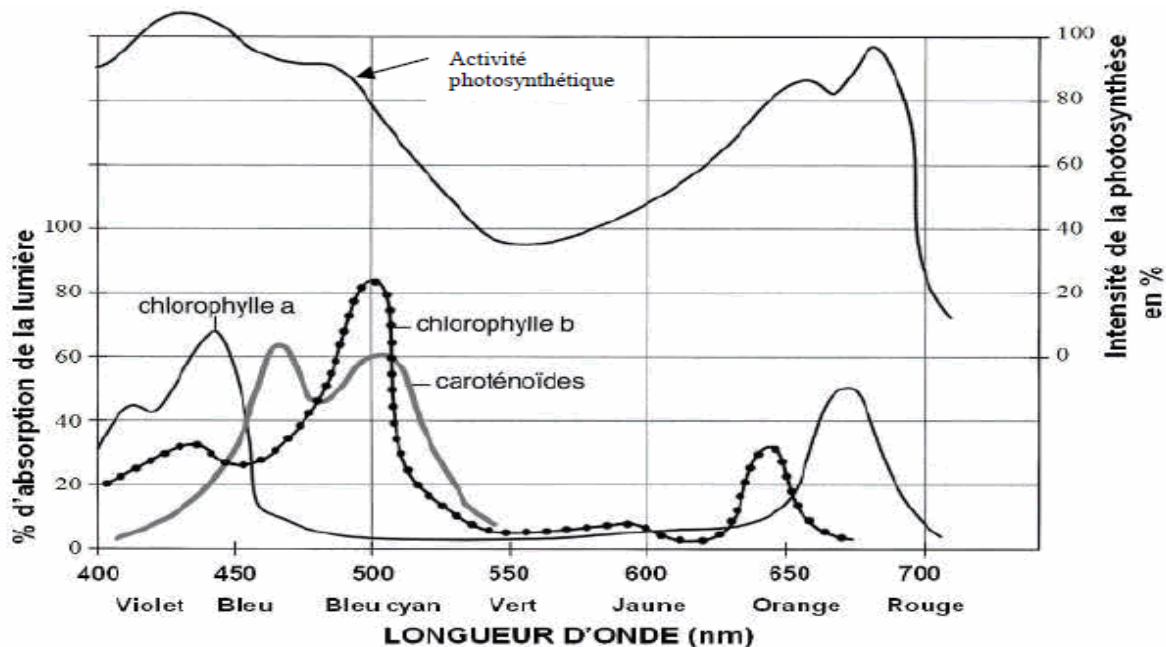
La couleur perçue par l'observateur de cet objet est la couleur des radiations qu'il diffuse. C'est la couleur complémentaire des radiations qu'il absorbe.

Tableau indiquant la couleur des objets en fonction des radiations absorbées

Radiations absorbées	Bleu-vert	Jaune-vert	Jaune-orangé	Orangé	Rouge	Violet	Bleu	Bleu cyan
Couleur de l'objet	Rouge	Violet	Bleu violet	Bleu Cyan	Bleu-vert	Jaune-vert	Jaune-orangé	Orange

Ainsi, un coquelicot est rouge parce que, lorsqu'il est éclairé en lumière blanche, il absorbe le bleu et le vert et diffuse le reste donc le rouge.

Document 3 : Spectre d'absorption des pigments chlorophylliens et activité photosynthétique.



Document 4 : l'expérience d'Arnon et une expérience complémentaire

Lors de la phase chimique de la photosynthèse, le cycle établi par Calvin correspond à une réduction du CO₂. **Les réactions qui le constituent nécessitent de l'énergie chimique.** Pour déterminer la nature de cette énergie chimique et l'origine de celle-ci, Arnon (1958) réalise les expériences ci-dessous. Il prépare, à partir de chloroplastes, des milieux contenant uniquement du stroma. Il place ces milieux dans différentes conditions puis introduit des molécules de CO₂ radioactives ¹⁴CO₂. Il mesure alors la quantité de ¹⁴CO₂ fixé.

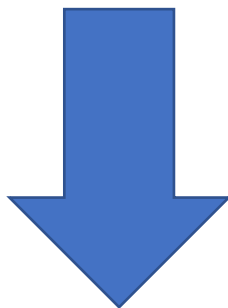
Expérience d'Arnon

Contenu du milieu	Quantité de CO₂ fixé dans le stroma mesurée en coups par minute
Stroma à l'obscurité	4000
Stroma à l'obscurité mis en présence de thylakoïdes ayant séjourné précédemment à la lumière	96000
Stroma à l'obscurité mis en présence d'ATP et de transporteurs d'hydrogène réduits (RH ₂)	96000

Expérience complémentaire :

Contenu du milieu	Quantité de CO₂ fixé dans le stroma mesurée en coups par minute
Stroma à l'obscurité mis en présence de thylakoïdes ayant séjourné précédemment à la lumière et avec de la tentoxine	4000

Remarque : pas de panique pour ce doc.4, vous n'avez besoin que de vos connaissances sur la compartimentation du chloroplaste (traitée en classe), sur la phase photochimique et les produits (molécules) issus de cette phase (traitée en classe) et de savoir que l'incorporation du carbone permet la synthèse de molécules organiques au cours de la phase non photochimique qui se déroule dans le stroma (cycle de Calvin mais pas la peine d'entrer dans le détail de cette phase).



