



SAÉ 1.9 — LA PHOTOSYNTÈSE : UN PROCÉDÉ CHIMIQUE COMPLEXE

OBJECTIF : *Comprendre la
photosynthèse par diverses
démonstrations*

NIVEAU :

Secondaire 4

DURÉE :

Deux périodes

LIEU :

En classe

CONTENU DE FORMATION

Domaine général de formation	Environnement et consommation <i>Axe de développement :</i> Connaissance de l'environnement
Compétences transversales	Exploiter l'information, résoudre des problèmes, communiquer de façon appropriée
Domaine d'apprentissage	Mathématique, science et technologie
Discipline	Science et technologie — Univers matériel
Compétences disciplinaires	Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique, mettre à profit ses connaissances scientifiques, communiquer à l'aide des langages utilisés en science et technologie
Disciplines complémentaires	Applications scientifiques et technologiques, Français, langue d'enseignement, Science et environnement, Science et technologies de l'environnement

Matériel : Des copies de la section 1.2 du *Guide de référence* ou de textes informatifs détaillés sur la photosynthèse (voir le site Internet de l'Université Pierre et Marie Curie : <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Photosynthese-cours/index.htm>), accès Internet et projecteur (pour l'animation sur la photosynthèse sur le site Internet www.cite-sciences.fr/francais/ala_cite/expo/tempo/planete/portail/labo/carbone/photosyntese.html), plante (géranium), bougie, briquet, cloche en verre hermétique, papier noir, éthanol, lugol, plat de Pétri.

Préparation : Visionner l'animation sur la photosynthèse; obtenir un projecteur et un ordinateur avec accès Internet; faire des copies de la section 1.2 du *Guide de référence*

CONTEXTE

Presque tous les organismes vivants utilisent l'énergie produite par les plantes pour vivre. Les cyanobactéries, les dinophytes, les bactéries sulfureuses et quelques autres organismes qui n'appartiennent pas au règne végétal sont capables de synthétiser eux-mêmes leur nourriture. Ces organismes et les plantes sont dits autotrophes, car ils produisent leur propre nourriture à partir d'éléments inorganiques. Les animaux et les champignons, quant à eux, sont hétérotrophes; ils ne sont pas capables de produire eux-mêmes leur source de nourriture. Les animaux comptent sur les plantes pour se nourrir, directement pour les herbivores et indirectement pour les carnivores. Les plantes produisent de la matière organique par la photosynthèse; ce procédé a lieu dans les feuilles seulement. La

photosynthèse est un procédé chimique qui nécessite de l'énergie lumineuse. La plante utilise, en plus, du dioxyde de carbone, de l'eau et des sels minéraux. Le procédé implique plusieurs enzymes, dont la RubisCO, une des protéines les plus importantes du règne végétal. Les produits finis de la photosynthèse sont du sucre (glucose $C_6H_{12}O_6$), de l'oxygène (O_2) et de l'eau (H_2O). Lorsque les feuilles ne reçoivent plus d'énergie solaire, un autre procédé chimique a lieu dans les feuilles : la respiration. Lors de ce procédé, la plante utilise de l'oxygène et rejette du dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Cette SAÉ va permettre aux élèves d'approfondir leurs connaissances en chimie et en botanique en apprenant le fonctionnement de la photosynthèse et de la respiration.

PROGRAMME

Ouverture

15 min.

Les élèves prennent connaissance de la section 1.2 du *Guide de référence* à la maison ou en classe. Vous pouvez aussi introduire la photosynthèse en expliquant la découverte de ce procédé.

Historique abrégé :

Dans l'antiquité, les hommes croyaient que le sol fournissait tout ce dont les plantes avaient besoin. Au 17^e siècle, un homme a testé cette croyance. Il a planté un arbre dans un bac. Cet arbre a atteint 77 kg en 5 ans alors que la masse du sol n'avait réduit que de 57 g. Cet homme crut que la variation était attribuable à l'eau du sol. Au 18^e siècle, un premier scientifique démontra que les plantes respirent et produisent de l'oxygène. Au 19^e siècle, une expérience démontra que les plantes consomment de l'eau pendant la photosynthèse. Ce n'est qu'au milieu du 19^e siècle que le principe général de la photosynthèse a été bien compris. Enfin, il a fallu attendre le 20^e siècle pour que le scientifique comprenne les détails de la photosynthèse.

Réalisation

100 min.

1. Devant la classe, procédez à la première démonstration : placez une bougie allumée sous la cloche hermétique et observez avec la classe ce qui se passe. Discutez avec les élèves de vos observations.

La bougie s'éteint après un certain temps, car elle n'a plus assez d'oxygène, un comburant nécessaire à la combustion de la bougie.

2. Placez maintenant une plante sous la cloche hermétique avec la bougie allumée à l'intérieur de la cloche. La cloche et la plante doivent

être exposées à la lumière. Les élèves observent ce qui se produit. Demandez aux élèves de vous expliquer pourquoi la bougie ne s'éteint pas cette fois-ci.

La plante produit de l'oxygène lorsqu'elle est exposée à la lumière ce qui alimente la flamme en oxygène et permet à la bougie de rester allumée.

3. Expliquez que la prochaine démonstration représente les effets d'une plante la nuit, moment où elle ne reçoit aucune énergie lumineuse. Pour ce faire, éteignez ou cachez toutes les sources de lumière dans la classe. Placez à nouveau la bougie allumée sous la cloche avec la plante. Les élèves observent ce qui se produit. Pourquoi est-ce que la bougie s'éteint?

La plante ne produit pas d'oxygène lorsqu'elle ne reçoit pas d'énergie lumineuse, car celle-ci est essentielle à la photosynthèse. À l'obscurité, la plante consomme plutôt de l'oxygène, ce qui devrait accélérer l'utilisation de l'oxygène dans la cloche de verre et par le fait même, la bougie devrait s'éteindre plus rapidement.

