

L'apprentissage des sciences et des technologies par l'expérimentation

La photosynthèse

Ghislain Samson **et** Abdeljalil Métioui



Presses de l'Université du Québec
Le Delta I, 2875, boulevard Laurier, bureau 450,
Québec (Québec) G1V 2M2
Téléphone : 418 657-4399 – Télécopieur : 418 657-2096
Courriel : puq@puq.ca – Internet : www.puq.ca



La Loi sur le droit d'auteur interdit la reproduction des œuvres sans autorisation des titulaires de droits. Or, la photocopie non autorisée – le « photocopillage » – s'est généralisée, provoquant une baisse des ventes de livres et compromettant la rédaction et la production de nouveaux ouvrages par des professionnels. L'objet du logo apparaissant ci-contre est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit le développement massif du « photocopillage ».

Les Presses de l'Université du Québec reconnaissent l'aide financière du gouvernement du Canada par l'entremise du Fonds du livre du Canada et du Conseil des Arts du Canada pour leurs activités d'édition. Elles remercient également la Société de développement des entreprises culturelles (SODEC) pour son soutien financier.

Mise en pages : Mathieu Plasse
Conception de la couverture : Mathieu Plasse

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés
© 2013, Presses de l'Université du Québec

Catalogage avant publication de Bibliothèque et Archives nationales du Québec et Bibliothèque et Archives Canada

Métioui, Abdeljalil, 1951-
L'apprentissage des sciences et des technologies par l'expérimentation

Comprend des références bibliographiques.

Sommaire : module 1. Le circuit électrique / Abdeljalil Métioui, Ghislain Samson – module 2. L'astronomie / Ghislain Samson, Abdeljalil Métioui – module 3. La photosynthèse / Ghislain Samson, Abdeljalil Métioui – module 4. Le magnétisme / Abdeljalil Métioui, Ghislain Samson – module 5. Le biomimétisme / Ghislain Samson, Abdeljalil Métioui – module 6. L'électrostatique / Abdeljalil Métioui, Ghislain Samson.

Monographie électronique en format PDF.

ISBN 978-2-7605-3611-1 (série)
ISBN 978-2-7605-3925-9 (vol. 1)
ISBN 978-2-7605-3926-6 (vol. 2)
ISBN 978-2-7605-3927-3 (vol. 3)
ISBN 978-2-7605-3928-0 (vol. 4)
ISBN 978-2-7605-3929-7 (vol. 5)
ISBN 978-2-7605-3930-3 (vol. 6)

1. Sciences - Manuels scolaires. I. Samson, Ghislain, 1967- . II. Métioui, Abdeljalil, 1951- . Circuit électrique. III. Samson, Ghislain, 1967- . Astronomie. IV. Samson, Ghislain, 1967- . Photosynthèse. V. Métioui, Abdeljalil, 1951- . Magnétisme. VI. Samson, Ghislain, 1967- . Biomimétisme. VII. Métioui, Abdeljalil, 1951- . Électrostatique. VIII. Titre. IX. Titre : Le circuit électrique. X. Titre : L'astronomie. XI. Titre : La photosynthèse. XII. Titre : Le magnétisme. XIII. Titre : Le biomimétisme. XIV. Titre : L'électrostatique.

Q161.2.M472 2013 500 C2013-941827-X

Remerciements

L'idée de cet ouvrage est venue du professeur Abdeljalil Métioui à la suite d'échanges et de travaux avec monsieur Raymond Gervais au début des années 2000. Les expérimentations portant sur l'astronomie, la photosynthèse et le biomimétisme ont été réalisées par des étudiants de l'Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) sous la supervision du professeur Ghislain Samson. Nous les remercions pour leur participation. Les étudiants suivants ont collaboré plus spécifiquement à la préparation de certains ateliers : Pierre-Emmanuel Dufour, Thomas Fournier et Alexandre Gareau. Merci pour vos idées et pour le professionnalisme avec lequel vous vous êtes investis dans ce volet du projet.

Les enrichissements du présent livre numérique, quant à eux, ont été rendus possibles grâce à une subvention octroyée par le fonds FODAR de l'Université du Québec.

Enfin, un grand merci à nos institutions respectives, l'Université du Québec à Montréal (UQAM) et l'UQTR, pour leur soutien ainsi qu'aux Presses de l'Université du Québec (PUQ), plus particulièrement à monsieur Mathieu Plasse et à mesdames Bianca Drapeau, Nadine Elsliger, Céline Fournier et Audrey St-Amand pour leur soutien incontestable et leurs judicieux conseils.

Introduction

Depuis les années 1990, la majorité des pays, qu'ils soient développés ou en voie de développement, accordent un intérêt marqué pour l'enseignement des sciences et des technologies au primaire. À cet effet, il existe un grand nombre de manuels scolaires, de livres de littérature jeunesse, d'ouvrages didactiques et de sites Internet qui proposent une panoplie d'activités d'expérimentation et de manipulation aux enseignants et à leurs élèves. Malgré tout, l'enseignement des sciences et des technologies demeure difficile, la majorité des enseignants éprouvant des difficultés à le dispenser, principalement en raison du manque de formation (OCDE)¹.

Pour pallier ce manque de formation, le site [La main à la pâte](#), initié par le prix Nobel de physique Georges Charpak, propose aux enseignants et à leurs élèves des expériences à réaliser ainsi qu'une documentation scientifique, didactique et pédagogique importante.

C'est une référence dans le domaine et plusieurs pays, dont l'Italie, s'en inspirent pour développer des programmes de formation pour leurs enseignants :

La main à la pâte est un vaste projet expérimental lancé en France en 1996 dans le but de révolutionner l'enseignement des sciences à l'école primaire. Il a exercé une profonde influence sur les programmes nationaux d'enseignement au primaire que le ministère français de l'Éducation a proposés en 2002 et, plus récemment, en 2008. Cette espèce d'« aventure pédagogique » donne une place centrale à l'élève et propose des expériences directes et une mise en relation stricte entre les sciences et le langage, tout en accordant une attention particulière au développement chez l'élève de l'imagination, de la créativité, du raisonnement logique et d'une attitude impeccable. Ces principes fondamentaux sont également la source d'inspiration du projet italien ISS – Insegnare Scienze Sperimentali (Enseigner les sciences expérimentales)².

1 OCDE (2005). *Declining Student Enrolment in Science and Technology: Is it real? What are the causes? What can be Done?*, Amsterdam, Amsterdam Koepelkerk Convention Centre.

2 Carpignano, R. et G. Cerrato (2012). « Science teaching in the primary school: A comparison between "good practices" carried out in Italy and in France », communication dans le cadre de la 11th European Conference on Research In Chemical Education (ECRICE), 15 au 20 juillet, Abstract Book: T1.S2.OC1, p. 33; traduction libre.

Dans le même ordre d'idées, une équipe de chercheurs finlandais développe actuellement des expériences en physique et en chimie pour les enseignants du primaire afin de les aider à acquérir les rudiments de la démarche expérimentale. Dans le passage suivant, les auteurs en soulignent la pertinence :

L'un des objectifs de la Finlande dans le cadre de l'enseignement des sciences est de susciter l'intérêt et l'enthousiasme pour les sciences naturelles en faisant participer les élèves à des expériences et à des recherches scientifiques. Néanmoins, il semble que l'enseignement des sciences au primaire, en particulier la chimie et la physique en cinquième et sixième année, pourrait inclure plus d'expérimentations et de recherches scientifiques que ce qui est réalisé actuellement dans les écoles. Selon les commentaires émis par les enseignants, leur implication et leur application des travaux expérimentaux en classe est limité. Cela peut s'expliquer par leur peu d'expérience et leur méconnaissance d'expérimentations simples et faciles en chimie et en physique, découlant du fait qu'une minorité seulement d'enseignants se spécialisent dans l'enseignement des sciences au cours de leur formation. Former et motiver les enseignants en exercice est l'un des objectifs du Centre de ressource en science et en mathématiques de la Finlande (LUMA-KS), qui en tant que membre du réseau national finlandais, a pour but de motiver les élèves et les enseignants de tous les niveaux du système éducatif et de renforcer leur intérêt et leur connaissance des sciences naturelles, des mathématiques et de la technologie³.

Le présent ouvrage s'inscrit dans la lignée de ces recherches qui proposent des activités d'expérimentation aux enseignants en formation et en exercice. Grâce à des subventions du service de la recherche (équipement scientifique) et du service des ressources humaines (programme d'intégration des chargés de cours) de l'Université du Québec à Montréal, l'un des auteurs du présent ouvrage, le professeur Abdeljalil Métioui, a développé des laboratoires à l'intention des étudiants du programme de baccalauréat en éducation préscolaire et en enseignement primaire qui les ont expérimentés pendant quatre ans.

Les étudiants ont manifesté un grand intérêt, voire un enthousiasme certain envers les ateliers et leurs commentaires ont permis de nombreux ajustements et améliorations.

Dans la même veine, d'autres ateliers ont été développés en collaboration avec le professeur Ghislain Samson de l'Université du Québec à Trois-Rivières et ses étudiants, avec l'aide du fond FODAR de l'Université du Québec. Ces ateliers, ainsi que ceux réalisés précédemment, vous sont présentés dans cet ouvrage.

3 Häkkinen, P. et J. Lundell (2012). « Motivating classroom teachers into hands on science experiments in primary school science education », communication dans le cadre de la 11th European Conference on Research In Chemical Education (ECRICE), 15 au 20 juillet, Abstract Book: PS2. PO136, p. 496; traduction libre.

Notre approche

En quoi diffèrent les activités d'expérimentation proposées dans cet ouvrage de celles que l'on retrouve, entre autres, dans le site [La main à la pâte](#) ? D'abord et avant tout, il ne s'agit pas ici d'une banque d'expériences mais plutôt d'ateliers de laboratoire destinés aux enseignants en formation ou en exercice visant, à l'aide d'une approche adaptée, à développer leurs compétences reliées à la démarche expérimentale. Les ateliers (en physique, chimie, biologie ou technologie) ont pour but de les inciter à réaliser des expériences leur permettant de répondre à des questions données dans une formule du type « apprendre en faisant et en mettant la main à la pâte » pour qu'à leur tour ils puissent faire de même avec leurs élèves.

Chaque atelier débutera par un questionnaire permettant à l'étudiant de préciser ses conceptions initiales sur un certain nombre de questions étudiées dans les activités d'expérimentations. L'étudiant sera amené à vérifier la véracité de certaines de ses conceptions à la suite des expérimentations effectuées et des notions scientifiques présentées.

Ce questionnaire permettra également de mettre en relief l'apport des expérimentations, qui sont présentées dans cet ouvrage, à l'apprentissage des étudiants. Ainsi, ces derniers n'auront pas l'impression d'exécuter une recette ou de faire de la « magie ».

Qui plus est, nous recommandons fortement, dans le cas des étudiants en formation, que les expérimentations soient réalisées en équipe de deux, afin, d'une part, de diminuer le stress que certains peuvent ressentir par rapport aux sciences et, d'autre part, de se rapprocher le plus possible du travail de collaboration observé dans le milieu scientifique.

Soulignons que cet ouvrage propose une structure différente de la plupart des autres ouvrages consacrés à l'apprentissage des sciences et des technologies. Alors que la majorité des manuels didactiques présentent des expérimentations se réduisant à vérifier un cadre donné (ce qui constitue souvent une source de découragement, voire de falsification des données de l'expérimentation), notre ouvrage propose tout d'abord des expérimentations qui sont par la suite appuyées par des notions scientifiques.

Voici la démarche en **8 étapes** proposée dans cet ouvrage.

1**ÉVALUATION DES CONCEPTIONS INITIALES**

Permet de faire un état des connaissances antérieures sur le sujet à l'étude.

2**EXPÉRIMENTATION**

Des consignes pour chacune des manipulations à effectuer sont clairement indiquées afin que l'expérimentation se déroule dans les meilleures conditions possibles et ce, sans ambiguïté. Les précautions à prendre pour éviter des accidents, le cas échéant, ainsi que les conditions qui pourraient entraver la réalisation de l'expérience sont également présentées.

3**SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS**

Après chaque expérimentation, nous présentons une synthèse des observations qui auraient dû être effectuées. L'étudiant pourra alors refaire l'expérience dans les cas où ses observations ne seraient pas appropriées. On peut également omettre une expérimentation et consulter uniquement la synthèse.

4**NOTIONS SCIENTIFIQUES**

Les notions scientifiques reliées directement à chaque expérimentation sont présentées ici au lieu d'être présentées à la toute fin des expérimentations.