Corrigé :

<p>Introduction :</p> <p>Certains champignons produisent des molécules toxiques comme par exemple la tentoxine. Celle-ci entraîne chez les végétaux chlorophylliens une chlorose observable par un jaunissement des feuilles. Cette molécule est utilisée par ailleurs comme herbicide.</p> <p>On cherche à expliquer d'une part le rôle joué par la tentoxine dans le phénomène de chlorose et d'autre part à montrer les conséquences de l'utilisation de cette molécule comme herbicide.</p>	2
<p><u>Le document 1</u> montre les conséquences de la tentoxine sur le changement de couleur des feuilles d'une plante en cours de germination. Cette molécule entraîne un jaunissement des feuilles qui deviennent oranges puis jaunes.</p> <p>⇒ Sachant que la couleur des feuilles est due à la présence de pigments, on peut émettre l'hypothèse que la tentoxine détruit les pigments responsables de la couleur verte des feuilles et serait ainsi responsable de la disparition progressive de la chlorophylle à l'origine de la chlorose.</p> <p>⇒ La couleur orange -jaune des feuilles seraient alors due à la présence de pigments jaune-orange, seuls pigments encore présents après la disparition de la chlorophylle.</p> <p>Quelle est alors la relation entre pigment - couleurs des feuilles et radiations absorbées?</p>	2
<p><u>Le document 2</u> apporte des informations sur la relation entre absorption des radiations lumineuses de la lumière blanche et couleur d'un objet. La couleur d'un objet, par exemple la feuille d'une plante, dépend des radiations lumineuses que cet objet peut absorber et celles qu'il diffuse.</p> <p>Dans le cas d'un objet jaune-orangé et orange, ce qui est le cas des feuilles atteintes de chlorose, les radiations absorbées sont bleues – bleues cyan.</p> <p>Par contre un objet qui est bleu-vert ou jaune-vert, les radiations lumineuses absorbées sont respectivement rouges et violettes.</p> <p>⇒ Cela explique que la couleur des feuilles d'un végétal dépend des radiations lumineuses absorbées par ces feuilles. Ainsi, le végétal n'absorbe plus les mêmes radiations lumineuses lorsqu'il y a une chlorose, ce qui est à mettre en relation avec l'action de la tentoxine qui entraîne une disparition de la chlorophylle.</p> <p>Quelle peut-être la conséquence du changement de la couleur des feuilles lors d'une chlorose sur l'activité photosynthétique d'une plante ?</p>	2
<p><u>Le document 3</u> montre le spectre d'absorption de pigments chlorophylliens ainsi que des caroténoïdes présents chez les végétaux. D'autre part, l'activité photosynthétique est mesurée en fonction de la longueur d'onde des radiations lumineuses.</p> <p>On observe que les pigments chlorophylle a et b absorbent essentiellement les radiations violettes-bleues (40 à 60% d'absorption pour la chlorophylle a) et les radiations bleues cyan (80% d'absorption par la chlorophylle b). Notons enfin que les deux chlorophylles absorbent également les radiations orange et rouge (respectivement 20 à 50%). Les caroténoïdes n'absorbent que des radiations bleues-bleues cyan.</p> <p>D'autre part, on observe que l'activité photosynthétique atteint respectivement 80 à 100% pour les radiations violettes à bleu-cyan et 60 à presque 100% pour les radiations orange à rouge. Par contre, une très faible activité photosynthétique pour les radiations vertes, c'est-à-dire celles qui ne sont pratiquement pas absorbées par les pigments.</p> <p>⇒ Par conséquent, les radiations efficaces pour la photosynthèse sont celles qui sont absorbées par le végétal.</p> <p>Enfin, les caroténoïdes, en absorbant des radiations bleues et bleu cyan ne transmettent donc que les autres radiations, vertes, jaunes, oranges et rouge.</p> <p>⇒ Ce qui explique qu'en l'absence de chlorophylle, le végétal sera essentiellement de couleur jaune-orange d'après le document 2.</p> <p>Donc deux conséquences à la présence de tentoxine :</p> <ul style="list-style-type: none">- en entraînant la disparition de la chlorophylle, les radiations lumineuses efficaces pour la photosynthèse ne seront pas absorbées ce qui entraîne une diminution de l'activité photosynthétique et empêchera la phase photochimique de se dérouler.	5

