



3. ENTREE DE L'ENERGIE DANS LE MONDE VIVANT.

Le soleil, source d'énergie pour la biosphère

Activités pratiques Ex.A.O.

De la lumière solaire à la matière organique...

Connaissances	Capacités et attitudes
La lumière solaire permet, dans les parties chlorophylliennes des végétaux, la synthèse de matière organique à partir d'eau, de sels minéraux et de dioxyde de carbone.	Établir, à l'aide d'arguments expérimentaux, les grands éléments de bilan de la photosynthèse.

A. Objectifs pédagogiques

L'objectif des activités pratiques est de fournir, conformément aux instructions des programmes, des arguments expérimentaux permettant de dresser les grandes lignes du bilan de la photosynthèse.

On présentera ici les échanges gazeux réalisés au cours de la photosynthèse en relation avec la lumière, la présence de chlorophylle et l'incorporation du CO₂ apporté par les bicarbonates dissous dans l'eau gazeuse (ajoutés avec du KHCO₃ ou NaHCO₃ en milieu acide).

B. Expérimentation assistée par ordinateur

Pistes d'exploitation

Deux expériences peuvent être complémentaires ici :

- On peut montrer la **nécessité de la présence de la chlorophylle** en utilisant deux végétaux : un non chlorophyllien (endive blanche) et un chlorophyllien (endive verte).
- L'ajout de bicarbonates dans l'eau (CO₂) permettra de confirmer la **nécessité de matières minérales carbonées** pour que la plante verte effectue son métabolisme qui se matérialise ici par un rejet de dioxygène (photosynthèse).



avec CH₂O = glucides

L'intensité photosynthétique est mise en évidence par la mesure de la concentration en O₂ et en CO₂ du milieu, ici la cuve, qui donnera, par calcul, la consommation/production de ces gaz, au cours des phases sombres et phases claires de l'expérimentation.

- les **conditions d'éclairement** permettront, dans chaque cas, de faire le lien entre lumière et activité métabolique du végétal.

Là encore le métabolisme choisi correspond à des fonctions bien précises (photosynthèse) mais le but reste d'étudier les échanges de matières et d'énergie qui conditionnent l'activité d'un végétal à la lumière. Enfin il est facile, dans ce TP d'illustrer les notions de facteur influençant et / ou limitant



TP Ex.A.O. Activité 3A : utilisation de la lumière et du carbone minéral pour le métabolisme des végétaux verts

En utilisant simplement une sonde à O₂, on peut mettre en évidence l'augmentation de l'oxygène dissous dans l'eau, parallèlement à la présence de lumière (lumière blanche) et /ou à l'utilisation du CO₂ des bicarbonates ajoutés, par la plante verte.

On peut faire varier un seul facteur à la fois ou les deux au cours d'une même expérience, il suffira de rajouter plus de temps dans la manipulation.

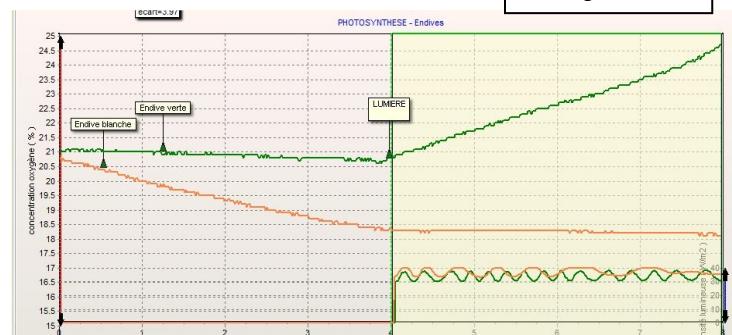
1. Importance de la chlorophylle et de la lumière:

Stage IGNY

- Lors de l'**expérience 1**, seules les feuilles d'endive vertes (chlorophylliennes) éclairées ont produit du dioxygène, contrairement à l'endive blanche qui n'est pas chlorophyllienne et cette production est d'autant plus forte que l'intensité lumineuse est plus élevée.

Il y a donc un lien entre les pigments chlorophylliens, la lumière et la production de dioxygène par le végétal.

La lumière permet donc la production de molécules de O₂ par la plante grâce à la chlorophylle.