5**RETOUR SUR L'ÉVALUATION DES CONCEPTIONS INITIALES**

Permet de réévaluer les savoirs à la suite des expérimentations.

6**ÉVALUATION DES SAVOIRS**

Cette étape permet d'évaluer les savoirs formels et pratiques que l'étudiant devrait acquérir à la suite des activités réalisées.

7**RETOUR SUR L'ÉVALUATION DES SAVOIRS**

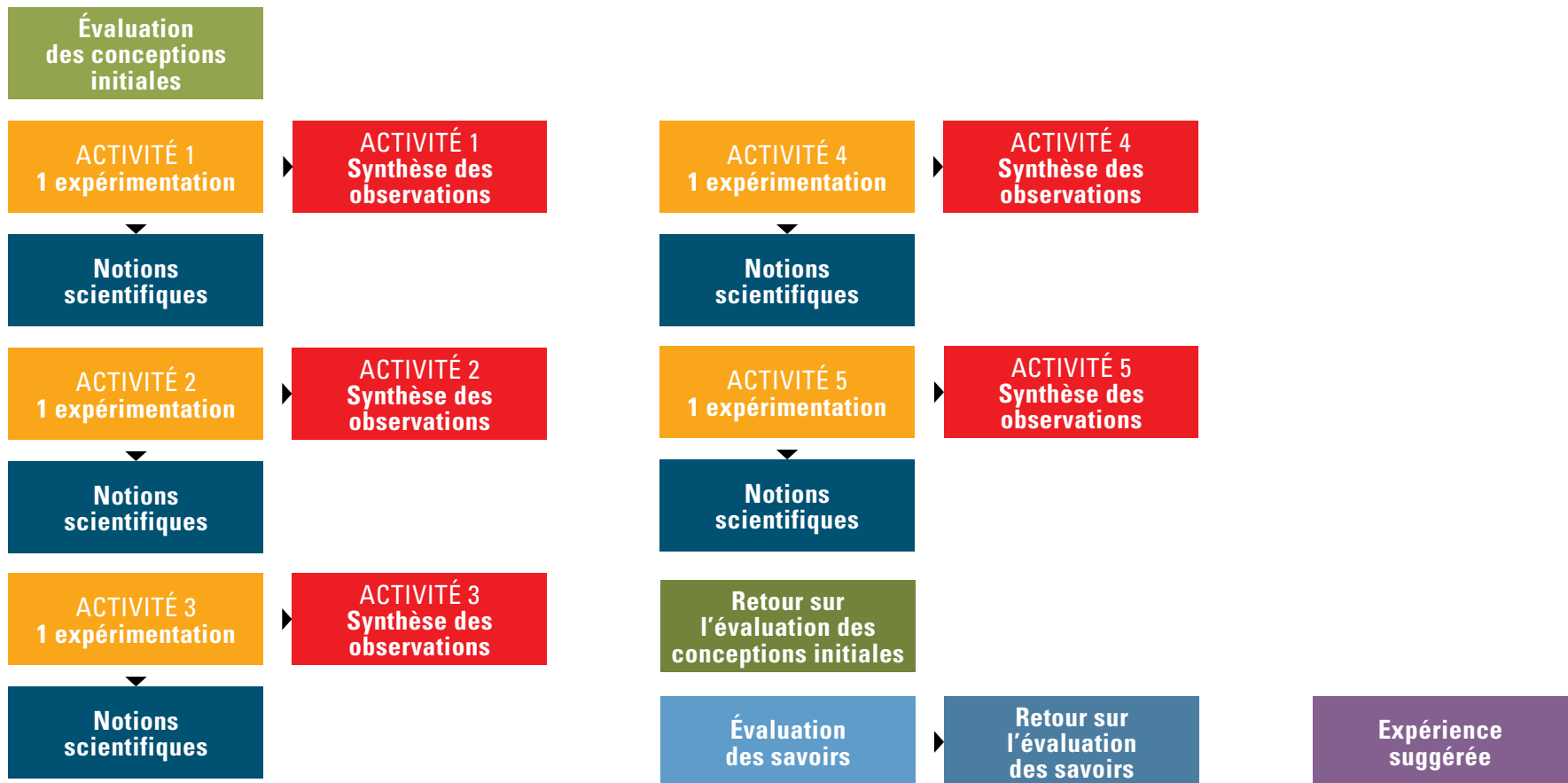
Les réponses aux questions d'évaluation des savoirs et compétences sont présentées.

8**EXPÉRIENCES SUGGÉRÉES**

Cette étape a pour objet de présenter un complément d'expériences à réaliser, certaines par des élèves de niveau primaire ou secondaire.

Module 3

La photosynthèse



La photosynthèse

Il est permis d'affirmer qu'en gros, la photosynthèse est le processus par lequel les végétaux, au sens large – les plantes, les bactéries et les algues –, convertissent l'eau et du dioxyde de carbone en énergie et en oxygène. Le fonctionnement de la photosynthèse peut être un sujet scientifique complexe à comprendre pour les enfants de l'école primaire. Toutefois, à l'aide d'activités visuellement convaincantes, vous pouvez aider vos élèves à mieux comprendre ce processus, processus essentiel pour le maintien de la vie sur Terre.

Les arbres, les plantes et certaines algues comprennent dans leurs feuilles un composé leur permettant de créer de l'énergie grâce au Soleil et, ainsi, de respirer. Ce composé est la chlorophylle, un pigment vert naturel produit par les feuilles. Ces dernières comprennent également un autre pigment : le carotène. Il est en réalité de couleur rouge ou brun, mais sa teinte originelle est masquée par celle de la chlorophylle. C'est d'ailleurs à la suite de la destruction de la chlorophylle, en automne, que certaines feuilles paraissent rouges !

Sans la chlorophylle, la plante ne pourrait pas grandir ni produire de fruits. En fait, elle ne pourrait pas vivre. Cette chlorophylle est contenue dans de petites cellules appelées « chloroplastes », véritables usines miniatures.

Au cours de la photosynthèse, les feuilles captent la lumière du Soleil et le dioxyde de carbone (CO_2) de l'air, et absorbent de l'eau par leurs racines. Elles se servent de l'énergie du Soleil pour changer l'eau et le dioxyde de carbone en glucose, tout en rejetant de l'oxygène (O_2). Le glucose quitte ensuite la feuille et est transporté dans tout le végétal pour le nourrir.

Des recherches réalisées partout dans le monde révèlent que les conceptions des enseignants et des élèves du primaire à l'égard de la photosynthèse sont généralement erronées par rapport aux idées scientifiques acceptées. Paradoxalement, l'étude de la photosynthèse figure dans la majorité des programmes des écoles, aussi bien dans les pays industrialisés que dans ceux qui sont en voie de développement. Pour aider les enseignants et leurs élèves à acquérir les concepts entourant le phénomène de la photosynthèse, indispensables à la compréhension de la vie des végétaux, plusieurs chercheurs proposent des activités

d'expérimentation interactives, à savoir des activités qui vont au-delà d'une exécution machinale d'un ensemble de tâches.

Le présent module s'inscrit dans cette lignée et suggère aux enseignants en formation et en exercice des expérimentations simples sur le phénomène de la photosynthèse, ainsi que d'autres types d'expérimentations à réaliser avec des élèves. Ces expérimentations rendent compte implicitement ou explicitement des résultats de recherches sur les conceptions d'élèves et d'enseignants répertoriés dans la revue de la littérature internationale, ainsi que des conceptions qu'ont les auteurs du présent module.

Ainsi, les expérimentations retenues ont pour objectif général d'inciter les enseignants en exercice et en formation à observer, à comprendre, à expliquer, à concevoir et à prédire le phénomène de la photosynthèse. Après une étude de l'action de la lumière sur les feuilles d'une plante, les autres activités permettront d'analyser et de comprendre l'influence de l'obscurité sur le processus de photosynthèse, la croissance et la respiration d'une plante, et, enfin, en lien avec la technologie, une serre sera conçue.

En accomplissant ces expérimentations qui nécessitent de mettre la main à la pâte, nous pensons que les enseignants seront capables de bâtir leurs propres séquences d'enseignement, et ce, en tenant compte du niveau de connaissances de leurs

élèves. Les expérimentations proposées ainsi que les notions scientifiques qui s'y rattachent les aideront à trouver plusieurs éléments de réponse à des questions reliées au phénomène de photosynthèse, qui fait partie de l'environnement immédiat de leurs élèves. Voici quelques questions qui seront soulevées lors des expérimentations proposées : est-ce que la lumière du Soleil ou d'une ampoule a un effet important sur la croissance des végétaux ? Pensez-vous qu'il pourrait être possible de mettre fin à la vie d'une plante en la plaçant dans un milieu obscur ? Selon vous, est-ce qu'il y a un lien entre une serre et le phénomène que l'on appelle « effet de serre » ? À travers ces questionnements, vous pourrez donc consolider vos connaissances en matière de photosynthèse.



Objectifs

- Acquérir des habiletés en sciences et en technologies par l'étude de la photosynthèse.
- Développer sa curiosité pour les phénomènes photosynthétiques présents dans notre environnement.
- Apprendre à communiquer par écrit de façon appropriée.
- Découvrir les principales propriétés des plantes.
- Analyser qualitativement des résultats expérimentaux.
- Faire des liens entre la photosynthèse et l'environnement.
- Apprendre à concevoir une serre.



Matériel

- Feuilles de poireau
- Pince à épiler
- Microscope 100x
- Ruban adhésif noir
- Ciseaux
- Deux plantes
- Boîte à chaussures ou placard
- Lampe (facultatif)
- Des graines (tournesol, haricots, etc.)
- Coton (ouate)
- Cache
- Eau du robinet
- Eau déminéralisée
- Terre
- Pots
- Bougie
- Eau de chaux
- Vase en verre
- Assiette d'aluminium
- Matériaux de fabrication (plastique, bâton, contenant, etc.)



Où trouver le matériel ?

Tout le matériel indiqué peut se trouver dans les magasins du type grande surface ou ceux à bon marché.





Évaluation des conceptions initiales

Dans la vie, tous les êtres humains doivent se nourrir afin de grandir et d'être en santé. Pour cela, il suffit de se rendre au marché pour se procurer de la nourriture. Qu'en est-il des végétaux ? Sont-ils vivants eux aussi ? Se nourrissent-ils ? Et comment ?

Autrefois dans l'Antiquité, un scientifique nommé Aristote – philosophe grec et disciple de Platon – (384-322 av. J.-C.) croyait que grâce à la terre, les plantes et les arbres pouvaient se nourrir et ainsi grandir. Avait-il raison ? Plusieurs années plus tard, d'autres scientifiques ont pensé que la lumière et l'eau pouvaient avoir un lien avec la croissance des végétaux. Ce n'est qu'au début du XIX^e siècle que l'on a pu comprendre davantage le mécanisme de vie des végétaux. Bien que cela paraisse étrange, les plantes et les bactéries¹ ont quelques liens en commun !

1 Les bactéries sont des organismes vivants unicellulaires présents dans tous les milieux.

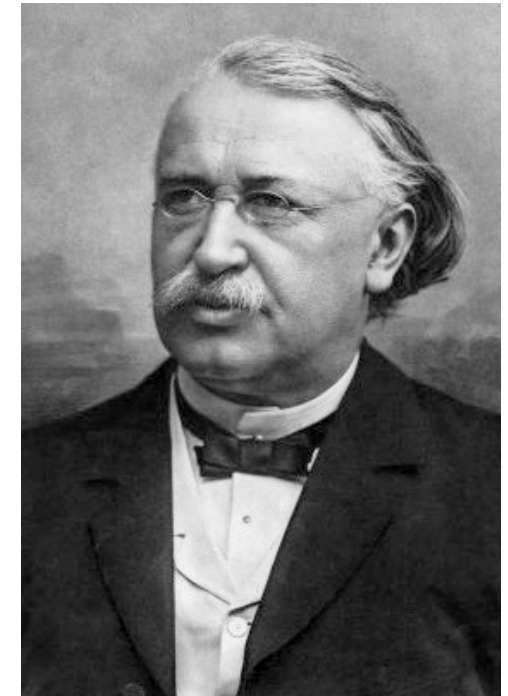
FIGURE 3.1
PORTRAIT D'ARISTOTE. COPIE ROMAINE DE
PÉRIODE IMPÉRIALE (1^{er} OU II^e SIÈCLE AP. J.-C.)
D'UN BRONZE PERDU RÉALISÉ PAR LYSIPPE



Photographie d'Eric Gaba

Grâce à de simples bactéries, le physiologiste allemand Engelmann (1881) a découvert chez les bactéries pourpres que la lumière rouge (complémentaire de la teinte verte des plantes) est la plus efficace dans la photosynthèse. Il a ainsi pu prouver que la lumière jouait un rôle important dans la multiplication de celles-ci.