<p>- la tentoxine entraîne la disparition progressive des chlorophylles a et b mais pas des caroténoïdes: le végétal présente ainsi une chlorose et les feuilles deviennent alors oranges puis jaunes.</p> <p>Comment expliquer la mort du végétal traité à la tentoxine ?</p>	
<p><u>Le document 4</u> présente des résultats expérimentaux permettant de comprendre les conditions nécessaires à la réalisation de la phase non photochimique au niveau des chloroplastes (organites où se déroule la photosynthèse). On cherche ainsi à comprendre l'origine de l'énergie chimique nécessaire à la fixation du CO₂ et donc à la synthèse de molécules organiques. Pour cela, on mesure alors la quantité de CO₂ fixé dans le stroma au cours du cycle de Calvin en faisant varier différents paramètres. Le CO₂ introduit dans le milieu de culture est marqué au ¹⁴C radioactif. Les expériences sont réalisées sur des milieux contenant le stroma des chloroplastes.</p> <p><u>Lors de la première expérience</u>, lorsque les stromas sont placés à l'obscurité, la quantité de CO₂ fixé est de 4000 cpm <u>alors que dans la 2^{ème} expérience</u>, en présence de thylakoïdes ayant séjourné à la lumière, cette quantité est de 96000 cpm.</p> <p>⇒ On en déduit que les thylakoïdes éclairées sont indispensables à la fixation d'une grande quantité de CO₂ dans le stroma.</p> <p><u>Dans la troisième expérience</u>, si on ajoute de l'ATP et un transporteur réduit RH2, mais sans thylakoïdes éclairées, on observe le même résultat que dans l'expérience 2.</p> <p>⇒ On peut en déduire que la présence d'ATP et de RH2 remplace efficacement les thylakoïdes éclairées. On peut donc supposer que les thylakoïdes éclairés ont permis de produire de l'ATP et du RH2 indispensables à la fixation de CO₂ dans le stroma.</p> <p><u>Enfin dans la 4^{ème} expérience</u>, les conditions sont identiques à celle de la 2^{ème} expérience (stroma + thylakoïdes éclairés) mais les thylakoïdes utilisés ont été mis précédemment en présence de tentoxine. On observe que la quantité de CO₂ fixé est de 4000 cpm comme dans la première expérience qui nous sert de témoin.</p> <p>⇒ Par conséquent on peut en déduire que la tentoxine empêche l'activité des thylakoïdes et donc la production d'ATP et de RH2. La phase non photochimique ne peut se dérouler.</p>	5
<p>Synthèse:</p> <p>Les documents 1, 2 et 3 ont permis d'expliquer le rôle de la tentoxine dans l'apparition d'une chlorose. En effet, les végétaux contiennent deux types de pigments, des chlorophylles et des caroténoïdes. Or la tentoxine est responsable de la disparition de la chlorophylle, pigment responsable de la couleur verte des végétaux. Ainsi, le végétal perd sa couleur verte et les caroténoïdes, qui transmettent les radiations jaune-oranges, sont les seuls pigments désormais responsables de la couleur du végétal: les feuilles deviennent alors orange puis jaune (doc.2).</p> <p>Mais en perdant la chlorophylle, l'activité photosynthétique de la plante diminue car certaines radiations, dites efficaces, ne sont plus absorbées (doc.3). Or, la chlorophylle est un pigment indispensable pour la réalisation de la phase photochimique: en absorbant des radiations lumineuses, elle capte de l'énergie. En l'absence de chlorophylle, la chaîne photosynthétique est bloquée.</p> <p>Le document 4, permet de comprendre que ce sont les thylakoïdes qui permettent la réalisation de cette étape, appelée phase photochimique. On sait en effet que les pigments chlorophylliens sont localisés au niveau de la membrane des thylakoïdes. L'énergie lumineuse captée par ces pigments va permettre la synthèse d'ATP et la production de RH2 (expériences 2 et 3 du doc.4). On comprend donc que sous l'effet de tentoxine, ATP et RH2 ne sont pas produits au cours de la phase photochimique. L'énergie lumineuse n'est pas convertie en énergie chimique.</p> <p>De plus, les expériences du doc.4 montrent aussi que sans ATP, ni RH2, la fixation de CO₂ dans le stroma au cours du cycle de Calvin ne se fait pas. Or l'ATP est une source d'énergie chimique indispensable à la synthèse de molécules. Le végétal ne peut alors pas synthétiser de molécules organiques à partir de molécules minérales. La réaction globale de la photosynthèse 6CO₂ + 6 H₂O → C₆H₁₂O₆ + 6 O₂ ne se réalise pas. La phase photochimique étant bloquée par l'absence de chlorophylle, la phase non photochimique ne peut pas se dérouler: la plante meurt car elle ne peut pas synthétiser ses molécules organiques. On comprend dès lors le rôle de la tentoxine en tant qu'herbicide.</p> <p>Remarque : RH2 va permettre la réduction du CO₂ au cours du cycle de Calvin en cédant des électrons et aussi des protons. L'absence de RH2 empêche aussi la synthèse de molécules organiques.</p> <p>En rouge, des connaissances utiles</p>	4