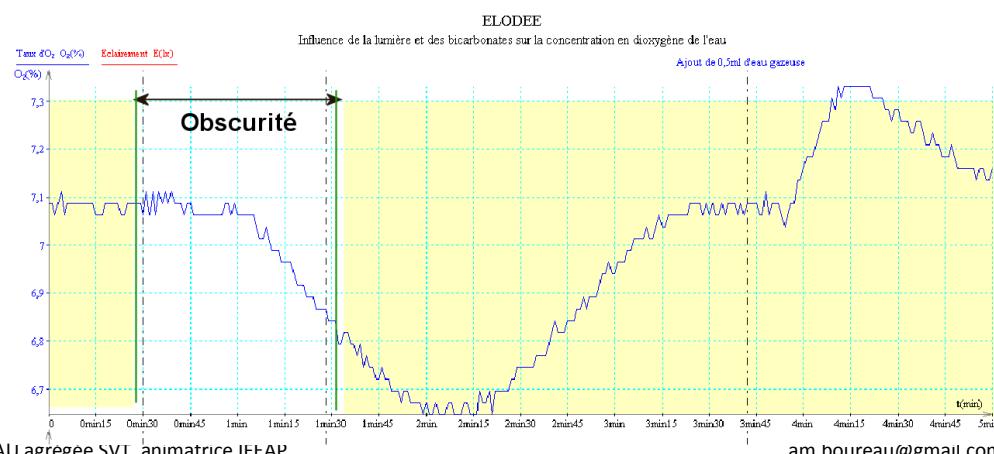
- Lors de l'**expérience 2**, comme pour les feuilles d'endives mais avec des plantes aquatiques (élodées ou cabomba), pendant la période d'obscurité, la concentration en dioxygène diminue (consommation de dioxygène due à la respiration) et pendant la période lumineuse, la concentration reste stable. Il n'y a pas de production nette de dioxygène en absence de carbonate, même sous un éclairage optimal. Sans source de carbone, la photosynthèse dépend essentiellement de la production de CO₂ par la respiration. La photosynthèse brute est alors égale (ou inférieure) à la respiration (en valeur absolue) et la photosynthèse nette est nulle.

2. Importance des carbonates et de la lumière:

- Toujours avec des plantes aquatiques (élodées ou cabomba), si on rajoute dans l'eau de la solution tampon (pH 5,6), quelques gouttes de bicarbonates (0,2 ml), source de CO₂ pour la plante verte, on pourra observer une production plus intense de dioxygène

Les conditions indispensables à l'incorporation du CO₂ et au rejet de O₂ sont d'une part la présence de pigments chlorophylliens dans le fragment végétal et d'autre part la présence de lumière et d'eau.

Résultats attendus :



Anne-Marie BOUREAU agrégée SVT, animatrice IFFAP am.bureau@gmail.com



Pistes d'exploitation

- Les molécules synthétisées par la plante verte sont riches en carbone et en oxygène que la plante peut trouver dans le CO₂ et l'eau, le rejet de dioxygène n'est en fait qu'un « déchet » issu de la dégradation de l'eau nécessaire à la plante pour se procurer les hydrogènes indispensables à la fabrication de ses molécules organiques.

L'une de ces molécules est l'amidon puisqu'il est mis en évidence par le test à l'eau iodée, uniquement dans les feuilles éclairées.

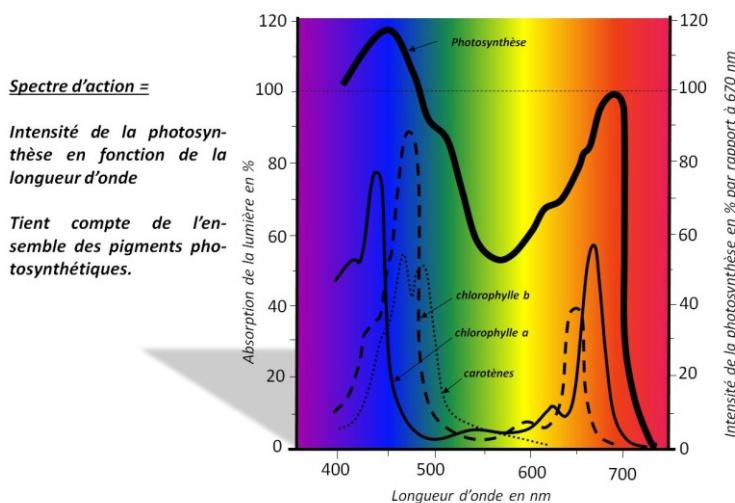
- En développant des compétences variées (ExAO, réalisation d'une chromatographie et analyse des expériences de l'expérience avec l'¹⁸O sur les chlorelles de Ruben et Kamen* sur l'origine du dioxygène rejeté), on peut effectuer une synthèse des informations collectées : l'incorporation à la lumière, en présence de chlorophylle, du CO₂ et le rejet de dioxygène par le végétal ont été montrées par l'ExAO, tandis que le besoin d'eau par le suivi de l'¹⁸O sur les chlorelles.