FIGURE 3.2
WILHELM THEODOR ENGELMANN.
PHOTOGRAPHIE PUBLIÉE À MUNICH EN 1909



J.F. Lehmann

Pour en savoir plus, consultez
[L'expérience d'Engelmann.](#)



1. Avez-vous une hypothèse quant à la façon dont les plantes et les arbres se nourrissent dans la nature ? Laquelle ?
2. Pouvez-vous expliquer dans vos mots ce que représente la photosynthèse ?
3. Pensez-vous qu'il est possible de reproduire le phénomène de photosynthèse en classe ? Comment ?
4. Après avoir lu le bref historique de la photosynthèse à la page précédente, quels sont selon vous, les éléments nécessaires à la croissance d'un végétal ?
5. En vous appuyant sur les racines *photo* et *synthèse*, pouvez-vous dire ce que signifie le mot *photosynthèse* ?



Activité 1

Action de la lumière sur les feuilles d'une plante

Expérimentation 1

Effet de la lumière sur les végétaux

Matériel

- Feuille de poireau
- Microscope
- Ruban adhésif noir
- Ciseaux

6. Question d'anticipation : Selon vous, est-ce que la lumière du Soleil ou d'une ampoule a un effet important sur la croissance des végétaux ? Si oui, expliquez votre hypothèse.



FIGURE 3.3
MATÉRIEL
REQUIS



Récupérez la partie verte d'un poireau. Selon la grosseur des feuilles de poireau, collez un petit morceau de papier noir sur trois feuilles de façon à cacher seulement une petite partie de la feuille. Cela nécessite que vous découpiez préalablement quelques bouts de ruban adhésif noir. Assurez-vous de pouvoir être en mesure de retirer le papier noir plusieurs fois. Attention de ne pas trop utiliser de ruban adhésif ! Déposez ensuite les feuilles sur le rebord d'une fenêtre.



FIGURE 3.4
DES FEUILLES
DE POIREAU
RECOUVERTES
D'UN RUBAN NOIR

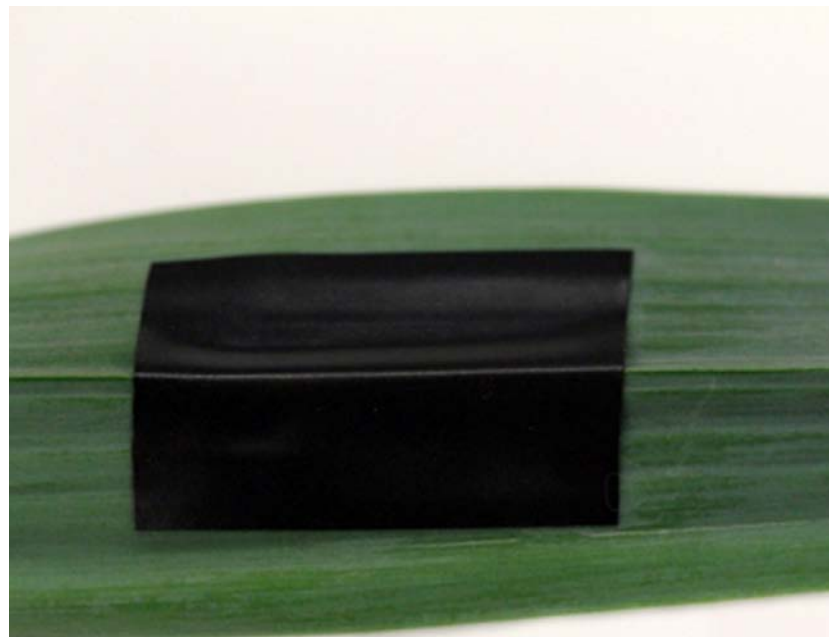


FIGURE 3.5
GROS PLAN
SUR LA FEUILLE
DE POIREAU



7. Chaque jour, complétez ce tableau en notant vos observations ainsi que votre hypothèse quant à l'effet de la lumière sur les feuilles de la plante.

Nom de la plante										
Observations Temps	Couleur de la section cachée par le papier noir					État général de la feuille				
	Feuille 1	Feuille 2	Feuille 3	Feuille 4	Feuille 5	Feuille 1	Feuille 2	Feuille 3	Feuille 4	Feuille 5
Date :						B M	B M	B M	B M	B M
Date :						B M	B M	B M	B M	B M
Date :						B M	B M	B M	B M	B M
Date :						B M	B M	B M	B M	B M
Date :						B M	B M	B M	B M	B M
Hypothèse :										

B = BONNE SANTÉ
M = MAUVAISE SANTÉ

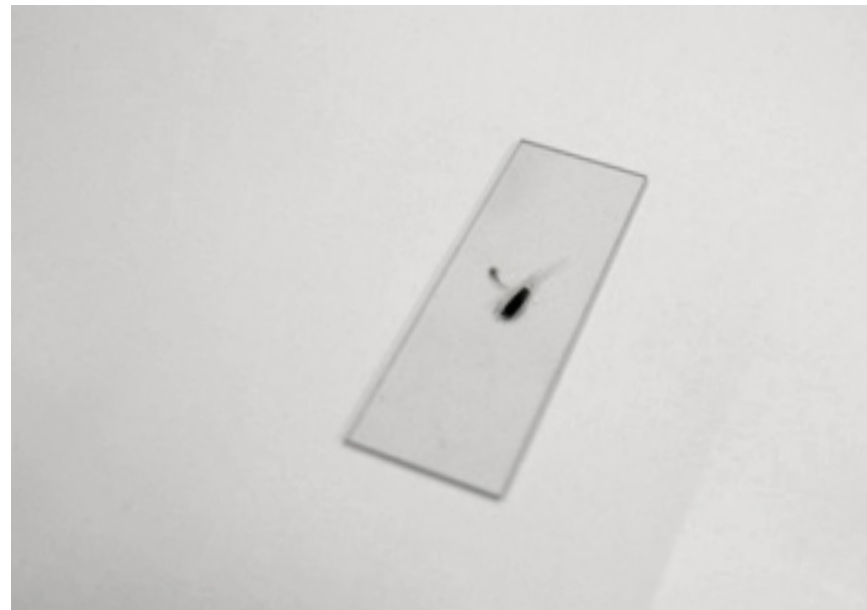


8. Après avoir noté vos observations, êtes-vous en mesure de dire si la lumière a un effet important sur la vitalité des plantes et leur état de santé? Quels sont les résultats qui influencent votre réponse?

9. Au bout de trois à quatre jours, prélevez, sous le ruban adhésif, une partie de feuille. Vous devriez pouvoir récupérer une partie assez fine avec une pince à épiler. Déposez-la sur une lamelle de microscope. Observez et comparez ce que vous voyez avec un morceau prélevé sur une partie non cachée par le ruban. Quelles observations pouvez-vous faire? Qu'en déduisez-vous?



Thomas Fournier

FIGURE 3.6
UNE MINCE
COUCHE DE
LA FEUILLE
DE POIREAU

Thomas Fournier

FIGURE 3.7
FEUILLE DE
POIREAU SUR
UNE LAME POUR
OBSERVATION



- 10.** Si nous avons effectué cette expérience sur une plante en terre pendant plusieurs mois, quel aurait été l'état général de la plante et qu'aurait-on observé?
- 11.** Selon vous, que se passerait-il si la plante était complètement dans le noir? Expliquez votre réponse.
- 12.** Jusqu'à maintenant, avez-vous une idée plus précise de la définition que nous pourrions donner au mot *photosynthèse*? Si oui, laquelle? Sinon, pourquoi?



Synthèse des observations

Expérimentation 1

Effet de la lumière sur les végétaux

Cette activité avait comme objectif de vous faire découvrir l'importance que la lumière joue dans le phénomène de la photosynthèse. Cette dernière est complexe et se divise en deux grandes phases dont une nécessite la lumière. Pour ce qui est de l'autre phase, soit la respiration, d'autres activités nous permettront de découvrir son importance à travers le processus de photosynthèse.

Les réponses aux questions de cette expérimentation peuvent être variables. La lumière naturelle (Soleil) et la lumière artificielle (ampoule, néon, etc.) ont un effet sur la croissance des végétaux en général.

R6. Réponses variables.

R7. Observations variables.

R8. Observations variables. La lumière est essentielle et a donc une incidence définitive sur la vitalité des plantes.

R9. La partie sous le ruban adhésif devrait être marron et l'on devrait apercevoir des cellules (les chloroplastes) d'une couleur brune contrairement à l'autre partie dont les cellules restent vertes. L'absence de lumière entraîne donc un brunissement des chloroplastes.



R10. Puisqu'une plante possède plusieurs feuilles, son état général n'aurait pas été très affecté en général. Toutefois, si nous avions couvert toutes les feuilles, probablement que la plante serait morte. Il faut dire également que certaines plantes ou certains végétaux sont plus sensibles à des variations de lumière que d'autres.

R11. Éventuellement, ce serait la mort.

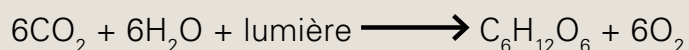
R12. Réponses variables (se référer aux notions scientifiques des pages suivantes).



Notions scientifiques

Photosynthèse

Grâce à ce processus, les plantes sont en mesure de synthétiser de la matière organique (le carbone est l'une des macromolécules importantes) et d'assurer ainsi leur viabilité. Pour ce faire, des nutriments (que nous découvrirons dans les autres activités) et de la lumière sont nécessaires. La photosynthèse est séparée en deux phases : la phase « claire » et la phase « sombre ». Dans la première phase, la plante assimile la lumière reçue grâce à une source lumineuse.



Dans la deuxième phase, la respiration (un échange gazeux entre la plante et son environnement) joue un rôle crucial dans la synthèse de la matière organique nécessaire pour la plante.

Feuille

Cette partie fondamentale de la plante joue un rôle dans la respiration et la transpiration (évaporation de l'eau par la feuille). Exposé à la lumière, ce lieu très actif permet à la plante de réaliser continuellement des échanges avec son environnement. Enfin, elle peut même se spécialiser et stocker ainsi de l'eau et des nutriments.

La vidéo [La Photosynthèse](#) vous permettra d'avoir plus d'information concrète sur la photosynthèse.



Thomas Fournier

FIGURE 3.8
FEUILLES D'ARBRE
EMMAGASINANT EAU
ET NUTRIMENTS



Lumière

Étonnamment, au fil du temps, la définition exacte de la lumière a été un sujet de controverse. En effet, certains scientifiques croient que la lumière serait une onde² (Huygens, Maxwell) alors que d'autres croient que celle-ci serait corpusculaire³ (Newton, Einstein). Cela étant dit, bien que nous ne puissions nous situer par rapport à une définition univoque de celle-ci, nous savons tout de même que la lumière occupe une place importante dans la photosynthèse.

Christian Huygens

Mathématicien, astronome et physicien néerlandais. Il présentera en 1678 (publié en 1690 dans son *Traité de la Lumière*) la théorie ondulatoire qui propose que la lumière soit composée d'ondes se propageant en ligne droite.

Sir Isaac Newton

Philosophe, mathématicien, physicien, alchimiste, astronome et théologien anglais. Newton expliquait que la lumière était constituée de petites particules. Ce qui lui a permis d'explicitier les phénomènes de réflexion optique.

2 Lumière qui voyage à l'aide d'un support (de l'éther : substance dont l'existence n'a pas été prouvée).

3 Lumière composée de plusieurs petits paquets d'énergie.

FIGURE 3.9
JAMES CLERK MAXWELL
SUR LA PAGE COUVERTURE
DE L'OUVRAGE *THE SCIENTIFIC
PAPERS OF JAMES CLERK MAXWELL*,
PAR JAMES MAXWELL, NEW YORK,
W.D. NIVEN, 1890



G. J. Stodart

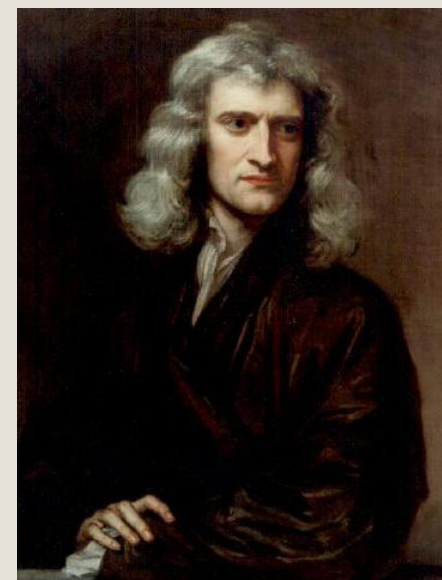
James Clerk Maxwell

Né en 1831 à Édimbourg et décédé en Écosse le 5 novembre 1879, il fut notamment reconnu pour ses travaux en thermodynamique ainsi qu'en électromagnétisme. À ce mathématicien et physicien de profession, on doit entre autres la première photographie en vraie couleur.