4. Procédez maintenant à l'explication de la photosynthèse et des transformations chimiques qui ont lieu lors de la photosynthèse. Visionnez l'animation avec la classe tout en expliquant le phénomène pour aider la compréhension (Variante : Les élèves visionnent l'animation avant le cours pour se préparer).

Voici un résumé des réactions chimiques qui ont lieu dans la feuille lors de la photosynthèse :

Premièrement, la plante absorbe de l'eau et des sels minéraux par ces racines et transporte ces éléments jusqu'aux feuilles. Dans les feuilles, la plante capte l'énergie lumineuse du soleil et le dioxyde de carbone de l'air diffuse naturellement par les pores des feuilles, les stomates. La photosynthèse a lieu dans un organite de la feuille appelé chloroplaste. La première phase de la photosynthèse consiste en des réactions photochimiques (phase claire, qui nécessite de la lumière) où l'eau, grâce à l'énergie lumineuse, est dissociée en oxygène et en hydrogène. La réaction se résume ainsi : $12H_2O + \text{lumière} \rightleftharpoons 6O_2 + \text{énergie chimique (24 H)}$. La deuxième phase est appelée le cycle de Calvin et consiste en la fixation du carbone. La réaction se résume ainsi : $6CO_2 + \text{énergie chimique (24 H)} \rightleftharpoons C_6H_{12}O_6 + 6H_2O$. La deuxième phase utilise l'énergie chimique fournie par la première phase; soit le NADPH⁺H⁺ et l'ATP. En bref, l'équation chimique simple de la photosynthèse est $6CO_2 + 12H_2O + \text{lumière} \rightleftharpoons C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$.

4. Maintenant que les élèves connaissent bien le fonctionnement de la photosynthèse, demandez-leur quels facteurs pourraient modifier le taux de photosynthèse selon eux et à quel degré. Les facteurs principaux sont :

- | | |
|--|------------------------------------|
| — intensité lumineuse | — disponibilité en eau |
| — surface foliaire exposée à la lumière | — température et humidité de l'air |
| — concentration atmosphérique de CO ₂ | — concentration de poussières |

Par exemple, une faible disponibilité en eau cause la fermeture des stomates (pour minimiser les pertes d'eau) ce qui réduit le potentiel d'absorption de CO₂ et donc limite la photosynthèse. Une concentration atmosphérique de CO₂ plus élevée permet à la plante de fermer en partie ses stomates tout en absorbant autant de CO₂ ce qui réduit les pertes d'eau par transpiration et améliore le rendement de la photosynthèse.

5. Les élèves se placent en groupe de 4-5 élèves et discutent des facteurs influençant la photosynthèse. Après la discussion, les élèves rédigent individuellement un court texte sur les facteurs qui affectent la photosynthèse et leur mode d'action, en prenant soin de faire référence aux processus chimiques qui ont lieu dans les feuilles.

6. Préparez l'expérience que vous terminerez au prochain cours. Cette expérience met en évidence la formation de matière organique dans les feuilles et termine l'apprentissage sur la photosynthèse. Chaque groupe d'élèves cache une partie d'une feuille (ou de plusieurs) de la lumière à l'aide d'un papier noir et positionne leur plante à la lumière pendant au moins 12 heures.

Notes : S'il y a plusieurs jours entre les deux périodes, vous devrez dégager les feuilles et refaire l'étape le jour précédent l'observation des résultats.

7. À la période suivante, les élèves détachent, de la plante, les feuilles avec des parties cachées et une feuille non cachée et les décolorent dans de l'éthanol bouillant pendant cinq minutes. Par la suite, ils recouvrent les feuilles de lugol (un réactif spécifique de l'amidon) et observent. Les feuilles se colorent seulement où elles étaient vertes; il n'y a pas de réaction aux endroits où les feuilles étaient privées de lumière. Ceci démontre que les feuilles ne font pas de photosynthèse et par conséquent, ne produisent pas de sucres lorsqu'elles ne sont pas exposées à la lumière.

Clôture

15 min.

Demandez aux étudiants de faire un schéma illustrant la photosynthèse et abordant tous les éléments observés dans cette démonstration. Le schéma ne devra pas être accompagné d'un texte d'explication; le schéma lui-même doit être clair. Il peut toutefois être accompagné d'un titre et d'une légende.

Une fois le travail complété, ramassez les schémas pour la correction.

Évaluation

Critères d'évaluation : représentation adéquate de la situation, présence de tous les éléments discutés, production ou transmission adéquate de messages à caractère scientifique.

ENRICHISSEMENT

Considérant l'effet de serre et les changements climatiques, comment vont réagir nos forêts dans le futur? Comment les plantes et les arbres vont-ils s'adapter à l'augmentation de CO_2 dans l'atmosphère? Les élèves font une recherche en équipe de deux ou trois sur le sujet. Ils peuvent se renseigner, entre autres, sur la forêt de Bâle en Suisse et sur Steeve Pépin. M. Pépin, de l'université Laval, est l'investigateur du projet de la forêt de Bâle où la concentration de CO_2 est plus importante que dans l'atmosphère actuelle. Cette situation est rendue possible grâce à un réseau de tubes perforés qui parcourt la canopée et dans lequel est injecté du CO_2 . La réaction des arbres à cette augmentation de CO_2 est minutieusement enregistrée depuis 4 ans déjà. Quelques conclusions ont déjà été tirées, moins encourageantes que l'on espérait.

POUR EN SAVOIR PLUS

I12, I32, I59, I80, I84, I85, I96, I97, V12, V14, V38, V50.