* Expérience de Ruben et Kamen :

Le dioxygène rejeté par la plante a toujours les mêmes proportions de ¹⁸O que l'eau du milieu. Lorsque le CO₂ est marqué, son ¹⁸O ne se retrouve pas dans l'O₂ dégagé. Il faut donc admettre que l'O₂ rejeté provient de la dégradation de l'eau à la lumière. Cette dégradation va fournir en outre à la plante des hydrogènes dont on peut se poser la question du devenir...

TP Ex.A.O. Activité 3B : influence de certaines radiations lumineuses pour le métabolisme des végétaux verts.

On pourra faire varier les radiations lumineuses (très facilement avec le réacteur photoréa) au cours d'une même expérience, il suffira de rajouter plus de temps dans la manipulation.



On constatera alors que certaines radiations sont plus efficaces pour la photosynthèse que d'autres, particulièrement les radiations dans le violet et le rouge orangé.

TP Ex.A.O. Activité 3C : utilisation de la lumière et du carbone minéral pour le métabolisme des végétaux verts

En utilisant une sonde à CO₂, supplémentaire, on peut mettre en évidence la diminution du carbone dissous dans l'eau, parallèlement au rejet de dioxygène par la plante verte.



PROTOCOLES DES MANIPULATIONS

PREPARATION DU VEGETAL

Une plante aquatique a été placée la veille dans un milieu enrichi en bicarbonates (Eau + Perrier), à la lumière/Une endive sera placée à la lumière 1 sem tandis qu'une autre sera maintenue à l'obscurité.

MESURE DE L'ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN DIOXYGENE

Partie 1 : Réalisation du montage

- 1a. Si endive, placer l'extrémité d'une feuille dans une enceinte avec un **fond d'eau du robinet**.
- 1b. Si plante aquatique, **placer dans l'enceinte une « tête » d'élodée (si Tpre ambiante <20°C) ou de cabomba (si Tpre ambiante >20°C)**, un agitateur et remplir l'enceinte (~35 ml) avec **23 ml d'eau distillée + 12 ml de la solution tampon à pH 5,6**.
2. **Installer** les sondes oxymètre (étalonné dans l'eau) et luxmètre (vérifier si besoin la *configuration de ces capteurs*).
3. **Fermer** l'enceinte, vérifier l'absence de bulle d'air et la bonne position des sondes. **Eponger** les débordements éventuels.
4. **Mettre** en fonction l'agitateur à vitesse modérée.
5. **Préparer** une seringue avec **1 mL** d'une solution de bicarbonates à 1% (KHCO₃ ou NaHCO₃) et engager le liquide jusqu'au bout du capillaire (afin d'éviter une rentrée d'air au moment de l'injection).
6. Possibilité de mettre un **cache** pour l'obscurité.

Appeler pour faire contrôler le montage.

Partie 2 : Acquisition des résultats

1. **Choisir** les paramètres de la mesure: durée = 8 minutes, O₂, lumière.
2. **Mettre** l'enceinte à l'obscurité (cache).
3. **Prévoir** l'insertion d'un repère sur le graphique (voir notice logiciel).
4. **Attendre** la stabilisation des mesures puis **démarrer** l'enregistrement.
5. **Enregistrer** pendant 8 minutes et **insérer** un repère sur le graphe à chaque modification des conditions :

T= 0 à T= 4 min : Obscurité, **injecter 0,5 mL** de solution de bicarbonates à T=0

T = 4 à T= 8 min : Lumière, **mettre** sous tension la source de lumière à T = 4 min.

Autre variante :

5. **Enregistrer** pendant 8 minutes et **insérer** un repère sur le graphe à chaque modification :

T= 0 à T= 2 min : Obscurité,

T= 2 à T= 4 min : Lumière, **mettre** sous tension la source de lumière à T = 2 min.

T = 4 à T= 8 min : **injecter 0,5 mL** de solution de bicarbonates à T= 4 min

Influence des radiations lumineuses :

4. Prendre soin de sortir la sonde hors de l'enceinte puis la replacer dans le milieu afin qu'elle reprenne sa **valeur initiale** et ce avant chaque nouvelle acquisition.

5. **Enregistrer** pendant 3 périodes de 6 minutes (plus si nécessaire) en **superposant** les graphiques et **insérer** un repère sur le graphe à chaque modification :

T= 0 à T= 2 min : Obscurité, **injecter 0,5 mL** de solution de bicarbonates à T= 0 min

T= 2 à T= 4 min : Lumière blanche (témoin), **mettre** sous tension la source de lumière à T = 2 min.

T= 4 à T= 6 min : Lumière rouge, **ajouter le filtre** au niveau de la source de lumière à T = 4 min.