FIGURE 3.10
CHRISTIAN HUYGENS.
GRAVURE (XVII^e SIÈCLE)
DE GÉRARD EDELINCK



Ph. DR Coll. Archives Larbor



Godfrey Kneller

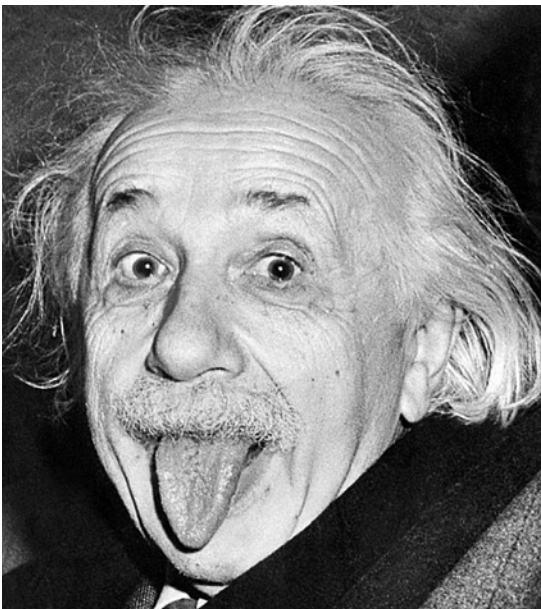
FIGURE 3.11
PORTRAIT DE SIR ISAAC
NEWTON (1689)

Albert Einstein

Physicien théoricien qui fut successivement allemand, puis apatride (1896), suisse (1901), et enfin sous la double nationalité helvético-américaine (1940).

En 1905, Einstein, explique que la lumière n'est pas simplement émise et absorbée de manière discontinue sous forme de portions indivisibles, mais qu'elle est également constituée ainsi, c'est-à-dire de photons. Il prouva ainsi la combinaison paradoxale des propriétés ondulatoires et corpusculaires de la lumière.

Il expliqua que la lumière est le résultat de la propagation d'ondes électromagnétiques avec les équations de Maxwell.



Arthur Sasse

FIGURE 3.12
ALBERT EINSTEIN, EN 1951,
LORS DE SON 72^e ANNIVERSAIRE

Chlorophylle

Grâce à la chlorophylle, pigment vert situé dans les chloroplastes de la feuille, cette dernière est en mesure d'absorber la lumière et ainsi d'entamer la phase 1 de la photosynthèse. Selon le chercheur Gabriel Cousens, « la [chlorophylle](#) a la même structure moléculaire que le sang humain à l'exception du magnésium qui est remplacé par du fer dans l'hémoglobine ».

Pour en connaître davantage sur le phénomène de la photosynthèse à partir d'une feuille de menthe, consultez le site universcience.tv.



Activité 2

Obscurité ou lumière ?

Expérimentation 2

De la lumière s.v.p. !

Matériel

- Deux plantes
- Boîte à chaussures ou placard
- Lampe (facultatif)

- 13.** Question d'anticipation : Grâce à l'activité 1, on constate que la lumière joue un rôle essentiel dans le phénomène de la photosynthèse. Pensez-vous qu'il pourrait être possible de mettre fin à la vie d'une plante en la plaçant dans un milieu obscur ? En vous référant à l'activité 1, expliquez votre réponse.



FIGURE 3.13
MATÉRIEL
REQUIS



FIGURE 3.14
(À GAUCHE)
UNE PLANTE
VERTE EN
BONNE SANTÉ

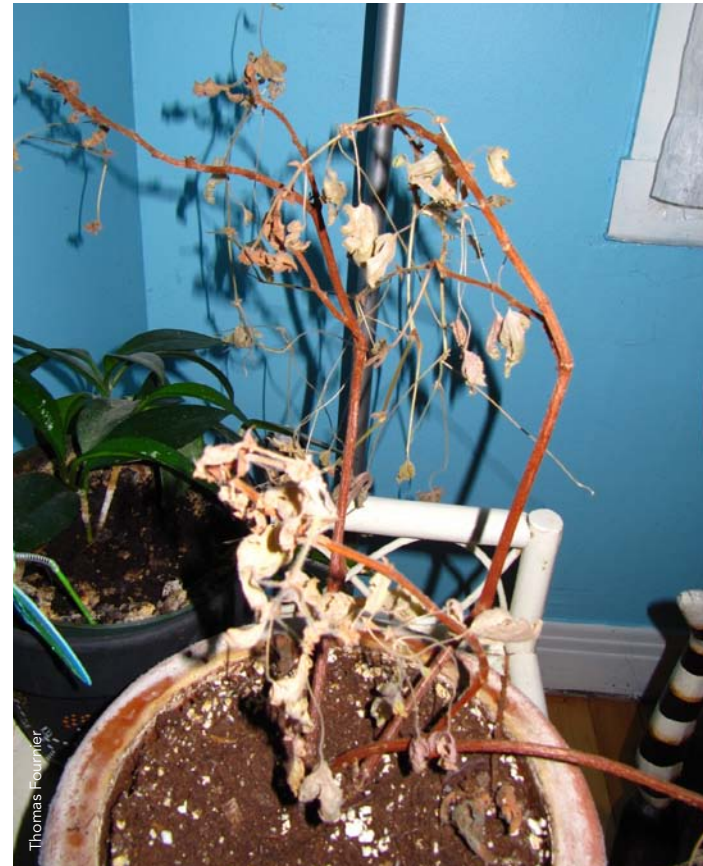


FIGURE 3.15
(CI-CONTRE)
UNE PLANTE
MANQUANT
DE LUMIÈRE

Il faut décider à l'avance des endroits où seront placées les plantes de façon à observer la réaction de celles-ci selon la condition dans laquelle elle se trouve (obscurité ou pleine lumière).



14. Complétez ce tableau en notant vos observations.

Nom de la plante					
Observations Temps	État général de la plante et sa couleur dans l'obscurité		État général de la plante et sa couleur dans la lumière		Comparaison entre les deux plantes (similarités, différences, etc.)
	Plante 1	Plante 2	Plante 1	Plante 2	
	B M	B M	B M	B M	
	B M	B M	B M	B M	
	B M	B M	B M	B M	
	B M	B M	B M	B M	
	B M	B M	B M	B M	

B = BONNE SANTÉ
M = MAUVAISE SANTÉ

15. Selon vous, est-ce qu'il y a des plantes dont la survie nécessite moins de lumière? Si oui en connaissez-vous?



Synthèse des observations

Expérimentation 2

De la lumière s.v.p. !

Cette activité avait comme objectif de comprendre l'effet de la noirceur totale sur une plante. Comme vous l'avez constaté, cette condition a modifié l'état général de la plante qui était isolée. En effet, puisque la plante n'était pas exposée à la lumière, la phase 1 de la photosynthèse n'a pu se concrétiser. Cela a nécessairement affecté la phase 2, soit celle qui permet à la plante de synthétiser de la matière organique.

R13. Réponses variables.

R14. Observations variables.

R15. Réponses variables. Dépendamment du type de plantes, oui. Toutefois, certaines espèces de plantes vivent dans des milieux très sombres. L'épifagus nécessite moins de lumière que d'autres plantes. Son énergie est tirée du parasitisme d'un arbre et donc la chlorophylle est moins importante, voire absente.



Flower Gallery

FIGURE 3.16
ÉPIFAGUS, PLANTE
QUI PARASITE LE HÊTRE
À GRANDES FEUILLES



Notions scientifiques

Obscurité

Cette condition peu enviable pour la plupart des plantes peut définitivement provoquer un arrêt dans le processus de la photosynthèse, particulièrement par rapport à la phase 1. Sans lumière, la chlorophylle ne peut réaliser son rôle au sein de la feuille et donc de la plante.

En général, les plantes vont chercher à s'exposer le plus possible à la lumière (pour mieux comprendre le processus d'orientation des feuilles et de la plante vers les sources lumineuses, voyez l'expérience suggérée à la fin du module). Toutefois, certaines plantes préfèrent les milieux ombragés.

Photopériode

Il s'agit d'une succession régulière de l'alternance d'une période de lumière (jour) et d'une période d'obscurité (nuit) définies, c'est donc la durée quotidienne du jour, considérée du point de vue de ses effets biologiques. Lors des changements de saison, la photopériode se modifie, ce qui affecte le phénomène de photosynthèse.

Transpiration

Tout comme les humains, les plantes transpirent en évacuant de l'eau afin de se « rafraîchir ». Cependant, la transpiration est aussi un processus au cours duquel les minéraux (magnésium, calcium, potassium) sont acheminés vers la feuille ce qui lui permet d'amorcer le phénomène bioénergétique, la photosynthèse.



Respiration

Les plantes respirent. Elles absorbent l'oxygène et rejettent le gaz carbonique, tel qu'illustré dans la réaction (équation) ci-bas.

L'activité 4 nous permettra de cibler ces gaz et de comprendre leurs effets sur la « vitalité » des plantes.

Pour en savoir plus, consultez « [Photosynthèse et chloroplaste : présentation générale](#) » de l'Université d'Angers.





Activité 3

Comment ça pousse ?

Expérimentation 3

Ça pousse ou pas ?

Matériel

- Graines (de tournesol)
- Ruban adhésif noir
- Eau du robinet
- Eau déminéralisée
- Terre
- Coton (ouate)
- Contenants divers ou éprouvettes



- 16.** Question d'anticipation : Aviez-vous déjà réfléchi sur les racines latines des mots connus et même ceux que vous connaissez plus ou moins ? Par exemple, vous connaissez certainement le mot *tournesol* ! Pouvez-vous expliquer pourquoi cette plante se nomme ainsi ?

FIGURE 3.17
MATÉRIEL
REQUIS



À cette étape, vous soumettrez des graines à différentes conditions, et ce, sur plusieurs jours, afin de découvrir laquelle est la meilleure pour faire croître de façon optimale un végétal. Pour ce faire, vous devrez utiliser plusieurs graines pour lesquelles vous devrez modifier l'environnement.

- 17.** À l'aide des objets requis pour chacune des situations présentées ci-dessous, réalisez un montage qui respectera la liste de matériel suggéré pour chacune d'elles.
- a.** Situation 1 : graine + terre + cache (absence de lumière) + eau du robinet
 - b.** Situation 2 : graine + coton + eau du robinet + lumière
 - c.** Situation 3 : graine + coton + lumière + eau déminéralisée
 - d.** Situation 4 : graine + terre + lumière + eau déminéralisée
 - e.** Situation 5 : graine + terre + lumière + eau du robinet

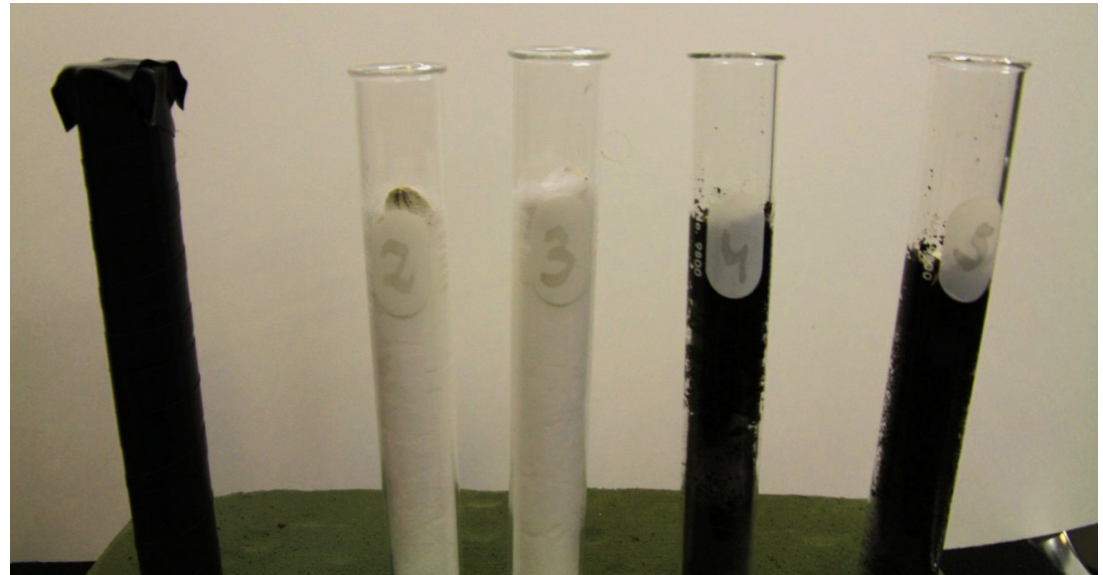


FIGURE 3.18
GRAINES DE TOURNESOL
DANS LES ÉPROUVETTES
DE 1 À 5



Thomas Fournier

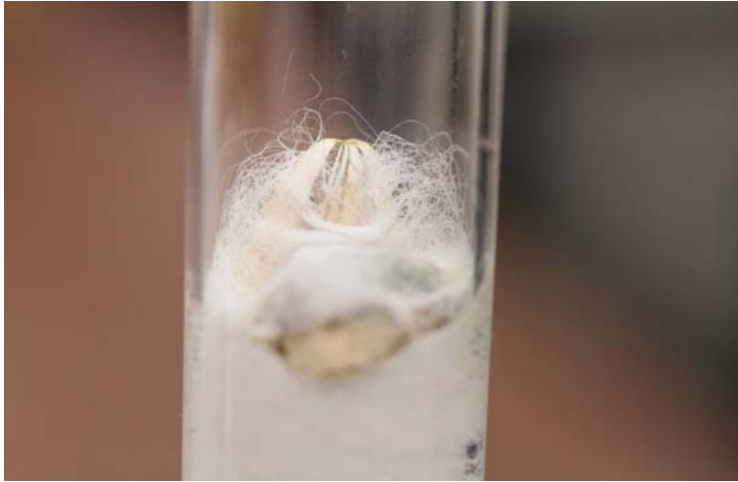


FIGURE 3.19
GRAINE
DE TOURNESOL
DANS LA OUATE

Thomas Fournier



FIGURE 3.20
GRAINES
DE TOURNESOL
EN TERRE



Alexandre Gareau

FIGURE 3.21
GRAINES DE TOURNESOL
DANS LES ÉPROUVETTES
1 À 5 APRÈS 7 JOURS



Alexandre Gareau

FIGURE 3.22
GROS PLAN
SUR LES GRAINES
DE TOURNESOL
DANS LES ÉPROUVETTES
2 À 5 APRÈS 7 JOURS



18. À partir des montages que vous avez réalisés, notez vos observations dans le tableau suivant et suggérez une hypothèse quant aux conditions optimales nécessaires à la croissance d'une plante.

Observations	Croissance					Apparence physique					Constat
	Date										
Situation 1	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	
Situation 2	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	
Situation 3	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	
Situation 4	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	
Situation 5	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	B M	
Hypothèse											

B = BONNE SANTÉ
M = MAUVAISE SANTÉ



- 19.** L'absence de lumière a-t-elle eu un effet sur la croissance de la graine de la situation 1 ? Pourquoi ?
- 20.** Dans la situation 2, l'absence de terre a-t-elle empêché la graine de croître ? Pourquoi ?
- 21.** Quels sont les effets de l'eau déminéralisée sur la croissance de la graine dans les situations 3 et 4 ?
- 22.** Le fait d'utiliser de l'eau du robinet dans la situation 5 peut-il améliorer le sort de la graine ? Pourquoi ?
- 23.** À la lumière des résultats que vous avez recueillis, quels sont les éléments qui semblent contribuer à la croissance de la graine de tournesol ?



Synthèse des observations

Expérimentation 3

Ça pousse ou pas ?

Cette activité aura permis de comprendre que certaines conditions sont préférables à d'autres lorsque vient le temps de faire croître des plantes. L'activité 5 vous permettra de recréer un environnement propice à la croissance d'une plante.

R16. Réponses variables.

R17. Réponses variables. Il faut s'assurer de ne pas enfoncer la graine trop profondément. Ne pas oublier que certaines graines peuvent être mortes ce qui peut expliquer qu'elles ne pousseront pas.

R18. Réponses variables. Plusieurs devraient penser à l'influence du Soleil ou de la lumière artificielle produite par une ampoule, par exemple. On parlera alors de phototropisme. Le type d'eau (robinet, déminéralisée, etc.) semble avoir moins de conséquences.



R19. Définitivement. Le processus de photosynthèse ne peut s'enclencher.

R20. Réponses variables. En principe non. Il faut penser à la culture hydroponique qui ne nécessite pas de terre.

R21. Sans minéraux, la plante ne peut se nourrir (pas toutes les plantes néanmoins ; les plantes carnivores, par exemple, peuvent vivre avec de l'eau déminéralisée). Pour les humains, boire de l'eau déminéralisée s'avère inutile, voire dangereux.

R22. Oui, car elle contient des minéraux importants pour l'assimilation de l'eau. À noter que la composition de l'eau varie d'un village ou d'une ville à l'autre, ce qui pourrait avoir des effets différents.

R23. Une bonne terre (riche en matière organique) contenant plusieurs nutriments tels l'azote ou les minéraux, de l'eau minéralisée, de la lumière, un environnement stable, etc.

Pour en savoir plus, voyez [Risques sur la santé de la consommation d'eau déminéralisée.](#)



Notions scientifiques

Terre

Élément vital pour la plante, la terre permet non seulement de fixer celle-ci, mais aussi de la « nourrir ». Certaines plantes nécessitent une bonne quantité de terre. En effet, puisque la terre comporte des bactéries qui transforment l'azote fourni par l'air en élément nutritif pour la plante, il est important de voir quelles sont les conditions requises par la plante. Par exemple, il faudra parfois changer la terre de plantes en pots de façon à ce que celles-ci soient continuellement alimentées en nutriments. Voilà pourquoi les agriculteurs ont tendance à faire la rotation des cultures afin d'éviter d'appauvrir le sol, comme c'est le cas avec la culture du maïs. Les plantes qualifiées de « légumineuses » sont reconnues pour favoriser la nitrification⁴ du sol, c'est-à-dire qu'il y aura synthèse de nitrate dans le sol.

Pour en savoir plus, consultez le document [*Rotation des cultures dans les exploitations biologiques*](#) du Center for Environmental Farming Systems (CEFS).

4 La nitrification est le processus biologique par lequel les nitrates sont produits dans l'environnement. Celle-ci se fait en deux étapes distinctes, chacune sous l'action de microorganismes différents.



Conditions optimales

À la lumière de cette activité, vous avez pu cerner des conditions qui favorisent la croissance des plantes. Même si parfois certaines nécessitent moins de lumière, la plupart des plantes exigent de l'eau, des minéraux, de l'air, de la terre et de la lumière.

Eau déminéralisée

Contrairement à l'eau du robinet, cette eau est dépourvue de tous minéraux. En effet, grâce à un processus d'évaporation et de condensation, l'eau déminéralisée appelée aussi eau pure, ne possède en principe aucune impureté. Puisque nous savons que les plantes nécessitent des minéraux, l'utilisation d'eau déminéralisée peut nuire. Cependant, l'utilisation d'une terre riche en minéraux peut sauver la plante. Dans la nature, l'eau n'est pas déminéralisée.

Hydroponie

L'hydroponie ou culture hydroponique (ou agriculture hors-sol), du grec *ὑδωρ* (*hudōr*, « l'eau ») et *πονός* (*ponos*, « le travail » ou « l'effort »), est la culture de [plantes](#) réalisée sur substrat neutre et inerte (du type [sable](#), billes d'[argile](#), [laine de roche](#), etc.). Ce substrat est régulièrement irrigué d'un courant de solution qui apporte les sels minéraux et les nutriments essentiels à la plante.



Activité 4

Comment ça respire ?

- 24.** Question d'anticipation : Comme nous l'avons constaté précédemment, les végétaux tels les plantes vertes interagissent avec l'environnement, principalement par le biais de la photosynthèse. Bien que nous ayons recueilli plusieurs résultats qui ont un effet important sur la croissance des plantes, voyons voir maintenant ce qui se passe à l'échelle moléculaire ! En sachant que pour les humains l'oxygène est vital, croyez-vous qu'il en est de même pour les plantes et les arbres ?



FIGURE 3.23
MATÉRIEL
REQUIS



Matériel

- Une bougie
- Un vase en verre
- Une plante
- Un chronomètre

À l'aide d'une bougie, d'une plante et d'un verre, réalisez les expériences suivantes.



Expérimentation 4

Du feu sans O_2 ?

Partie 1

- 25.** Placez la bougie allumée sous le vase et observez ce qu'il se passe. Chronométrez !



FIGURE 3.24
BOUGIE DANS
LA CLOCHE
DE VERRE



Partie 2

Reprenez l'expérimentation en plaçant la plante avec la bougie. Assurez-vous que la plante n'entre pas en contact avec la bougie et que votre montage soit en pleine lumière. Chronométrez comme précédemment. Notez le temps dans le tableau ci-dessous.

	Partie 2	Partie 3
Temps d'extinction de la bougie		

IMPORTANT

IL EST RECOMMANDÉ DE FAIRE CETTE EXPÉRIENCE APRÈS AVOIR EXPOSÉ LA PLANTE À LA LUMIÈRE PENDANT UN CERTAIN TEMPS.

26. Qu'observez-vous ? Pouvez-vous donner une explication sur ce qui se passe ?



Thomas Fournier

FIGURE 3.25
PLANTE ET BOUGIE
DANS UNE CLOCHE
DE VERRE

27. Pouvez-vous faire un lien avec la photosynthèse et si oui, quel est-il ?



Partie 3

Reprenez la partie 2 en plaçant cette fois votre montage loin de toutes sources lumineuses. Chronométrez comme précédemment. Notez le temps dans le tableau présenté à la partie précédente.

IMPORTANT

IL EST RECOMMANDÉ DE FAIRE CETTE EXPÉRIENCE APRÈS AVOIR MIS LA PLANTE DANS LE NOIR PENDANT UN CERTAIN TEMPS.

28. Qu'observez-vous ? Que pouvez-vous conclure par rapport à la partie 2 ?

29. À partir de vos connaissances, posez une hypothèse qui permettrait de comprendre les variations de concentrations d'oxygène et de dioxyde de carbone dans une plante.



- 30.** Qu'arriverait-il selon vous, si nous enlevions tous les feuilles (folioles) d'une plante ? Pourrait-elle encore faire de la photosynthèse ? Décéderait-elle ?
- 31.** Voici une liste de termes qui jusqu'à maintenant ont été abordés dans les activités précédentes : CO_2 , O_2 , lumière, H_2O . Placez-les en ordre selon le mécanisme de la photosynthèse. Les termes peuvent revenir plus d'une fois.

IMPORTANT

IL FAUT SAVOIR QUE LA PRODUCTION DE SUCRE (MATIÈRE ORGANIQUE) OCCUPE UNE PLACE IMPORTANTE DANS LA PHASE 2 DE LA PHOTOSYNTÈSE. DE CE FAIT, NOUS LE SITUERONS COMPLÈTEMENT À LA FIN DE L'ÉQUATION.

5 Priestley, J. (1776). *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*, Londres.

Pour en savoir plus

Cette expérience est dérivée d'une expérience faite par Joseph Priestley, théologien, pasteur dissident, philosophe naturel, pédagogue et théoricien de la politique britannique. Dans son expérience, Priestley introduisit des brins de menthe sous une cloche hermétique où il mit une bougie allumée. Cette bougie, au bout d'un certain temps, s'éteignait. Ce qui semblait confirmer le fait que la combustion a besoin d'oxygène. Mais, vingt-sept jours plus tard, à sa grande surprise, il fut capable de rallumer la bougie à l'intérieur de la cloche en concentrant sur la mèche, les rayons du Soleil avec une loupe. Il observa également qu'une souris introduite sous la cloche ne mourait pas si une plante était présente. Il écrit alors : « J'ai découvert accidentellement une méthode pour restaurer l'air qui a été blessé par la combustion des bougies, et j'ai découvert au moins un des moyens de restauration utilisés dans ce but par la nature. C'est la végétation⁵ ». Sans bien s'en rendre compte, Priestley avait découvert la photosynthèse, le processus par lequel les plantes convertissent le dioxyde de carbone et l'eau en sucres et en oxygène en utilisant la lumière du Soleil comme source d'énergie.