Veiller à **intercaler une période d'obscurité entre 2 acquisitions avec des radiations différentes**.

Vérifier la **constance de l'intensité lumineuse**, éloigner la source de lumière si nécessaire.

7. **Reproduire la manipulation** en changeant de filtre (bleu et vert) et en superposant les courbes.



LABORATOIRE

Pour s'assurer d'observer une activité photosynthétique, il est préférable d'éclairer les Elodées pendant une nuit et de les maintenir dans de l'eau enrichie en CO₂ (50mL d'eau gazeuse de type Perrier dans 200mL d'eau).

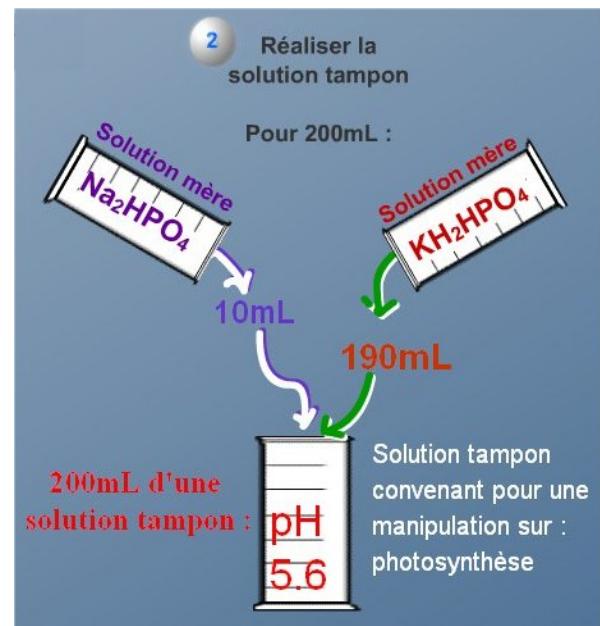
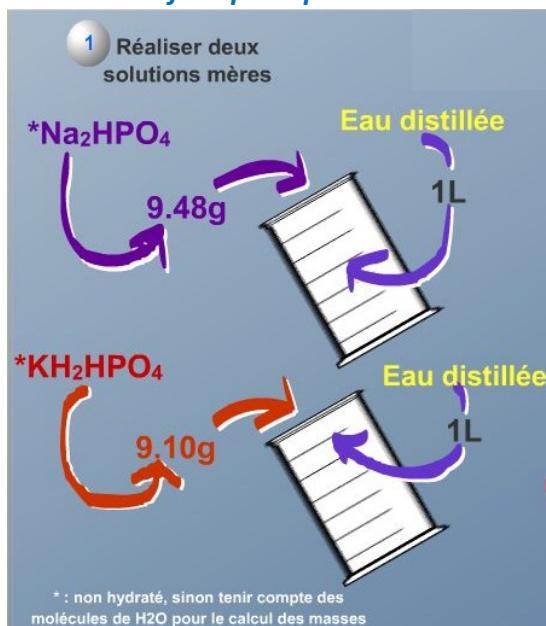
* Préparation de la solution « TAMPON PHOTOSYNTHESE à pH 5,6 »

Dans nos classes il arrive parfois que les manipulations ne fournissent pas les résultats escomptés. Les raisons sont multiples mais il en est une à laquelle il faut s'attacher : celle du pH.

En effet, la fermentation des levures, la coloration de la vacuole d'une cellule végétale par le rouge neutre ou bien le fameux dégagement de dioxygène par un végétal chlorophyllien aquatique constituent des exemples de manipulations qui imposent des pH relativement stricts pour qu'elles fournissent d'excellents résultats.

L'explication se trouve dans l'équilibre de certaines réactions chimiques qui se réalise dans un sens ou dans l'autre suivant les conditions de pH.

* Exemple du KHCO₃ (ou NaHCO₃) qui doit fournir du CO₂ à la plante lors de la photosynthèse...La réaction ne se fait qu'en pH acide...



* Préparation d'une solution de bicarbonate à 1%

- 10 mg de KHCO₃ pour 1 L d'eau / idem pour du NaHCO₃.

* Préparation du milieu de l'enceinte réactionnelle

Pour 37 ml de solution dans l'enceinte du réacteur :

- Sans bicarbonates au départ, paramètres variables = CO₂ :

24,5 ml d'eau distillée + 12,5 ml de solution tampon pH 5,6

- Avec bicarbonates, paramètres variables = lumière et radiations lumineuses :

22 ml d'eau distillée + 11 ml de solution tampon pH 5,6 + 4 ml de bicarbonates KHCO₃ à 1%.