Il est également connu pour ses travaux de chimiste et de physicien. Il isole pour la première fois l'oxygène dans son état gazeux en 1774, mais il ne mesurera pas l'importance de cette découverte.

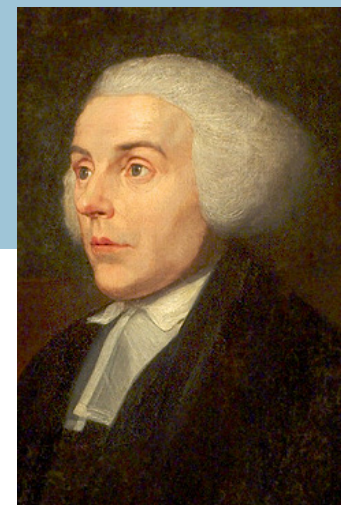


FIGURE 3.26
PORTRAIT DE
JOSEPH PRIESTLEY



Synthèse des observations

Expérimentation 4

Du feu sans O₂ ?

Au terme de cette activité, vous comprenez que contrairement aux humains (et même aux bougies), les plantes nécessitent du dioxyde de carbone pour vivre.

En effet, la partie 1 démontre que la bougie consomme de l'oxygène pour sa combustion. L'oxygène est produit par la plante comme le démontre la partie 2. Une plante recevant de la lumière produit donc du dioxygène assurant ainsi la combustion de la bougie.

Dans le cas où la plante se trouve dans le noir (partie 3), la bougie s'éteint beaucoup plus rapidement que dans la partie 2. On peut donc en conclure que contrairement à la partie 2, où la plante est exposée à la lumière, produisant ainsi du dioxygène, une plante ne recevant pas de lumière ne produit plus de dioxygène. Au contraire, elle en consomme.

Contrairement aux humains, les végétaux n'assimilent pas initialement l'oxygène contenu dans l'air. En effet, par le processus de photosynthèse, ces derniers captent les molécules de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'optique de produire de la matière organique. Les végétaux ont tout de même besoin d'oxygène pour vivre sans toutefois l'utiliser comme les humains.

R24. Réponses variables.



R25. La bougie s'éteint au bout d'un moment. La bougie consomme de l'oxygène et une fois à court, elle s'éteint.

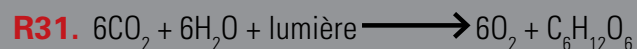
R26. La bougie reste allumée, il y a donc un renouvellement de l'oxygène consommé par celle-ci. On peut en déduire que la plante dégage de l'oxygène (accessoirement, elle consomme aussi le CO_2 dégagé par la bougie).

R27. En présence de lumière, la plante consomme du CO_2 et rejette du dioxygène. La nuit, l'inverse se produit.

R28. La bougie s'éteint plus rapidement que dans la partie 2, la consommation d'oxygène est donc plus rapide. Cela est dû au fait que dans l'obscurité la plante consomme de l'oxygène.

R29. Réponses variables.

R30. Grâce aux feuilles, les plantes sont en mesure d'échanger avec leur environnement, et ce, par photosynthèse. Ainsi, priver les plantes de leurs feuilles s'avérerait très dommageable et nuirait à la photosynthèse.





Notions scientifiques

Gaz carbonique ou dioxyde de carbone (CO₂)

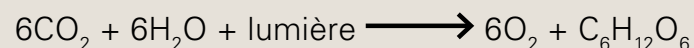
Substance présente dans l'air composé de deux atomes d'oxygène et d'un atome de carbone. Combinée avec l'eau et la lumière, cette substance engendre la production de matières organiques. Contrairement à nous, les êtres humains, qui rejetons ce gaz, la plante, elle, en a grandement besoin.

Dioxygène (O₂)

Substance présente dans l'air composé de deux atomes d'oxygène. Elle est rejetée entièrement par la plante contrairement aux humains qui la consomment à chaque respiration.

Synthèse

Au cours de la phase 1 de la photosynthèse, l'énergie emmagasinée par la chlorophylle (lumière), l'eau (H₂O) et le dioxyde de carbone (CO₂) respiré par la plante permettent la fabrication de sucre (du glucose, C₆H₁₂O₆), soit de la matière organique assimilée par la plante pour vivre et de dioxygène. Voici l'équation qui résume la phase 1 de la photosynthèse :





Grâce au gaz carbonique ou dioxyde de carbone présent dans l'air, un végétal est en mesure de déclencher la phase 2 de la photosynthèse et donc de produire de la matière organique. De plus, vous savez maintenant que sans les feuilles, le mécanisme de la photosynthèse ne peut avoir lieu. En effet, sans la présence de chlorophylle, la phase 1 ne peut s'enclencher et donc entraîner la phase 2, celle où les nutriments sont synthétisés par la plante, et ce, pour elle-même. À court de stock énergétique, la plupart des plantes mourraient inévitablement, d'où l'importance de la présence des feuilles pour la plante.

Vous pouvez maintenant remercier toutes les plantes de la Terre qui nous fournissent en oxygène de façon continue. À l'instar de cette activité, il peut être intéressant de se poser des questions à savoir si la destruction massive des forêts peut à long terme avoir des conséquences désastreuses sur la vie humaine.



Activité 5

Conception d'une serre

Expérimentation 5

À vous de jouer...
dans la terre

Matériel

- Plante
- Lumière
- Eau
- Matériaux de fabrication
(plastique, bâton, contenant, etc.)
- Terre
- Vase
- Tout autre matériel



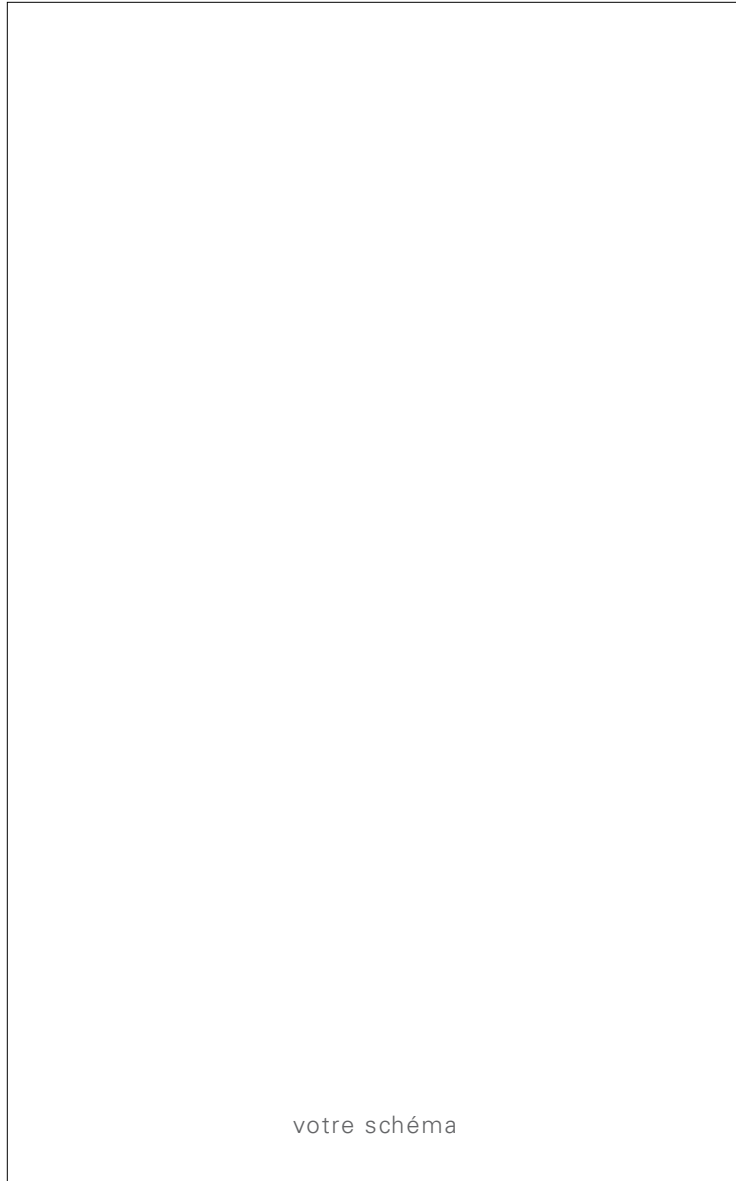
Maintenant que vous possédez des connaissances par rapport à la vitalité des végétaux, il serait intéressant de concevoir une serre qui optimiserait la croissance de ceux-ci.

Concevez une serre qui permettra de faire croître une plante, et ce, de façon optimale. Bien sûr, assurez-vous que celle-ci soit continuellement alimentée en eau et qu'il y ait un échange d'air.

FIGURE 3.27
MATÉRIEL
REQUIS



32. Avant même de construire votre serre, dessinez sa structure dans l'espace prévu à cet effet.



José Gérin-Lajoie

FIGURE 3.28
UN MODÈLE
DE SERRE
POUR LES
RECHERCHES
DANS LE
GRAND NORD



FIGURE 3.29
UN MODÈLE
DE SERRE
ACHETÉ
DANS UN
MAGASIN
BON MARCHÉ

Alexandre Gareau



33. Établissez les conditions initiales (eau minéralisée, terre ou non, plantes, graines, etc.).

- Identification de la plante
Nom latin (scientifique)
- Description de la plante
(hauteur, couleur, etc.)
- Conditions de vie optimale
(lumière, eau, intérieur/extérieur)

34. Complétez ce tableau périodiquement et décrivez l'état de votre plante.

Observations	État global	Hauteur (cm)	État du feuillage (grosueur et quantité de feuilles, formes, etc.)
Temps			
Jour 0			
Après 5 jours			
Après 10 jours			
Après 15 jours			
Après 20 jours			
Après 25 jours			



- 35.** Les conditions de départ ont-elles favorisé la croissance de votre plante ? Si oui, comment ? Sinon, pourquoi ?
- 36.** Qu'est-ce qu'il faudrait faire pour que votre plante pousse davantage ?
- 37.** Selon vous, est-ce qu'il y a un lien avec une serre et le phénomène qu'on appelle l'effet de serre ? Expliquez.



Synthèse des observations

Expérimentation 5

À vous de jouer...
dans la terre

Cette activité technologique vous aura permis de concevoir une serre qui a contribué au développement intégral de votre plante, du moins on l'espère ! En identifiant les paramètres dans lesquels vous vouliez que votre plante pousse, expliquez les résultats obtenus après 25 jours.

R32. Dessin variable.

R33. Réponses variables.

R34. Réponses variables.

R35. Réponses variables.

R36. Réponses variables.



R37. L'effet de serre est un processus naturel résultant de l'influence de l'atmosphère sur les différents flux thermiques contribuant aux températures au sol de notre planète Terre. La prise en compte de ce mécanisme est nécessaire pour expliquer les températures observées à la surface de la planète. Dans le système solaire l'essentiel de l'énergie thermique reçue par une planète provient du rayonnement solaire et, en l'absence d'atmosphère, une planète rayonne idéalement comme un corps noir, l'atmosphère d'une planète absorbe et réfléchit une partie de ces rayonnements modifiant ainsi l'équilibre thermique. Ainsi l'atmosphère isole la Terre du vide spatial comme une serre isole les plantes de l'air extérieur.

L'expression *effet de serre* résulte d'une analogie entre l'atmosphère et les parois d'une serre. Son usage s'est étendu dans le cadre de la vulgarisation du réchauffement climatique causé par les gaz à effet de serre qui bloquent et réfléchissent une partie du rayonnement thermique. Or le bilan thermique d'une serre s'explique essentiellement par une analyse de la convection et non du rayonnement : la chaleur s'accumule à l'intérieur de la serre, car les parois bloquent les échanges convectifs entre l'intérieur et l'extérieur.



Notions scientifiques

Serre

Une serre permet à l'utilisateur de contrôler parfaitement les conditions auxquelles il veut soumettre sa culture. Par exemple, les temps froids de l'hiver n'ont pas d'effet sur la croissance des plantes en serre, car celles-ci sont protégées de part et d'autre par un système de chauffage et de lumière continue. De plus, d'un point de vue économique, les serres sont très utilisées ; elles offrent un très bon rendement dû à la croissance rapide des cultures. C'est alors une technologie très utilisée par les producteurs de végétaux ou de légumes.

Rayonnement

Le rayonnement solaire est l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le Soleil.

Nomenclature (identification de la plante)

Les plantes sont nommées selon des règles très strictes émises par le domaine de la botanique. En effet, le nom des plantes résulte d'une classification classique. Par exemple, on identifiera une plante par son règne, sa division, sa classe, son ordre, sa famille et enfin, son genre et son espèce. Ainsi, l'érable rouge porte le nom de *Acer rubrum* alors que l'érable à sucre s'appelle au plan scientifique *Acer saccharum*. Vous remarquerez que les noms latins ou scientifiques du genre débutent par une majuscule alors que ceux de l'espèce s'écrivent en minuscules. Au niveau de la typographie, le genre et l'espèce sont soit placés en italique, soit soulignés séparément.

Convection

La convection est un mode de transfert qui implique un déplacement de matière dans le milieu. Ainsi, un mouvement de convection se crée lorsque l'on dit que la chaleur monte et le froid descend dans une pièce, par exemple.



Retour sur l'évaluation des conceptions initiales

R1. Réponses correctes ou incorrectes variables : air, eau, oxygène, terre, dioxyde de carbone, etc.

R4. Dioxyde de carbone, eau, lumière, minéraux

R2. Réponses variables.

R5. *Photo* : « lumière »

Synthèse : « fabrication »

Photosynthèse : du grec *φῶς* *phōs*, « lumière » et *σύνθεσις* *synthesis*, « composition ou fabrication à partir de la lumière »

R3. Réponses variables.



Évaluation des savoirs

38. Qu'est-ce que la photosynthèse ?

Une réaction se déroulant généralement
chez les minéraux

Une réaction se déroulant généralement
chez les animaux

Une réaction se déroulant généralement
chez les plantes

39. Qu'est-ce que la chlorophylle ?

Un pigment

Une cellule

Une plante

40. À quoi sert, entre autres, la photosynthèse ?

À détruire les moisissures

À fournir l'oxygène que l'on respire

À rien

41. Lors de la photosynthèse, la plante...

Rejette du CO_2 et absorbe de l' O_2

Rejette de l' O_2 et absorbe du CO_2

Ni l'un, ni l'autre



42. De quelle origine est le mot photosynthèse ?

D'origine latine

D'origine arabe

D'origine grecque

43. Vrai ou faux ? Les plantes poussent dans le noir.

Vrai

Faux

Pourquoi ?

44. Vrai ou faux ? Une ampoule incandescente peut servir de source lumineuse pour une plante.

Vrai

Faux

Pourquoi ?



Retour sur l'évaluation des savoirs

- R38.** Une réaction se déroulant généralement chez les plantes
- R39.** Un pigment
- R40.** À fournir l'oxygène que l'on respire
- R41.** Rejette de l'O₂ et absorbe du CO₂
- R42.** D'origine grecque
- R43.** Vrai. La plupart des plantes ont besoin d'un minimum de lumière, mais vont croître la nuit.

- R44.** Faux. La lumière d'une ampoule incandescente n'est pas suffisante. Dans une serre où il y a production de fleurs, pour un plant de violette africaine par exemple, il faudra ajouter des tubes de type néon avec des longueurs d'onde particulières.



Expérience suggérée

La lumière au bout du tunnel

Matériel

- Pot rempli de terre humide
- Carton
- Petit pot rempli de terre humide
- Ciseaux
- Trois pommes de terre
- Ruban adhésif
- Boîte de carton rectangulaire avec couvercle



Dans l'un des côtés de la largeur de la boîte, percez un trou près du fond. Découpez une feuille de carton de 2 à 3 cm moins large que le côté percé, mais de la même hauteur. Collez cette feuille sur les côtés de la longueur de la boîte de telle sorte que les cloisons forment un trajet en « S ».

Placez l'une des pommes de terre dans le pot sans la recouvrir de terre.

Placez le tout dans la boîte du côté opposé à celui où l'on retrouve le trou.

MATÉRIEL
REQUIS



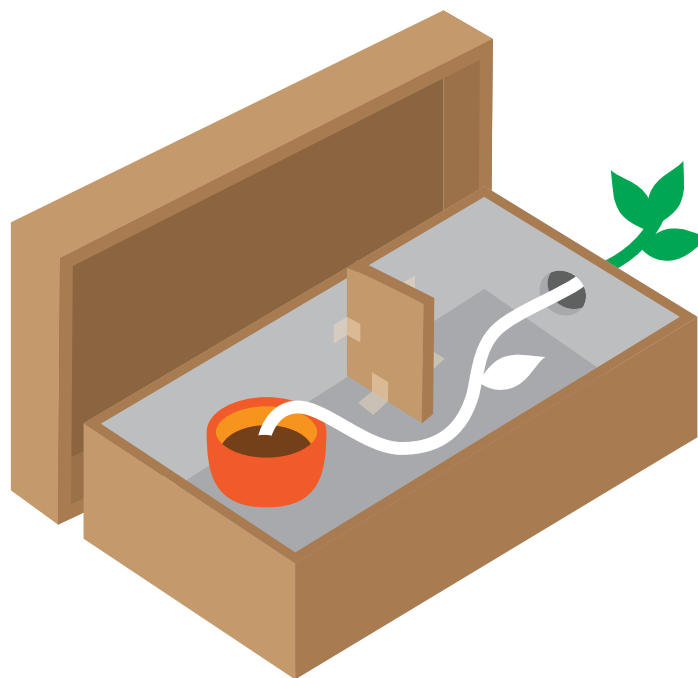
Placez les deux autres pommes de terre à côté du pot. Placez la boîte près d'une fenêtre en vous assurant que le trou soit exposé à la lumière ou au Soleil. Fermez le couvercle et attendez quelques semaines.

Qu'arrive-t-il ? Quelle est la pomme de terre qui germe le plus vite ? Quelles racines atteignent le trou le plus vite ? Est-ce que des racines ont poussé dans la terre ? Si oui, est-ce qu'il y en a plus que celles qui sont hors terre ?

Ce phénomène s'appelle le phototropisme et il influence la direction de la croissance des racines par rapport aux parties aériennes des plantes. De plus, le phototropisme influence la direction des tiges et des feuilles des plantes.

Poursuivez l'expérience

Choisissez l'une des deux pommes de terre placées à côté du pot. Lorsque ses racines poussent visiblement en direction de l'ouverture de la première cloison, tournez-la pour que ses racines soient dans la direction opposée. Attendez quelques jours. Est-ce que ses racines ont changé de direction ?



Pour en savoir plus

Pour en connaître davantage sur la photosynthèse, veuillez vous reporter au chapitre 9 de *De l'histoire pour enseigner les sciences !* (2013, sous la direction de Abdeljalil Métioui, Ghislain Samson et Yves-Claude Lequin) : « Apports de l'histoire de la biologie et de l'histoire des sciences dans l'enseignement au secondaire ». Le cas de l'enseignement de la photosynthèse y est décrit par Fathi Matoussi et Abdeljalil Métioui.

Vous pouvez également lire, dans les pages qui suivent, l'article « Histoire des sciences et enseignements scientifiques : le cas de l'enseignement de la photosynthèse » de Fathi Matoussi et Abdeljalil Métioui (2011) paru dans la revue *Spectre*.



Histoire des sciences et enseignement scientifique : le cas de l'enseignement de la photosynthèse

**Fathi Matoussi, Université Virtuelle de Tunis et
Abdeljalil Métioui, Université du Québec à Montréal
SPECTRE octobre – novembre 2011**

Résumé

Cet article présente une synthèse des recherches portant sur les conceptions des élèves à l'égard de la photosynthèse et de la nutrition végétale. Aussi, nous présentons un aperçu des différentes conceptions construites par les scientifiques au cours de l'histoire au sujet de la photosynthèse. À cet égard, nous verrons que l'identification des éléments nécessaires à la croissance des plantes ainsi que la compréhension du mécanisme qui leur permet de fabriquer leurs nutriments ont posé des difficultés majeures reliées entre autres à l'état d'avancement des travaux sur la structure de la matière. Dans un contexte d'enseignement, l'analyse et la prise en compte de ces difficultés de nos élèves peut s'avérer très constructive.

Introduction

La photosynthèse est un concept récurrent dans les différents niveaux de l'enseignement, du primaire à l'université. La visée de cet article est double. Il s'agit d'une part de rapporter les principales difficultés liées à l'enseignement-apprentissage de la photosynthèse et ce, en s'appuyant sur les conceptions des élèves. D'autre part, il s'agit d'analyser l'évolution du niveau de compréhension de la photosynthèse en vue de souligner les principales difficultés rencontrées et de déduire les apports de l'intégration de l'histoire des sciences dans l'enseignement.

Difficultés liées à l'enseignement de la photosynthèse

Plusieurs travaux en didactique, comme ceux de Rumelhard (1985) et Astolfi *et al.* (1997), ont permis de soulever un certain nombre de difficultés liées à l'enseignement-apprentissage de la photosynthèse. Ci-après, nous résumons les principales conceptions des élèves, du primaire et du secondaire, sur la photosynthèse et la nutrition des plantes vertes. Par exemple, pour la majorité « [...] la plante verte trouve sa nourriture dans le sol, par l'intermédiaire des racines » (Astolfi *et al.*, 1997). Ils soutiennent

que l'eau et les sels minéraux suffisent à la vie de la plante. En effet, « l'air » n'est pas évoqué en tant qu'élément absorbé par la plante verte et qui pourrait constituer un élément nutritif et constitutif. À ce sujet, les auteurs soulignent ce qui suit : « L'air comme source de matière n'est jamais évoqué, ou plus exactement, lorsque la possibilité d'échanges gazeux est décrite, ce qui est rare, les réponses sont vagues ou ambiguës... » (Astolfi *et al.*, 1997). Cette conception s'explique par le fait que les élèves ont des difficultés à concevoir que le gaz est de la matière, que le gaz carbonique (CO₂) représente une « nourriture » pour la plante verte et que l'air constitue une source de matière végétale et donc de bois (tissu végétal, appelé aussi, xylème secondaire et constitue la plus grande partie du tronc des plantes ligneuses).

Par ailleurs, pour les élèves, l'oxygène (O₂) est survalorisé par rapport au CO₂ qui est considéré comme mauvais et toxique. En effet, ils considèrent qu'un être vivant a besoin de respirer, il a besoin d'O₂, mais il n'a pas besoin de carbone et par conséquent, les échanges gazeux chlorophylliens sont considérés comme une respiration inverse.

Enfin, la plante est considérée comme un prédateur qui « mange » la terre et non comme une usine qui transforme des matières premières en macromolécules organiques pour sa nutrition.



Cet obstacle empêche de comprendre le rôle de la chlorophylle, entre autres dans la transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique.

Bref historique de la découverte de la photosynthèse

La découverte de la photosynthèse remonte au XVIII^e siècle avec les travaux du philosophe et naturaliste suisse Charles Bonnet (1720-1793) qui a montré, grâce à une expérience avec un rameau de vigne, que les feuilles placées sous l'eau en plein soleil se couvrent de bulles d'air. Cependant, les premières tentatives d'explication de la photosynthèse remontent à l'antiquité. En effet, le célèbre philosophe et naturaliste grec, Aristote (384-322 av.- J.-C), pensait que les plantes pouvaient recevoir du sol une nourriture toute élaborée. Pour lui, les végétaux se nourrissent d'aliments digérés par la terre. Ses explications ont permis à ses successeurs d'élaborer la *théorie de l'humus* qui a été formulée pour la première fois en 1761, dans les travaux du suédois Johan Gottschalk Wallerius (1709-1785). Cette théorie postule que seul l'humus est capable de nourrir les végétaux. Ainsi, Wallerius a pu actualiser, sous le nom de *théorie de l'humus*, la vieille idée qui tenait depuis l'antiquité sous la forme de l'adage latin *similia similibus curantur*, signifiant que les êtres vivants se nourrissent de leurs semblables. Pour Wallerius, il était naturel que tout ce dont a besoin un être vivant se trouve dans le cadavre des mêmes êtres (Boulaine, 1995).

La *théorie de l'humus* a pu dominer et persister jusqu'en 1840. En effet, la rupture avec ce mode de nutrition du *tout organique* est intervenue quand le chimiste allemand, Le Baron Justus De Liebig (1803-1873), considéré comme le fondateur de l'agriculture industrielle, démontre en 1840 que le prélèvement des éléments nutritifs se fait après leur libération sous forme minérale.

La nouvelle théorie, au contraire, admet que la nourriture de toutes les plantes, à l'exception des champignons, est de nature inorganique, et que c'est dans l'organisme végétal que la matière minérale se convertit en une substance susceptible d'activité organique. C'est au moyen d'éléments inorganiques que la plante produit tous les principes immédiats qui constituent sa propre substance (Le Baron Justus De Liebig, 1864). Les chercheurs Van der Ploeg, Bohm et Kirham (1999) notent que l'avènement du mode du *tout minéral* constitue une découverte qui sera le fondement même de l'industrie des engrais.

Par ailleurs, au début du XVII^e siècle, le médecin et chimiste flamand Van Helmont (1577-1644) fait une expérience qui montre que les plantes se nourrissent d'eau et non de « terre ». Il déduit de son expérience que seule l'eau fournit aux plantes leurs éléments de croissance (Rumelhard, 1985). Vers la fin du XVI^e siècle, le physicien et anatomiste français Claude Perrault (1613-1688) étend aux végétaux le concept de circulation. Pour Perrault, la racine assurait les fonctions du cœur, aspirant les sucs de la terre pour les faire en partie évaporer par les feuilles. Il expliquait que la plus grande partie des sucs absorbés par les racines devait redescendre en passant entre l'écorce et le bois. Pour le démontrer, il fit une forte ligature autour d'un arbre et constata, au bout de quelque temps, une intumescence marquée de l'écorce au-dessus de l'étranglement.

Le physiologiste italien Marcello Malpighi (1628-1694), le premier chercheur à avoir utilisé le microscope pour ses travaux sur les tissus humains, reconnaît la feuille comme organe assimilateur qui assure ainsi la transformation de substances et de matériaux extérieurs à la plante en substances et matériaux propres à elle. Quant au physicien français Edmé Mariotte (1620-1684), il explique que les principes des plantes sont des recombinaisons

de principes tirés du sol. Les travaux de Malpighi marquent un changement radical dans l'histoire de la photosynthèse. En effet, l'attention est donnée à l'organisme lui-même (feuille). Alors qu'avant Malpighi, Aristote et Van Helmont s'étaient intéressés aux éléments extrinsèques à la plante (terre ou sol, eau).

Ainsi, la fonction nutritive du CO₂ n'a été mise en évidence qu'au XVIII^e siècle. Au début, le chimiste et botaniste anglais Stephen Hales (1677-1761), considéré comme le fondateur de la physiologie végétale, publia un ouvrage dans lequel il déclarait que la lumière et l'air devaient être des facteurs de la croissance des plantes. Il affirma que la plante se « nourrit » d'air. Puis, vers la fin du 18^e siècle, le chimiste anglais Joseph Priestley (1733-1804) mit en évidence le rejet de l'O₂ par les plantes en précisant que la nuit, elles vicient l'air, tout comme les animaux. Selon plusieurs historiens, il revient au botaniste et médecin britannique d'origine néerlandaise Jan Ingen-Housz (1730-1799) d'avoir fait la découverte de la photosynthèse en affinant les travaux entre autres de Priestley. Il démontra que le dégagement d'O₂ se fait à la lumière avec des plantes vertes. Ainsi, le rôle de la lumière dans la photosynthèse fut clairement établi. À la même époque, le botaniste suisse Jean Senebier (1742-1809) montra en 1779 que les plantes absorbent du CO₂ et il affirma, à tort, que celui-ci est décomposé en O₂ sous l'effet de la lumière. En 1782, Senebier reprend l'observation de son compatriote Bonnet sur l'usage des feuilles dans les plantes et démontre que les plantes utilisent en présence de lumière du CO₂ et qu'elles libèrent de l'O₂ dans l'atmosphère.

Il est important de noter que l'histoire de la photosynthèse constitue un aller-retour entre la détermination des éléments nutritifs et l'identification des structures végétales. En effet, le chimiste et naturaliste genevois Nicolas de



Saussure (1767-1845) démontra que les plantes consommaient de l'eau lors de la photosynthèse et considéra le CO_2 fixé et utilisé par la plante. Il fit un bilan et montra que l'accroissement de matière dépasse la masse de carbone fixé. Malgré ses travaux sur le carbone, il continua à soutenir la *théorie de l'humus* (Tomic, Cussenot et Dreyer, 2005). Puis en 1817, les chimistes français Pierre Joseph Pelletier (1788-1842) et Joseph Bienaimé Caventou (1795-1877) ont réussi à isoler la « substance verte » des feuilles qu'ils ont nommée chlorophylle. Enfin en 1837, le physiologiste français René Dutrochet (1776-1847), rendu célèbre pour ses travaux sur la diffusion, découvre que le pigment vert des feuilles, la chlorophylle, est indispensable à la photosynthèse.

Après cette époque caractérisée par des travaux visant la détermination des éléments nutritifs et l'identification des structures végétales, vient l'époque de la découverte des mécanismes biochimiques de la photosynthèse. Ainsi en 1838, le médecin et physicien allemand Julius Robert von Mayer (1814-1878) comprit la transformation par les plantes de l'énergie lumineuse en énergie chimique, en référant au principe de la conservation de l'énergie. Puis en 1864, le botaniste allemand Julius von Sachs (1832-1897) mit en évidence la relation entre la synthèse de l'amidon et l'activité chlorophyllienne de la lumière. La même année, le chimiste et agronome français Jean-Baptiste Boussingault (1802-1887) détermina que le quotient photosynthétique (rapport entre le volume d' O_2 produit et le volume de CO_2 consommé) était voisin de 1. En 1893, le botaniste américain Charles Barnes (1858-1910) invente le terme de photosynthèse. En effet, avant 1893, la communauté scientifique utilisait le terme « assimilation » qui a ensuite été employé pour décrire le métabolisme anabolique des animaux. Barnes s'est rendu compte que

l'emploi du même terme pour les processus de plantes et d'animaux était source de confusion et a alors proposé deux nouveaux noms pour le processus de biosynthèse des plantes vertes, à savoir « photosyntax » et « photosynthèse ».

La fin du xix^{e} siècle est marquée par les travaux du célèbre physiologiste français Claude Bernard (1813-1878), considéré comme le créateur de la médecine expérimentale ainsi que de ceux de Louis Garreau (1812-1892) qui ont permis une distinction entre la respiration et l'assimilation chlorophyllienne.

Au xx^{e} siècle, le développement des techniques a permis la mise en place de nombreux travaux portant sur les divers mécanismes biochimiques de la photosynthèse. Ainsi, au début de ce siècle, grâce à des expériences de cultures sur des milieux synthétiques, le chimiste et exobiologiste français François Raulin et d'autres ont pu préciser le rôle des divers éléments minéraux, comme le calcium, qui a une grande importance pour la multiplication cellulaire et pour garantir la solidité des parois cellulaires, ou encore comme le phosphate qui a une influence sur la taille et la coloration des fleurs. En 1920, le botaniste allemand Otto Warburg (1859-1938), détenteur du prix Nobel de physiologie et de médecine en 1931, et Warbus Negelein démontrèrent que la photosynthèse compte plusieurs phases distinctes. Ils distinguent deux phases principales, à savoir la phase claire, connue par les réactions photochimiques, et la phase sombre, appelée aussi phase de fixation du carbone.

Intégration de l'histoire des sciences dans l'enseignement

La littérature nous enseigne qu'il existe actuellement un fort courant de pensée qui met de l'avant la nécessité d'enseigner une science avec

son historique. Ce courant n'est pas récent et de nombreux auteurs comme Langevin (1933), Pasteur (1939), Brunold (1958), Kassou et Souchon (1992) ainsi que Mayrargue et Savaton (2006) ont souligné l'importance de l'enseignement de l'histoire des sciences, du primaire à l'université.

Les sciences ont été longtemps enseignées de manière dogmatique. La prise en compte d'éléments d'histoire et d'épistémologie des sciences se justifierait-elle alors pour lutter contre un positivisme naïf encore dominant, au moins chez les élèves ? Ces derniers ne sont-ils pas fréquemment eux-mêmes dogmatiques ? (Mayrargue et Savaton, 2006, p. 3). En évidence l'enseignement scientifique perd à être uniquement dogmatique, à négliger le point de vue historique. En premier lieu il perd de l'intérêt. L'enseignement dogmatique est froid, statique. Il aboutit à cette impression absolument fautive que la science est une chose morte et définitive (Langevin, 1933).

Par ailleurs, l'histoire des sciences montre qu'un concept ne s'est pas imposé d'emblée, mais qu'il est construit à la suite d'errements et d'hésitations. Des obstacles empêchaient les scientifiques d'une époque d'arriver à des conclusions conformes au savoir actuel alors qu'ils disposaient de tous les éléments nécessaires pour réussir. Ainsi, l'enseignement de l'histoire d'un concept permet de confronter l'élève à certains obstacles épistémologiques et de revivre le processus de construction des connaissances. Dans ce cas, l'élève aura l'occasion d'apprendre à élaborer de nouvelles théories et de construire de nouvelles hypothèses de travail.

Pour ce qui est de la photosynthèse, l'exemple frappant du soutien de Nicolas-Theodore de Saussure à la *théorie de l'humus*, malgré ses travaux sur le carbone, démontre bien la nécessité de dépasser certains obstacles épistémologiques



pour construire de nouvelles hypothèses de travail. Pour les didacticiens de la biologie, un des obstacles à la compréhension du rôle de la chlorophylle consistait à considérer la plante comme un prédateur qui « mange » la terre et non comme une usine qui produit sa propre énergie pour transformer des matières premières en sa propre substance.

Conclusion

Ainsi, l'histoire des sciences permettrait des innovations pédagogiques susceptibles de favoriser l'apprentissage, tout en développant chez les élèves une autre représentation du fonctionnement de la science. La controverse scientifique en tant que support d'enseignement pourrait s'avérer efficace et pourrait inspirer une stratégie didactique particulière. En effet, l'histoire des sciences peut inciter l'enseignant à relativiser l'erreur de l'élève et ce, en la considérant comme un indice d'une difficulté qui mérite des moyens pédagogiques particuliers. L'erreur développée par l'élève n'a pas à être plus condamnée que celle du savant. Elle obéit à des règles de raisonnement particulières, parfois proches de celles qui ont autrefois guidé certaines démarches scientifiques. Ce regard porté sur l'erreur dans l'histoire donne de la science une image dynamique et humaine bien éloignée de celle véhiculée par un enseignement parfois trop dogmatique.

Références bibliographiques

Astolfi, J.P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. et Toussaint, J. (1997). *Pratiques de formation en didactique des sciences*. Paris- Bruxelles, De Boeck & Larcier s.a.

Boulaine, J. (1995). « Quatre siècles de fertilisation. » *Étude et Gestion des Sols*, 2, 3, p. 201-211.

Brunold, C. (1958). « Rôle de l'Histoire dans l'enseignement des Sciences physiques. » *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, 11, 2, p. 97-107.

Kassou, S. et Souchon, C. (1992). « Utilisation des aspects historiques dans l'enseignement de la photosynthèse. » *ASTER*, 15, p. 55-73.

Langevin, P. (1933). *La pensée et l'action*. Éditions Sociales, Paris.

Le Baron Justus De Liebig (1864). *Les lois naturelles de l'agriculture – Tome premier*. Traduit d'après la dernière édition allemande par AD. Scheler. Librairie Agricole de la maison Rustique, Paris.

Mayrargue, A. et Savaton, P. (2001). « [Quels liens entre l'histoire des sciences, l'épistémologie et la didactique des disciplines?](#) » *Tréma*.

Pasteur, L. (1939). *Œuvres de Pasteur*. Tome 7, Paris.

Rumelhard, G. (1985). « Quelques représentations à propos de la photosynthèse. » *ASTER*, 1, p. 37-66.

Tomic, S., Cussenot, M. et Dreyer, E., (2005). « La lumière et les plantes : la découverte de la « photosynthèse », 1779- 1804. » Dans Changeux, J.-P. (dir.), *La lumière au siècle des lumières & aujourd'hui*. Art et sciences. Édition Odile Jacob, Paris, p. 145-161.

Van der Ploeg, R.R, Bohm, W. et Kirham, B. (1999). « On the origin of the theory of mineral nutrition of plants and the law of the Minimum. » *Soil. Sc. American Journal*, 63, 5, p. 1055-1062.

DANS LA MÊME SÉRIE
L'APPRENTISSAGE
DES SCIENCES
ET DES TECHNOLOGIES
PAR L'EXPÉRIMENTATION



MODULE 1
LE CIRCUIT ÉLECTRIQUE



MODULE 2
L'ASTRONOMIE



MODULE 3
LA PHOTOSYNTHÈSE



MODULE 4
LE MAGNÉTISME



MODULE 5
LE BIOMIMÉTISME



MODULE 6
L'ÉLECTROSTATIQUE

PUQ | NUMÉRIQUE 